Ernährungslehre

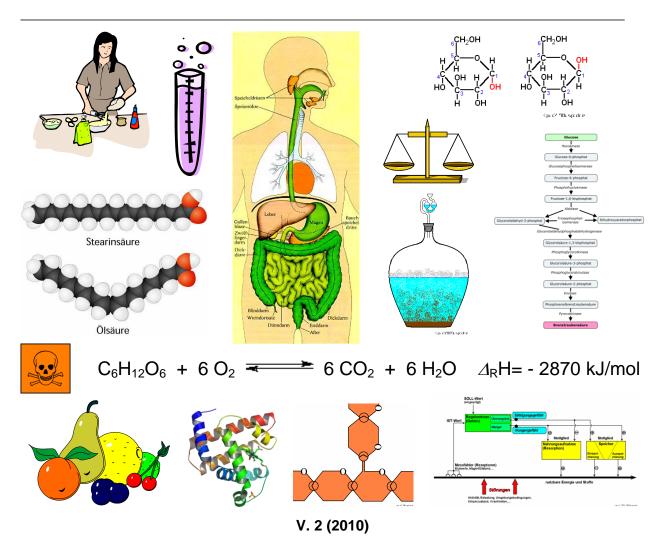
für die Sekundarstufe II

(Fachoberschule, Fachgymnasium, Gymnasium)

Lebensmittel und ihre Bestandteile

Teil 1: Einführung, Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße

Autor: L. Drews



Legende:

mit diesem Symbol werden zusätzliche Hinweise, Tips und weiterführende Ideen gekennzeichnet



Nutzungsbestimmungen / Bemerkungen zur Verwendung durch Dritte:

- (1) Dieses Skript (Werk) wird zur freien Nutzung in der angebotenen Form durch den Anbieter (lern-soft-projekt) bereitgestellt. Es kann unter Angabe der Quelle und / oder des Verfassers gedruckt, vervielfältigt oder in elektronischer Form veröffentlicht werden.
- (2) Das Weglassen von Abschnitten oder Teilen (z.B. Aufgaben und Lösungen) in Teildrucken ist möglich und sinnvoll (Konzentration auf die eigenen Unterrichtsziele, -inhalte und -methoden). Bei angemessen großen Auszügen gehören das vollständige Inhaltsverzeichnis und die Angabe einer Bezugsquelle für das Originalwerk zum Pflichtteil.
- (3) Ein Verkauf in jedweder Form ist ausgeschlossen. Der Aufwand für Kopierleistungen, Datenträger oder den (einfachen) Download usw. ist davon unberührt.
- (4) Änderungswünsche werden gerne entgegen genommen. Ergänzungen, Arbeitsblätter, Aufgaben und Lösungen mit eigener Autorenschaft sind möglich und werden bei konzeptioneller Passung eingearbeitet. Die Teile sind entsprechend der Autorenschaft zu kennzeichnen. Jedes Teil behält die Urheberrechte seiner Autorenschaft bei. Die hinzukommenden Urheberrechte dürfen die ursprünglichen nicht verschärfen, aussetzen oder ihnen entgegenwirken.
- (5) Zusammenstellungen, die von diesem Skript über Zitate hinausgehende Bestandteile enthalten, müssen verpflichtend wieder gleichwertigen Nutzungsbestimmungen unterliegen.
- (6) Diese Nutzungsbestimmungen gehören zu diesem Werk.
- (7) Der Autor behält sich das Recht vor, diese Bestimmungen zu ändern.
- (8) Andere Urheberrechte bleiben von diesen Bestimmungen unberührt.

im Prinzip entsprechen diese Nutzungbestimmungen:



Rechte Anderer:

Viele der verwendeten Bilder unterliegen verschiedensten freien Lizenzen. Nach meinen Recherchen sollten alle genutzten Bilder zu einer der nachfolgenden freien Lizenzen gehören. Unabhängig von den Vorgaben der einzelnen Lizenzen sind zu jedem extern entstandenen Objekt die Quelle, und wenn bekannt, der Autor / Rechteinhaber angegeben. Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwenpublic domain (pd) deten Bilder entstammen Webseiten / Quellen US-amerikanischer Einrichtungen, die im Regierungsauftrag mit öffentlichen Mitteln finanziert wurden und darüber rechtlich (USA) zum Gemeingut wurden. Andere kreative Leistungen wurden ohne Einschränkungen von den Urhebern freigegeben. creative commens (cc) BY: od. neu 🛈 ... Namensnennung; ... nichtkommerziell; creative commons . unter gleichen Bedingungen; in der gleichen Form Lizenz gestattet die Vervielfältigung, Verbreitung und Veränderung des Werkes – auch zu kommerziellen Zwecken. Im Gegenzug verpflichtet gnu free document lisich der Lizenznehmer zur Einhaltung der Lizenzbedingungen (Pflicht zur cence (GFDL; Nennung des Autors, Verpflichtung zum Copyleft-Prinzip; Nichteinhaltung gnu fdl) führt zum Lizenzentzug). copyleft Die meisten verwendeten Lizenzen schließen eine kommerzielle (Weiter-)Nutzung aus!



Bemerkungen zur Rechtschreibung:

Dieses Skript folgt nicht zwangsläufig der neuen **ODER** alten deutschen Rechtschreibung. Vielmehr wird vom Recht auf künstlerische Freiheit, der Freiheit der Sprache und von der Autokorrektur des Textverarbeitungsprogramms microsoft ® WORD ® Gebrauch gemacht.

Für Hinweise auf echte Fehler ist der Autor immer dankbar.

In	nhaltsverzeichnis:	
		Seite
1.	. Womit beschäftigt sich die Ernährungslehre?	5
-	1.1. aktuelle Aufgaben- und Problemfelder der Ernährungslehre	
2	. Nahrung und Ernährung	7
۷.	2.1. Bestandteile der Nahrung	
	2.2. Ernährung, Verdauung und Ausscheidung	
	2.3. Energiehaushalt des Menschen	
	2.3.1. Energie und Energie-Gehalt der Nahrung	11
	Energieumsatz	13
	Exkurs: negativer Brennwert	
	2.4. Ernährung und Sinne	
	2.4.2. Versuche zu den Beziehungen von Sinnen und Ernährung	
	2.5. Hunger, Durst und Appetit	
	2.5.1. Regulation von Stoff- und Energie-Pegeln	24
	2.5.2. Vorschlag eines Modell's zur Hunger-Erklärung	26
	2.5.2.1. Schritt 1: Mini-Detail-Modell der Ernährung	
	2.5.2.2. Schritt 2: einfaches Modell zur Entstehung des Hungers	
	2.5.2.4. Schritt 4: Einbeziehung langfristiger Effekte	
2	Nahrungsmittel und ihre Inhaltsstoffe	24
ა.	3.1. Fette	
	3.1.1. Fetthaltige Nahrungsmittel	
	3.1.1.1 makroskopische Einteilung der Fette	38
	3.1.1.2. Gewinnung von Fetten und Ölen	41
	3.1.2. Aufbau der Fette	
	Exkurs: Butan	
	Exkurs: weitere Einteilungsmöglichkeiten	
	3.1.2.2. Bildung von Lipoiden	48
	3.1.2.1. Vielfalt der Fette	
	3.1.3. Eigenschaften der Fette	55 55
	3.1.3.1.1. Reaktionen im Fett-Stoffwechsel	60
	3.1.3.2. Biologische Eigenschaften der Fette und ihre Bedeutung	62
	Exkurs: Cholesterin	
	3.1.4. Nachweise und Prüfverfahren für Fette	
	Kennzahlen ausgewählter Fette	
	3.1.5. Ergänzende Experimente zu und mit Fetten	76
	3.1.6. Fett-verwandte Stoffe	
	3.1.6.1. Lipoide	
	3.1.6.2. Wachse	
	3.1.6.3. Seifen	86
	3.1.6.4. Steroide	
	3.1.6.4.1. Sterine	
	3.1.6.4.3. Hormone der Nebennierenrinde	
	3.1.6.4.4. Sexualhormone	
	3.1.6.5. Sphingosinlipoide	
	3.1.6.6. Lipoproteine	
	3.1.6.8. Ätherische Öle	
	3.1.7. Fett-Ersatzstoffe	
	3.1.8. ausgewählte Fett-haltige Lebensmittel im Einzelnen	90
	Speisefette und Speiseöle	
	3.2. Kohlenhydrate	
	3.2.1.1 Die Herkunft der Kohlenhydrate	
	3.2.2. Aufbau und Einteilung der Kohlenhydrate	
	3.2.3. Eigenschaften der Kohlenhydrate	96
	3.2.3.1. physikalische und chemische Eigenschaften von Kohlenhydraten	96
	Exkurs: FISCHER-Projektioneinzelne chemische Eigenschaften der Monosacharide	98 106
	523.10 Grotine Engance Indicate del Mortodorialido	

Zerlegung von zusammengesetzten Zuckern	112
3.2.3.2. Biologische Eigenschaftung der Kohlenhydrate und ihre Bedeutung	114
Exkurs: Laktat-Test (Lactat-Test)	
3.2.4. Wichtige Kohlenhydrate - kurz vorgestellt	118
3.2.4.1. Einfachzucker	118
3.2.4.1.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Monosacchariden	120
3.2.4.2. Zweifachzucker	
3.2.4.2.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Disacchariden	
Exkurs: Invertzucker	
3.2.4.3. Dreifachzucker	
3.2.4.4. Mehrfachzucker	
3.2.4.4. Vielfachzucker	
3.2.4.4.1.1 Glucane	
3.2.4.4.1.2. Fructane	
3.2.4.4.2. Heteroglykane	
3.2.4.4.3. Polysaccharide aus Saccharidderivaten	
3.2.5. Technologische Eigenschaften der Kohlenhydrate und ihre Nutzung	
3.2.5.1. technologische Süßmittel	143
3.2.6. Nachweise für Kohlenhydrate	
3.2.7. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten	
3.2.8. ausgewählte Kohlenhydrat-haltige Lebensmittel im Einzelnen	
3.2.7.1. Haushaltszucker (Rübenzucker, Rohrzucker, Zucker)	
3.2.7.2. Getreide und Getreide-Mehl	
3.2.7.3. Kartoffeln und Kartoffel-Stärke	
3.2.9. spezielle Kohlenhydrate – modern genutzt	157
3.3. Eiweiße	
3.3.1. Eiweißhaltige Nahrungsmittel	
3.3.2. Aufbau der Eiweiße	
3.3.2.1.1. proteinogene Aminosäuren	
3.3.2.1.2. bedeutende nichtproteinogene Aminosäuren	
3.3.2.1.2. Strukturformeln proteinogener 2-Aminosäuren (Übersicht)	165
3.3.2.2. Systematik der Eiweiße (Bau-Typen)	168
3.3.2.2.1. Proteïne	
3.3.2.2.2. Proteïde	
3.3.2.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen)	
3.3.2.4. Die Vielfalt der Eiweiße	
3.3.3. Eigenschaften der Eiweiße und ihrer Bauelemente	1/5
3.3.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften der Aminosäuren, Pept	iae una
Eiweiße Exkurs: Elektrophorese	
Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt	181
3.3.3.2. Biologische Eigenschaftung der Eiweiße und ihre Bedeutung	
3.3.3.3. Technologische Eigenschaften der Eiweiße und ihre Nutzung	
Exkurs: MAILLARD-Reaktion und AMADORI-Umlagerung	
3.3.4. Nachweise für Eiweiße	
3.3.5. Ergänzende Experimente zu und mit Eiweißen	
3.3.6. ausgewählte Eiweiß-haltige Lebensmittel im Einzelnen	
3.3.6.1. Milch	
3.3.6.1.1. direkte Folge- und Ab-Produkte	
3.3.6.2. Käse	
3.3.6.3. Analog-Käse – Alles Käse oder was?	209
3.3.6.4. Getreide, Mehl und Brot	210
3.3.6.x. Bohnen	
3.3.6.x. Soja	211
Literatur und Quellen	212

Prof. H. FÖRSTER (Uni Frankfurt):

"Es kann als gesichert angesehen werden, und dazu bedarf es keiner Aufklärung: Ernährung ist tödlich! Denn jeder, der sich lang genug ernährt hat, ist bislang gestorben. Wer hingegen aufhört sich zu ernähren, kann zumindestens nicht an den Folgen der Ernährung sterben."

/aus: 14/

1. Womit beschäftigt sich die Ernährungslehre?

Die Ernährungslehre - besser müsste man vielleicht die Ernährungslehren sagen - stellen einen großen wissenschaftlichen Bereich dar. Die menschliche Ernährung und ihre systhematischen Betrachtungen sind ein sehr breites Feld. Als eigentliche wissenschaftliche Quellen der Ernährungslehre sind die Biologie und die Chemie zu nennen. Auf diese beiden Wissenschaften läßt sich eine moderne Ernährungslehre aber nicht eingrenzen. Heute haben viele andere Wissenschaften und Lehren einen großen Einfluß auf die Ernährungslehre. Neben der Physik - die Mutter aller Naturwissenschaften - spielen heute z.B. die Weltanschauungen (man denke z.B. an die chinesische Ernährungslehre oder den Vegetarismus), Medizin, Psychologie, Mystik, Präsentations- und Kochkunst eine immer größer werdende Rolle. Nach vielen Lebensmittel-Skandalen nehmen auch Toxikologie, Pharmakologie, Mikrobiologie und ähnliche Grenzwissenschaften eine immer größere Bedeutung ein. Technische und technologische Aspekte treten in unserer Industrie-geprägten Ernährung ebenfalls immer mehr hinzu.

Die wissenschaftliche Ernährungslehre - mit der wir uns befassen werden - beschäftigt sich mit eigentlich Allem, was mit Nahrung und Ernährung zu tun hat. Dabei stehen die Zusammensetzung der Nahrung, die Veränderungen bei der Zubereitung und die Bedeutung für den Menschen im Vordergrund. Mit Hilfe von Experimenten wird geprüft was in der Nahrung enthalten ist - und was nicht (Nachweise). Andere Experimente dienen der Qualitätsprüfung und der Herstellung bestimmter Produkte (z.B. Joghurt).

Natürlich werden in der Ernährungslehre auch Krankheiten, die durch ein Zuviel oder Zuwenig an Nahrung verursacht werden, betrachtet. Diäten und alternative Ernährungsformen gehören heute ebenfalls zu einer anspruchsvollen Ernährungslehre.

Letztendlich sollte man aber immer bedenken, dass die Ernährungslehre nicht ein isoliertes Gebiet ist. Bei allen Betrachtungen sollte man immer an die anderen Wissenschaften, Lehren und Unterrichtsfächer denken. Alles zusammen gibt ein umfassendes Bild von Nahrung und Ernährung des Menschen in unserer Zeit.

Leider ist die Ernährungslehre heute noch nicht so exakt, wie andere Naturwissenschaften. Dies liegt am schwierigen Inhalt, aber auch an dem Mix der vielen Wissenschaften und Lehren. Ein großes Problem ist auch, dass natürlich jeder von Ernährung Ahnung hat. Da ist eine wissenschaftliche Abgrenzung schwer und stößt bei einer zu starken verwissenschaftlichung wieder an die Grenzen ihrer Aufgaben. Schließlich soll sie ja den Menschen und ihrer Ernährung dienen. Viele Völker und Kulturen haben z.T. völlig verschiedene Ernährungssitten und Nahrungsmittel. Da ist es schwer allgemeingültige Aussagen zu treffen. Die meisten Nahrungsmittel sind heute noch nicht einmal vollständig in ihrer Zusammensetzung aufgeklärt. Zum Anderen verbieten sich Experimente mit dem Menschen. Es könnte bei unzureichender Ernährung z.B. durch Experimente zu anhaltenden gesundheitlichen Schäden kommen, die natürlich niemand verantworten kann.

Aufgaben:

- 1. Aus welchen Naturwissenschaften bezieht die Ernährungslehre ihre Zuellen?
- 2. Nennen Sie stichpunktartig die Inhalte der Ernährungslehre!

1.1. aktuelle Aufgaben- und Problemfelder der Ernährungslehre

neuartige Substanzen

- Zusatzstoffe, Behandlungsstoffe (Wachse, ...)
- fremdartige Substanzen (ungewohnt für einheimische Bevölkerung; fehlende Imunitäten)
- Rückstände von Herbiziden, Fungiziden; Insektizide
- Medikamentenrückstände

unüberschaubare Synergieeffekte Allergien, Intoleranzen Kleinstmengen

fehlende wissenschaftliche Basis

fehlende od. ungenaue Referenzwerte

Meinung (Hypothese) von namhaften Wissenschaftlern werden oft höher bewertet als echte Forschungsergebnisse, Diskussionskultur mit Autoritäten und Totschlagargumenten, wenig sachlich dafür laut und persönlich (depharmierend)

Forschungsergebnisse müssen für Bevölkerung verständlich sein oder gemacht werden

sehr sensibles Thema (Überreaktion der Presse und Bevölkerung); Ängste; Panik Gifte in Nahrungsmittel Verwendung von Gammelfleisch

Ernährungswissenschaftler sind viel zu oft versteckte Lobbyisten für die Industrie oder irgendwelche Verbände. Nur wenige forschen wirklich unabhängig und mit sauberen naturwissenschaftlichen Methoden.

Popularismus ist einfacher als komplizierte naturwissenschaftliche Zusammenhänge. Und da Ernährung aber alle angeht und auch interessiert, muss das Gedankengut gut verdaulich an den Mann und die Frau gebracht werden.

Antagonisten: Aufwand und Nutzen

wirtschaftliche Interessen, Profit und besonders die ungezügelte Profitgier mancher Lebensmittel-Produzenten befördern den Betrug, Suche nach billigen Ausgangsstoffen, Ersatzstoffen homogenere Ausgangsstoffe bedeuten homogenere Produktionsabläufe, bedeutet mehr Gewinn oder optimalere Kosten-Gewinn-Proportionen

Massenproduktion mit Qualitätsansprüchen – auch der Konsumenten – führt zu Einheitsprodukten, die durch Zusätze usw. homogenisiert werden, um natürliche Qualitätsunterschiede zu überspielen

von Umsatz und Profit getragene Werbung mit markigen Sprüchen, aber auch wirtschaftlich nicht unabhängige "Experten" und Lobbyisten mit einfach gestrickten Empfehlungen und Aussagen

nicht unabhängige Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), die Bedarfe immer sehr hoch ansetzt, z.T. gegen besseres Wissen oder trotz unsicherer wissenschaftlicher Beweislage

2. Nahrung und Ernährung

Auf den ersten Blick scheinen **Nahrung** und **Ernährung** das Gleiche zu sein. In der Ernährungslehre werden beide Begriffe aber genauestens unterschieden.

Unter **Nahrung** fassen wir alle flüssigen und festen Stoffe zusammen, die normalerweise über den Mund aufgenommen werden. Die Aufnahme von gasförmigen Stoffen gehört zur Atmung. Die Art der Aufnahme und Verwertung der Nahrung wird als **Ernährung** bezeichnet. Die gesamte Nahrung des Menschen besteht aus vielen **Nahrungsmitteln** (Brot, Fleisch, Milch, Fisch, ...). Dies sind die einzelnen Produkte von Pflanzen oder Tieren, die wir zu uns nehmen. Solche Nahrungsmittel sind für eine gesunde Ernährung notwendig. Bei Nahrungsmitteln steht der Nährwert im Vordergrund.

Anders die **Genußmittel**. Sie sind nicht unmittelbar für die Ernährung notwendig. Sie lassen die Nahrung aber besser schmecken oder regen unseren Geist und Körper an. Bei Genußmitteln steht der Genußwert im Vordergrund.

Nahrung kennzeichnet also das WAS, die Ernährung das WIE bei der Nahrungsaufnahme.

In den Gesetzen wird auch von **Lebensmittel** gesprochen. Lebensmittel sind dem Lebensmittel-Gesetz nach, "alle Stoffe, die dazu bestimmt sind, im unveränderten oder zubereitetem oder verarbeitetem Zustand von Menschen gegessen, gekaut und getrunken zu werden". Dabei sind **Arzneimittel** ausdrücklich ausgeschlossen. Für sie gilt das Arzneimittel-Gesetz. In diesem wird eine Liste der betroffenen Stoffe und Gemische geführt.

Für viele Zwecke kann auch eine Unterscheidung der Nahrung nach dem Ursprung bzw. nach ihrer Quelle sein. Denkbar sind natürliche und künstliche Quellen. Künstliche Nahrungsmittel, also solche, die von Menschen ohne natürliche Quellen hergestellt werden, stellen eher einen Sonderfall dar. Als natürliche Quellen für unsere Nahrung kommen Pflanzen, Bakterien (+ Blaualgen), Pilze und Tiere in Frage.

<u>Aufgaben:</u>

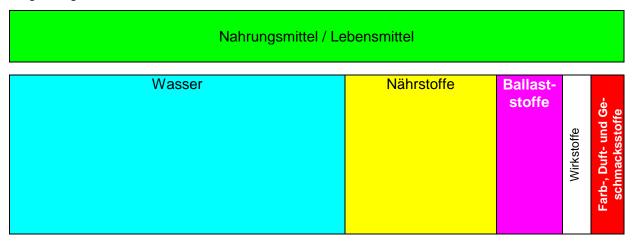
- 1. Ordnen Sie die Begriffe Nahrung, Genußmittel, Nahrungsmittel, Lebensmittel, Arzneimittel in einem Begriffs-System an!
- 2. Notieren Sie über einen 7ag hinweg die Nahrung, die Sie zu sich nehmen!
- 3. Aus welchen Zuellen kann die menschliche Nahrung stammen? Geben Sie jeweils zwei Nahrungsmittel als Beispiele an!

2.1. Bestandteile der Nahrung

Bei der genauen Untersuchung der Nahrung stellt man schnell fest, dass sie aus einer Vielzahl von biologischen und chemischen Stoffen (Inhaltsstoffen) bestehen. Die einzelnen Stoffe in der Ernährungslehre zu betrachten, hat sich als nicht sehr effektiv herausgestellt. Z.B. besteht Fisch aus mehr als 400 einzelnen, bekannten Stoffen, die in unserer Ernährung eine Rolle spielen. Viele dieser Stoffe lassen sich aber sinnvoll in Gruppen einteilen, so dass die Betrachtungen übersichtlicher werden.

Jedes Nahrungsmittel enthält neben dem allgegenwärtigen **Wasser** viele verschiedene Stoffe aus den Hauptgruppen **Nährstoffe**, **Ballaststoffe**, **Wirkstoffe** (Vitalstoffe (Vitamine + Mineralstoffe)) und der Gruppe der **Farb-**, **Duft-** und **Geschmacksstoffe**.

Das nächste Schema soll diese Zerlegbarkeit eines Nahrungsmittels darstellen. Die Breite der Spalten verdeutlicht annährungsweise den jeweiligen Anteil einer Gruppe. Da die Nahrungsmittel sehr unterschiedlich zusammengesetzt sind, kann hier auch nur eine grobe Anteilsschätzung erfolgen.

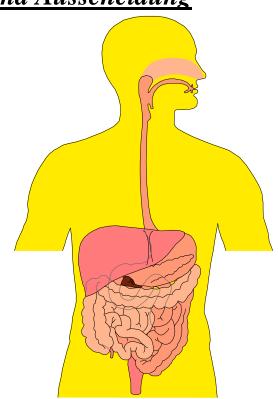


Der Vollständigkeit halber soll erwähnt werden, dass man heutzutage immer mehr auch mit **Schadstoffe**n in den Nahrungsmitteln rechnen muß. Somit müßte man das obige Schema um eine weitere Gruppe ergänzen.

2.2. Ernährung, Verdauung und Ausscheidung

Nachdem wir die Ernährung schon als die Form der Nahrungsaufnahme gekennzeichnet haben, wollen wir uns den Weg der Nahrung noch etwas genauer ansehen. Die aufgenommene Nahrung muß als nächstes in eine Form gebracht werden, in der sie unser Körper nutzen kann. Dies ist die Aufgabe der **Verdauung**. Unsere Verdauungsorgane in der richtigen Reihenfolge sind:

- Mundhöhle mit Schleim- und Speicheldrüsen und Zähnen
- Speiseröhre
- Magen
- Zwölffingerdarm mit Bauchspeicheldrüse
- Dünndarm mit Galle und Leber
- Dickdarm
- Enddarm mit After

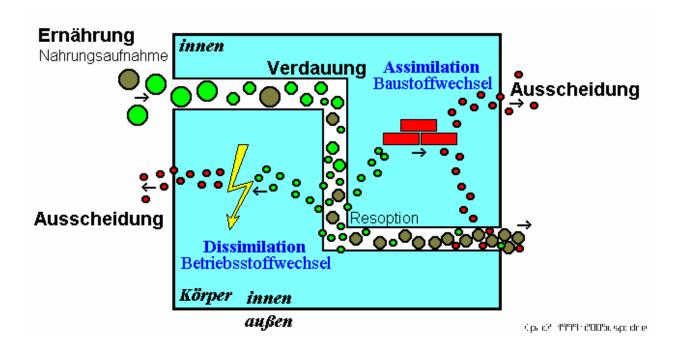


Wir unterscheiden bei der Verdauung die mechanische und chemische Zersetzung der Nahrung und die Aufnahme der Spaltprodukte (**Resorption**) in das Körperinnere. Die Zersetzung der Nahrung ist deshalb notwendig, weil die Nahrungsbestandteile nicht in ihrer großen Form vom Darm aufgenommen (resorbiert) werden können. Unser Darm kann nur sehr kleine, wasserlösliche Moleküle aufnehmen. Alle größeren und nicht verdauten Stoffe (Kot, Stuhl) werden über das Darmende vom Körper abgeführt.

Für die aufgenommenen Stoffe gibt es in unserem Körper zwei mögliche Wege. Zum Einen können sie in andere (energiearme) Stoffe umgewandelt werden und die dabei freiwerdende Energie vom Körper für die Lebensvorgänge genutzt werden. Dies ist der sogenannte **Betriebsstoff-Wechsel** (auch Energie-Wechsel, wiss.: **Dissimilation**). Zum Anderen werden die (körperfremden Nahrungs-)Stoffe zu körpereigenen Stoffen gewandelt. Die körpereigenen Stoffe bilden dann unseren Körper. Wir nennen diesen Stoffumbau den **Baustoff-Wechsel** (auch Stoff-Wechsel, wiss.: **Assimilation**).

Die energiearmen Stoffe der Dissimilation und die Abfall-Stoffe der Assimilation müssen noch entsorgt werden. Sonst würden wir uns selbst innerlich vergiften. Das Entsorgen der Gift- und Abfall-Stoffe übernimmt die **Ausscheidung**. Die wichtigsten Ausscheidungsorgane sind Lungen, Nieren und die Haut.

Überblicksmäßig könnte man sie Vorgänge in einem groben Schema so darstellen:



<u>Aufgaben:</u>

- 1. Erläutern Sie das obige Schema! Erklären Sie die einzelnen Begriffe!
- 2. Erstellen Sie eine 7abelle, in der die einzelnen Verdauungsorgane und deren Aufgaben/Funktionen enthalten sind!

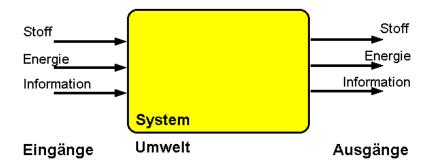
2.3. Energiehaushalt des Menschen

Der gesamten Natur liegt der Energieerhaltungssatz zugrunde. Dieser Satz besagt, dass die Energie insgesamt immer gleich groß ist. Es kann sich nur die Form der Energie (z.B.: kinetisch, potentiell, elektrisch, chemisch, thermisch, ...) ändern. Die Summe der Werte aller Energieformen ist damit auch immer gleich groß.

$$E_{ges} = E_{kin} + E_{pot} + E_{elek} + E_{chem} + E_{therm} + ...$$

Auch für unseren Körper findet der Energieerhaltungssatz seine Anwendung. Er besitzt eine bestimmte Energie-Menge. Ständig gibt unser Körper aber auch Energie ab, so z.B. in Form von Wärme, Bewegung, Schall usw. Auch die Aufrechterhaltung der Lebensvorgänge, der Umbau von körperfremden in körpereigene Stoffe, die Produktion von Geschlechtszellen usw. usf. "verbrauchen" Energie. Diese Energie-Verluste müssen durch eine entsprechsnd große Energie-Aufnahme wieder ausgeglichen werden. Nur wenn Energie-Aufnahme und Energie-Abgabe längerfristig ausgeglichen sind, kann der Körper weiter leben. Fehlt eine ausreichende Energie-Zufuhr, dann greift der Körper, die in ihm selbst gespeicherte Energie-Ressourcen (Körpermasse (vorrangig das Speicherfett usw.)) an. Eine längerfristig erhöhte Energie-Zufuhr bewirkt eine Verstärkung der Speicherung.

Energie-Aufnahme, Energie-Umwandlung, Energie-Speicherung und Energie-Abgabe werden insgesamt als Energie-Wechsel bezeichnet. Dieser gehört zum Stoff- und Energie-Wechsel (Abk.: SEW). Prinzipiell ist der Energiewechsel oft direkt mit dem Stoffwechsel gekoppelt. Wir Menschen nehmen den wesentlichen Teil der Energie über die energiehaltigen Nährstoffe auf. In der folgenden Abbildung ist der Mensch das System.



Cpadella, spridna

2.3.1. Energie und Energie-Gehalt der Nahrung

Energie, Wärme und Arbeit sind prinzipiell vergleichbare physikalische Größen. Sie sind gleich groß. Die Energie wird in JOULE (Abk.: J) angegeben.

$$1 J = 1 Ws = 1 Nm = 1 kg * m2 *s-2$$

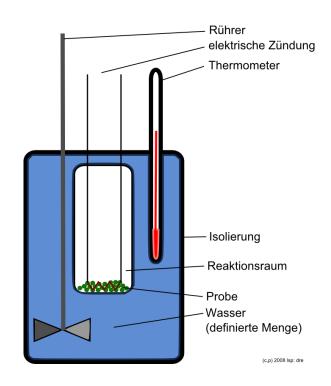
Eine veraltete Einheit für die Energie ist Kalorie (von lat.: calor (Wärme)). Eine Kalorie ist die Energie-Menge, die zum Erwärmen eines Gramm Wassers von 14 auf 15 °C notwendig ist. Diese Einheit darf heute nicht mehr verwendet werden. Zur Umrechnung verwendet man die Beziehung:

1 cal =
$$0,239 \text{ J}$$
 bzw. 1 J = $4,184 \text{ cal}$

Der Energie-Gehalt einer Stoffprobe (z.B. eines Nahrungsmittels) läßt sich mit einem Kalorie-Meter bestimmen. Kalorie-Meter bestehen aus einem mit Wasser gefüllten Metallgefäß. Im Inneren des Wasserkörpers befindet sich ein weiteres Metallgefäß, in dem sich später die Stoffprobe befindet. Die Stoffprobe wird verbrannt und dann die Erwärmung des umgebenden Wasserbades gemessen. Aus dieser Erwärmung errechnet man schließlich die freigesetzte Wärme-Menge.

Leider ist unser Körper nicht in der Lage die gesamte Energie aus einem Stoff zu nutzen. Von manchen Stoffen (z.B. Genußmitteln) kann überhaupt keine Energie genutzt werden. Deshalb unterscheidet man neben den physikalisch/chemischen Brennwert noch einen physiologischen bzw. biochemischen Brennwert.

Der physikalisch/chemische Brennwert gibt die Energie an, die bei der vollständigen Verbrennung freigesetzt werden würde.



Der physiologische bzw. biochemische Brennwert gibt an, wieviel Energie ein Organismus aus den Stoffen nutzen kann. Der physiologische Brennwert ist immer kleiner als bzw. maximal gleich wie der physikalisch/chemische.

Stoff / Stoffgruppe	physikalischer / chemischer Brennwert [kJ * mol ⁻¹]	physiologischer / biochemischer Brennwert [kJ * mol ⁻¹]	physiologischer / biochemischer Brennwert [kJ / 100 g]	Brennwert [kcal / 100 g]		
Eiweiß	23,4	17,2	1425	340		
Fett	38,9	38,9	3770	900		
Kohlenhydrat	17,2	17,2	1550	370		
Ballaststoffe	17 – 23	1 – 2				
Ethanol (Trinkalkohol)			29	7		
mehrw. Alkohole (Polyole)			10	2,4		
organische Säure			13	3		
Banane			400	95		
Beeren			185 – 275	45 – 65		
Bienenhonig			1390	330		
Bohnen			315 – 630	75 – 150		
Brot			800 – 1050	190 – 250		
Cola			185 – 250	45 – 60		
Fisch (roh)			335 – 835	80 – 200		
Fleisch			835 – 1130	200 – 270		
Fruchtgummi			1250 – 1465	300 – 350		
Fruchtsaft			165 – 230	40 – 55		
Gemüse (roh)			105 – 170	25 – 40		
Hühner-Ei			335	80		
Kakao (schwach entölt)			1885	450		
Kartoffeln			315 – 630	75 – 150		
Kuchen			1250 – 1900	300 – 450		
Limonade			185 – 250	45 – 60		
Linsen			315 – 630	75 – 150		
Mais			315 – 630	75 – 150		
Milch			190 – 270	45 – 65		
Nudeln			1465	350		
Nüsse			2090 – 2640	500 – 630		
Obst			185 – 275	45 – 65		
Öl			3430 – 3810	820 – 910		
Reis			1465	350		
Vollmilchschokolade			2345	560		

Die biochemische Verwertbarkeit von Stoffen hängt immer von dem Stoffwechsel des betreffenden Organismus ab. Für den Abbau jedes Stoffes werden unterschiedliche Enzyme gebraucht. Dies kann man sich wie einen Satz von Werkzeugen oder Bestecken zur Zerstörung des Stoffes vorstellen. Man spricht auch vom Enzym-Besteck für einen Stoff.

Energieumsatz

Grundumsatz (GU)

Für die Erhaltung der elementaren Lebensfunktionen (wie z.B. Atmung, Kreislauf, Nerventätigkeit, ...) benötigt jeder Organismus eine minimale Menge Energie. Diese Menge wird als Grundumsatz (engl. basal metabolic rate (MBR)) bezeichnet.

Für eine Erfassung der genauen Menge muß sich der Körper in völliger Ruhe befinden. Die Muskulatur soll völlig entspannt sein, die Umgebungstemperatur 20 °C betragen und alle Verdauungsvorgänge abgeklungen (12 - 24 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme) sein. Der Grundumsatz ist von:

- Gewicht und Größe
- Geschlecht
- Alter
- Umgebungstemperatur
- sportlichen Aktivitäten
- Körperzustand (Krankheiten, Schlaf, Streß, ...)
- Erregungszustand
- ..

abhängig.

Wenn vom Grundumsatz gesprochen wird, dann wird oft auch der Erhaltungsumsatz (engl. maintenance) mit in die Diskussion gebracht. Beide Umsätze meinen das Gleiche, sie werden aber unterschiedlich gemessen und damit ergeben sich Unterschiede in den Mengenangaben. Den Grundumsatz misst man in speziellen Kammern (WARBURG-Prinzip), wobei der Sauerstoff-Verbrauch und die Bildung von Cohlendioxid ermittelt wird. Daraus läßt sich dann - unabhängig von den Nährstoffen - die umgesetzte Energiemenge berechnen.

Eine exakte Definition des Grundumsatzes wird oft folgendermaßer vorgenommen: Der **Grundumsatz** ist diejenige Energiemenge, die der Körper pro Tag bei völliger Ruhe, bei einer Umgebungstemperatur von 28 °Cund nüchtern zur Aufrechterhaltung seiner Lebensfunktion benötigt. Physikalisch handelt es sich dabei um Energie pro Zeiteinheit – also einer Leistung. Die reguläre Einheit wäre damit J / s bzw. W (Watt). Praktischerweise und zum besseren Vergleich bezieht man die Leistung noch auf die Körpermasse (J / s * kg).

Beim Erhaltungsumsatz werden die Nährstoffmengen gemessen, die für die Konstanthaltung der Körperfunktionen notwendig sind. Praktisch wird dieser Wert seltener verwendet, weil er von der Zusammensetzung der Nährstoffe abhängig ist.

Die exakten Angaben für jeden Energieumsatz müssen sich immer auf eine definierte Zeiteinheit oder auf eine bestimmte Tätigkeit beziehen. Die zeitbezogene Angabe ist aber üblicher. Die Einheit muß also mindestens die Energie und die basierte Zeit beinhalten. Typische Einheiten sind:

kJ/d	=	kJ * d ⁻¹	KiloJoule pro Tag
kJ / h	=	kJ * h ⁻¹	KiloJoule pro Stunde
kJ / min	=	kJ * min ⁻¹	KiloJoule pro Minute

Bei den Umrechnungen dieser Einheiten ineinander muß man unbedingt die ungünstigen Stunden / Minuten-Umrechnungen beachten! Es ergeben sich z.B. die folgenden Beziehungen:

```
1 kJ/min = 60 kJ/h

1 kJ/h = 24 kJ/d

1 kJ/min = 60 kJ/h = 1440 kJ/d

1 kJ/d = 0,0417 kJ/h

1 kJ/h = 0,017 kJ/min

1 kJ/d = 0,0417 kJ/h = 0,000695 kJ/min
```

Leistungsumsatz (LU)

In die Definition und die Bestimmung des Grundumsatz sind nur wenige – elementar notwendige Tätigkeiten – eingeschlossen. Jede weitere Tätigkeit verursacht laut Definition mehr und anderen Umsatz an Energie. Sie werden beim Leistungsumsatz betrachtet.

Am Einfachsten lässt sich der aktuelle Leistungsumsatz ermitteln, wenn man den Gesamtumsatz (GesU) misst und dann den Grundumsatz davon abzieht.

LU = GesU - GU

Anderes herum kann man bei bekanntem Grund- und Leistungsumsatz auch den aktuellen Gesamtumsatz berechnen.

GesU = GU + LU

Beachten muß man nur, dass die Zeiteinheiten – für die einzelnen Umsätze gelten – gleich sind.

Praktisch wird der Umsatz indirekt über den Sauerstoff-Verbrauch bzw. die Cohlendioxid-Bildung gemessen. In der medizinischen und sportmedizinischen Forschung benutzt man zumeist das sogenannte Fahrrad-Ergometer, um bestimmte Energieumsätze zu messen. Die Fahrrad-Ergometer sind wie Hobbytrainer aufgebaut. Über die Schwungrad-Bremse lässt sich die verrichtete Leistung des Probanden bestimmen. Der Probant atmet über Schläuche ein und aus. Die Luft wird analysiert und der Sauerstoff-Verbrauch und die Cohlendioxid-Bildung gemessen.

Bei der Betrachtung längerer Zeiteinheiten (z.B. Energieumsatz für einen Tag) unterscheidet man auch zwischen Arbeits- und Freizeitumsatz. Der Arbeitsumsatz **AU** wird während der regulären täglichen Arbeit (Beruf, ...) ermittelt. Der Freizeitumsatz **FU** bezieht sich auf die restliche Zeit und Tätigkeiten. Besonders der Arbeits- und der Freizeitumsatz sind stark von der verrichteten Tätigkeit abhängig.

Somit ergibt sich auch folgende Berechnungsgrundlage für den Gesamtenergieumsatz z.B. für einen Tag:

GesU = GU + AU + FU [kJ/d]

Exkurs: negativer Brennwert

In einiger populär(wissenschaftlich)er Literatur wird für einige – "besonders gesunde" - Lebensmittel behauptet, dass sie einen negativen brennwert besitzen. Dies soll heißen, für ihre Verdauung muß mehr Energie aufgewendet werden, als verwertbare Energie in den Körper gelangt. Als Beispiel dient zumeist Gemüse. So etwas konnte bisher nicht nachgewiesen werden.

Auch für das theoretisch sehr einprägsame und eingängige Beispiel des kalten Wassers gilt dies nur beschränkt. Zwar muß Energie für das Aufwärmen des Wassers auf Körpertemperatur Wärmeenergie aus dem Körper genutzt werden. Aber nur ein Teil wird wirklich aus dem Körper abgezweigt. Der restliche – und deutlich größere – Teil stammt aus reduzierten Wärmeabgaben über die Haut (Thermoregulation).

<u>Aufgaben:</u>

1. Bestimmen Sie die Umrechungszahlen!

ges.	kJ/d	kJ/h	kJ / min	J/d	J/h	J / min	J/s
kJ/d							
kJ/h							
kJ / min							
J/d							
J / h							
J / min							
J/s							

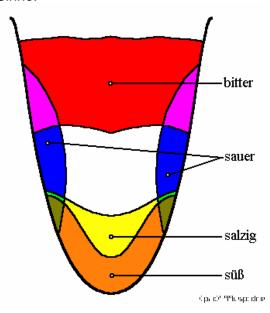
2.4. Ernährung und Sinne

Beim Essen werden alle Sinne angesprochen. Hier sind besonders der Tastsinn, der Sehsinn, der Wärmesinn und natürlich Geschmack und Geruchssinn zu nennen. Wir betasten unsere Nahrung mit den Händen, den Lippen, der Zunge und dem Gaumen in der Mundhöhle. Die Wärme oder die Kälte betonen den Geschmack vieler Speisen. Ein lauwarmes Essen wird oft als unangenehm empfunden.

Mit den Augen nehmen wir nicht nur die Nahrung an sich wahr, sondern unser Appetit wird durch eine ansprechendes Angebot und eine passende Garnierung noch zusätzlich gesteigert. Von herausragender Bedeutung für unsere Ernährung sind aber sicher unbestritten der Geruchs- und Geschmackssinn – unsere chemischen Sinne.

Den Geschmack einer Speise nehmen wir mit der Zunge wahr. Dazu ist es Bedingung, dass bestimmte Teile – bzw. Stoffe aus – der Nahrung abspaltbar sind und sich in Wasser lösen können. Auf der Zunge befinden sich kleine warzenähnliche Gebilde – die Geschmackspapillen. Mit ihrer Hilfe können wir verschiedene Geschmacksrichtungen der gelösten Moleküle feststellen. Geschmackspapillen mit ähnlichen Geschmacksrichtungen liegen in Gruppen auf der Zungenoberfläche (siehe Abb.). Einige neuere Erkenntnisse deuten aber darauf hin, dass die Regionen auf der Zunge wesentlich weiträumiger und ineinander verlaufend sind.

Die rund 9000 Geschmackspapillen bestehen wiederum aus mehreren Hunderten von Geschmacks-Sinneszellen. Die Geschmacks-Sinneszellen funktionieren nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip.



Eine Geschmacks-Sinneszelle reagiert immer nur auf einen bestimmten passenden Stoff. Die Erkennungsteile der Sinneszellen sind dabei so geformt, dass das Geschmacks-Molekül genau hinein passt. Sie verhalten sich wie Schlüssel und Schloß. Lagert sich ein passendes Molekül an einer Sinneszelle an, dann wird eine Erregung ausgelöst und zum Gehirn transportiert. Dort nehmen wir diese Erregung dann als einen bestimmten Geschmack wahr.

Früher gingen die Forscher davon aus, dass jeder Mensch eigentlich nur vier Geschmacksrichtungen: **sauer**, **süß**, **bitter und salzig** wahrnehmen kann. Heute weis man, dass es weitere Geschmacksrichtungen gibt. Vermutet werden insgesamt bis zu 10 verschiedene Richtungen. Bislang konnte man neben den vier klassischen Geschmäckern (süß, sauer, salzig, bitter) auch noch Geschmäcker für **Umani** (schmeckt wie Glutamat) und **Glycyrrhizin** (schmeckt wie Lakritze) eindeutig nachweisen.

Bekanntlich sind Geschmäcker sehr verschieden. Diese Volksweisheit hat auch in der Ernährungslehre viele Entsprechungen.

Z.B. wird der Stoff Methylmannopyranosid von manchen Menschen als süß und sauer zugleich geschmeckt. Andere Menschen schmecken ihn nur süß und wieder andere nur sauer. Es gibt z.B. einen Stoff (Phenyl-Thioharnstoff ... PTH), der von einigen Menschen als bitter geschmeckt wird, während andere ihn überhaupt nicht wahrnehmen können.

Alle anderen "Geschmäcker" sind eigentlich Gerüche, die durch die Nase wahrgenommen werden. Der Geruch einer Nahrung entsteht durch die flüchtigen (abgespalteten) Stoffe. In der Nasenschleimhaut befinden sich die Riech-Sinneszellen, die ebenfalls nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip die einzelnen Stoffe erkennen. Durch die Nasenöffnungen und beim Schlücken (es entsteht ein Unterdruck, der den Duft der Speise in den Nasenraum zieht) bekommen wir den Duft in die Nase – und glauben zu schmecken.

Besonders bei einem festen Schnupfen schmeckt uns das Essen weniger. Gerade weil wir durch die verstopfte Nase keine Aromen, Düfte usw. aufnehmen können, wird unser Appetit nicht sehr angeregt. Es werden dann nur die echten Geschmacksrichtungen süß, sauer, salzig, bitter usw. wahrgenommen und das Essen schmeckt nicht so gut, wie bekannt und erwartet. Weiterhin spielt das persönliche Geschmacksempfinden eine wichtige Rolle. Es ist sowieso von Mensch zu Mensch sehr verschieden und wird in der Familie oder in der Gesellschaft vorgeprägt. Z.B. schmecken Menschen aus Regionen in denen traditionell mit verschiedenen scharfen Gewürzen gekocht wird, diese Speisen als nicht so scharf, wie ein "normaler" Mitteleuropäer dies empfinden würde. Man denke in diesem Zusammenhang auch an andere Eßgewohnheiten in afrikanischen und asiatischen Ländern oder Naturvölkern.

Weltweit ist aber für alle Menschen typisch "Gutes schmeckt süß, Schlechtes schmeckt bitter."

Kontroll-Aufgaben:

- 1. Erstellen Sie mit Hilfe des Kursleiters ein Lernsystem auf Karteikarten zum 7hema: Nahrung, Ernährung, Ernährungslehre!
- 2. Was sind Lebensmittel?
- 3. Was versteht man unter Ernährung?
- 4. Nennen Sie die wichtigsten Inhaltsstoffgruppen von Nahrungsmitteln!
- 5. Nennen Sie die Verdauungsorgane in der richtigen Reihenfolge!
- 6. Geben Sie zu 3 Verdauungsorganen die Aufgaben/Junktionen au!

2.4.1. Sensorik

2.4.2. Versuche zu den Beziehungen von Sinnen und Ernährung

Kann man Früchte am Geschmack erkennen?

Materialien / Geräte:

verschiedene Früchte; 2 Teller; Löffel; Trinkgefäß; Wasser

Durchführung / Ablauf:

- immer 2 Schüler bilden eine Experimentiergruppe
- die verschiedenen Früchte werden in kleine Stücke geschnitten und je 2 Stücke zufällig auf dem Tellerrand verteilt (der Probierende Schüler darf die Reihenfolge und die Stücke nicht sehen!)
- dem Probierenden Schüler werden die Augen verbunden und eine Nasenklammer aufgesetzt
- die Fruchtstücke werden einzeln geschmeckt und der Geschmack und die erratene Fruchtart notiert
- nach jeder Probe sollte der Mund ausgespült werden
- der Versuch wird dann noch einmal ohne Nasenklammer wiederholt (Augen bleiben verbunden)

Auswertung / Ergebnisse:

- Welche Geschmäcker wurden jeweils beobachtet?
- Wieviele Früchte wurden <u>mit</u> aufgesetzter Nasenklammer richtig erkannt? (Angabe in Prozent!)
- Wieviele Früchte wurden <u>ohne</u> aufgesetzte Nasenklammer richtig erkannt? (Angabe in Prozent!)
- Vergleichen Sie die Ergebnisse!

Untersuchung zur Geschmacksbeurteilung einer Süßstoff-Lösung

Materialien / Geräte:

verschieden starke (konzentrierte) Lösungen eines Süßstoffes (Saccharin); Probiergefäß oder Teelöffel; Wasser

Durchführung / Ablauf:

- die Lösung sind vom Kursleiter in groben Stufen erstellt und in zufälliger Reihenfolge angeordnet
- immer 2 Schüler bilden eine Experimentiergruppe
- von jeder Lösung werden einige Tropfen (immer gleiche Anzahl) auf den Löffel oder in das Probiergefäß gegeben
- nach jeder Probe den Löffel (Probegefäß) gründlich mit Wasser abspülen
- in einer Beobachtungstabelle werden die Nummer der Lösung und der Geschmack (z.B.: geschmacklos, wenig süß, süß, sehr süß, bitter, ...) notiert

Probe	Geschmack
1	
2	
Х	

- anschließend Sie eine gemeinsame Auswertungstabelle für alle Arbeitsgruppen erstellt

Stärke	der	entspricht	Geschmack	eschmack				
Lösung		Probe	Gruppe 1	Gruppe 2		Gruppe n		

Auswertung / Ergebnisse:

- Welche Geschmäcker sind bei diesem Süßstoff zu beobachten?
- Ab welcher Lösungsstärke kann man den Süßstoff schmecken?
- Warum sind die Ergebnisse unter Umständen von Gruppe zu Gruppe verschieden?

2.5. Hunger, Durst und Appetit

"... Essen ist ein Trieb. Die Nahrungsaufnahme, die Auswahl der Speisen, der Appetit sind entwicklungsgeschichtlich älter als die Sexualität. Sie sind im Instinkt verankert und dem Verstand, der Ratio, auf Dauer nicht zugänglich und von ihm langfristig auch nicht steuerbar. Das Sexualverhalten des Menschen erscheint dagegen noch vergleichsweise rational und beeinflussbar. Essen und Trinken sind überlebenswichtige Grundbedürfnisse. ..." /14/

Hier wagen wir uns in Bereiche, die trotz intensiver Forschung noch lange nicht befriedigend geklärt sind. Vieles ist in diesem Bereich noch Theorie oder vorläufiges Wissen.

Hunger und Durst bezieht man im Allgemeinen auf den mengenmäßigen (quantitativen) Bedarf der Nahrungsaufnahme. Unserem Körper wird angezeigt (Wahrnehmung, Gefühl, Empfindung), wie dringend eine Nahrungsmenge ist. Beim Hunger geht es um den Bedarf an fester Nahrung, während der Bedarf an flüssigen Stoffen beim Durst im Vordergrund steht.

Der Appetit wiederum beschreibt den qualitativen Bereich – also die Art der Nahrung, die wir gerne zu uns nehmen würden. Wir haben eben Appetit auf eine bestimmte Speise od.ä. Der Appetit leitet sich aus vielen Körperinformationen ab. Da spielen die letzte Nahrungszusammensetzung, die innere Stimmung, der Bedarf des Körpers an bestimmten Stoffen usw. eine Rolle. Bei einer freien Wahl der Nahrungszusammensetzung wechseln Menschen zwischen kohlenhydratreicher (euphorisierend, anregend) und eiweißreicher Speise (eher deprimierend).

Für die Entstehung des Hungers gibt es verschiedene Theorien. Die meisten gehen von kurzfristigen Mechanismen aus. So könnte Hunger entstehen, wenn der Magen leer ist. Wird der Magen beim Essen gefüllt, entsteht das entgegengesetzte Sättigungsgefühl (Magenfüllstands-Theorie). Verschiedene Untersuchungen und Erkenntnisse aus anderen Wissenschaften stützen diese These. In unseren wilden Zeiten war Nahrung immer ein Mangel, dafür hatten wir reichlich Bewegung. Stand Nahrung zur Verfügung oder kam man an welcher vorbei, dann wurde sie gegessen und der Magen bis zum Anschlag gefüllt. In den letzten 100 bis 50 Jahren hat sich die Situation dagegen grundlegend geändert. Die Bewegung und Arbeit wird von Maschinen erledigt - wir selbst bewegen uns nur noch wenig. Nun steht aber Nahrung im Überfluss bereit. Unser Urtrieb sagt uns immer noch: "Hau rein, wer weiss, wann es wieder etwas gibt!". Bei Untersuchungen hat man festgestellt, dass es völlig egal ist, was wir essen, wir essen uns immer satt. Früher bestimmte schwerer verdauliche Nahrung, die länger im Magen verweilte, das Nahrungsangebot. Heute sind es schnell verdauliche, energiereiche Snacks. Schnell ist der Magen wieder leer und der "Hunger" meldet sich wieder. In den Wohlstandsländern kommt eine zeitliche Überorganisation als weiterer störender Faktor dazu. Wir verspüren meist schon viel früher "Hunger". Dieser Gewohnheitshunger ist aber bei der Betrachtung des Hungers und bei den Theorien zu seiner Entstehung nicht gemeint.

Gegen diese Theorie spricht, dass auch Personen einen Hunger verspüren, denen der Mager entfernt wurde.

Andere Wissenschaftler vertreten die Ansicht, dass der Blutspiegel bestimmter Stoffe (Konzentration im Blut) das auslösende Element ist. Sinkt dieser ab, dann haben wir Hunger, steigt er wieder, fühlen wir uns satt. Dafür spricht z.B., dass Diabetiker und Schwangere bei zu wenig Zucker im Blut oft einen ausgeprägten Heißhunger verspüren (**Blutzuckerspiegel-Theorie**). Mittlerweile mehren sich verschiedene wissenschaftlichen Argumente, die diese These stützen. Eine andere Theorie geht davon aus, dass die Menge - genauer ein Defizit – an Aminosäuren Hunger erzeugt. Das Funktionsprinzip entspricht dem beim Blutzuckerspiegel.

Alle dieser Theorien können bestimmte Aspekte der kurzfristigen Regulierung unserer Nahrungsaufnahme erklären (Sitations-Hunger, Tages-Hunger). Für längerfristige Effekte muss man weitere Theorien mit heranziehen. In einer geht es darum, dass der Hunger durch die Erschöpfung der Fettspeicher entsteht (**Set-Point-Theorie**). Normalerweise geben die Fettzellen ständig ein Hormon (Leptin) ins Blut ab. Erschöpfen die Fettspeicher, dann sinkt der Leptin-Spiegel und wir versüren Hunger.

Bei den angesprochenen Fettspeichern handelt es sich vor allem um die Fetten in Geweben und um und an Organen. Nur dieses ist für den organismus nutzbar, Unser berühmtberüchtigter Bauchspeck gehört nicht dazu. Uns fehlt ein Enzym, um diese Fettspeicher im Bedarfsfall wieder verfügbar zu machen.

Unser Körper kann sich auf die jeweilige Ernährungssituation einstellen. In Zeiten mit reichlichem Nahrungsangebot wird die Nahrung nur verschwenderisch genutzt. Nur wenige Nährstoffe werden dem Darminhalt entnommen (auf niederen Ausnutzungsgrad gesetzt). Findet der Körper aber eher ärmliche Zustände vor, dann nutzt er die Nahrung viel intensiver aus (auf höheren Punkt gesetzt). Problematisch sind wechselnde Perioden reichlicher und sparsamer Nahrungsangebote (Jahreszeiten, sporadische Diäten, Fasten). Wenn der Körper merkt, dass nach einer Mangelphase reichlich Nahrung angeboten wird, dann versucht er für die nächste Mangelphase einen Speicher (Fettpolster) anzulegen. Dieser hilft dann die Hungerzeit besser zu überstehen. Kurzfristige Spontan-Diäten oder gar solche aus "Frauen"-Zeitschriften sind ein guter Beleg für das Funktionieren der Set-Point-Theorie. Bei fast allen Personen, die Reduktions-Diäten (Hungern oder einseitige Ernährung (Ananas-Diät, Kohl-Diät)) machen, kommt es kurzfristig zur Gewichtsabnahme. Danach stellt sich aber der sogenannte Jo-Jo-Effekt ein. In Zeiten eines ausgeglichenen Nahrungsangebots werden vermehrt wieder Stoffe aufgenommen und gespeichert. Statt Abzunehmen kommt es letztendlich zu einer Gewichtszunahme.

Diese Gewichtszunahme ist dann ein wichtiges Argument sich das nächte Heft dieser Zeitschrift zu kaufen und eine neue Super-Sensations-Diät auszuprobieren.

Die auf kurze Zeiten orientierten Hunger-Theorien können sicher einen wesentlichen Teil der Hunger-Entstehung erklären. Warum aber Menschen sehr unterschiedlich auf Nahrung reagieren und auch sehr unterschiedlich Hunger verspüren, können diese Theorien nicht erklären. Hier sind wahrscheinlich sehr langfristige Mechanismen am Werk.

Im Säuglings- und Kleinkindalter wird die Verdauung eines Menschen wahrscheinlich zudem voreingestellt (geprägt). Je nach der Nahrungssituation zu diesem Zeitpunkt ist der Mensch dann (durchschnittlich) eher ein guter oder schlechter Nahrungsverwerter. Zwar gibt es in der nachfolgenden Zeit noch einen gewissen Spielraum, aber die Grundtendenz ist festgelegt (**Prägung**). Besonders interessant ist in diesem Zusammenhang, dass Babys in der Lage sind, die notwendige Nahrungsmenge richtig "abzuschätzen" und die richtige Menge zu sich zu nehmen. Das Aufzwingen einer vorbestimmten Nahrungsmenge und eines fremdbestimmten Nahrungsaufnahme-Rhythmus ist für die natürliche Entwicklung einer selbstkontrollierten Hungerund Sättigungsgefühls sehr ungünstig. In besonders drastischen Fällen versagt die Eigen-Kontrolle vollständig. Diese Personen nehmen dann später häufig ungezügelt Nahrung zu sich und nehmen extrem zu.

Keine der Theorien kann für sich die Entstehung des Hungers vollständig erklären. Heute geht man davon aus, dass mehrere (oder gar alle) Mechanismen bei der Entstehung des Hunger einen Beitrag spielen. Der kurzfristige Bestimmer und einfacheste Signalgeber ist sicher der Magenfüllstand.

In unserem Körper gibt es viele natürliche Regelkreise zur Aufrechterhaltung der einzelnen Werte (Pegel, Gehalt) an Stoffen und der Energie. Durch äußere Einflüsse werden die Pegel gestört. Zu den Störfaktoren zählen - außer der ieweiligen Aktivität (Bewegung, Atmen, Denken usw.) auch veränderliche Körperzustände (z.B. Krankheiten, Schwangerschaft, Depressionen, Süchte usw.). Überangagierte Mütter mit ihren Vorstellungen von der notwendigen Nahrungsaufnahme ("... Noch ein Happ's für Papi! ...") machen den Regelkreis für ein Kleinkind unsinnig. Irgendwann wird der natürliche Regulationsmechanismus durch den künstlichen Mechanismus (Mutter) ersetzt (→ Prägung und gesellschaftliche Zwänge).

Stoff bzw. Stoffgruppe	Reserve			
Kohlenhydrate				
Fette				
Eiweiße	6 – 8 Wochen			
A (Retinole)	6 Monate – 2 Jahre			
Vitamin B₁	4 – 10 Tage			
B-Vitamine	3 – 4 Monate			
Vitamin C	3 – 4 Monate			
C (Ascorbinsäure	3 – 4 Monate			
Vitamin K	1 – 1,5 Monate			
Calcium	1 – 20 Jahre			
Eisen	1 – 2 Jahre			

Dieser kann die Aufgaben aber niemals für den Körper voll befriedigend erfüllen. Vielfach wird eine schlechte Speicherfähigkeit für notwendige Stoffe als Argument für eine täglich optimierte Ernährung und Nahrungszusammensetzung propagiert. Interessant ist auch immer die Frage, wielange kann man denn unter extremen Bedingungen überleben? Ab wann treten gefährliche Mangelerscheinungen auf?

Schaut man sich die Reserven eines gesunden (Erwachsenen-)Körpers an, dann relativieren sich die Aussagen vieler selbsternannter Ernährungsexperten. (Auch einige akademische Experten stehen dem leider in nichts nach.)

Für Kinder und Säuglinge verkürzen sich die Zeiten deutlich, da der Stoffwechsel intensiver abläuft und auch die Speicher noch nicht so ausgeprägt sind.

2.5.1. Regulation von Stoff- und Energie-Pegeln

Der Begriff Pegel meint ein bestimmtes Niveau (den Pegelstand) und ist mit den sogenannten Stoff- oder Energie-Spiegeln identisch. Gemeint sind bestimmte Mengen oder Konzentrationen von Stoffen z.B. im Blut oder in der Lymphe. Pegel wird meist als allgemeinerer Begriff benutzt. Bei allen Stoffen strebt der Organismus bestimmte Pegel (Stände) an

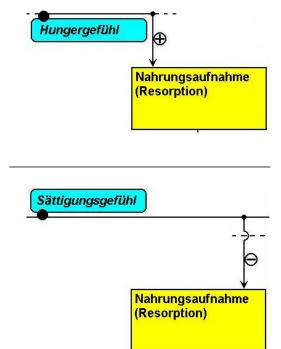
In den Blutgefäßen gibt es diverse Messfühler, die den aktuellen Pegel messen. Den Messwert (IST-Wert) senden die Messfühler über die Nervenfasern zum Gehirn. Dort wird der IST-Wert mit einem vorgegebenen SOLL-Wert verglichen. Als Resultat des Vergleichs verspüren wir z.B. Hunger oder Sättigung. Nun werden im Körper Prozesse eingeleitet, die den aktuellen IST-Pegel an den SOLL-Pegel heranführen sollen. Unser Körper kann die Nahrungsaufnahme erhöhen bzw. erniedrigen. Dabei kommt es letztendlich zur Erhöhung bzw. zur Absenkung des aktuellen Pegels. Hierbei handelt es sich um einen positiv gekoppelten Vorgang (Ursache und

Wirkung sind gleichgerichtet).

In den nachfolgenden Schemata werden solche Vorgänge durch ein ⊕ gekennzeichnet. Ausgesprochen bedeutet es z.B. "je größer der Hunger, umso größer die Nahrungsaufnahme". Auch das Gegenteil stimmt: "je kleiner der Hunger, umso kleiner die Nahrungsaufnahme".

Bei negativ gekoppelten Vorgängen (Zeichen: ⊖) bewirkt die Ursache eine entgegengesetzte Wirkung. Als Beispiel kann die Reduktion der Nahrungsaufnahme dienen. "Je größer die Sättigung, umso kleiner wird die Nahrungsaufnahme (Resoption)." Natürlich gilt auch hier das Gegenteil: "Je kleiner (geringer) die Sättigung, umso größer wird die Nahrungsaufnahme (Resoption)."

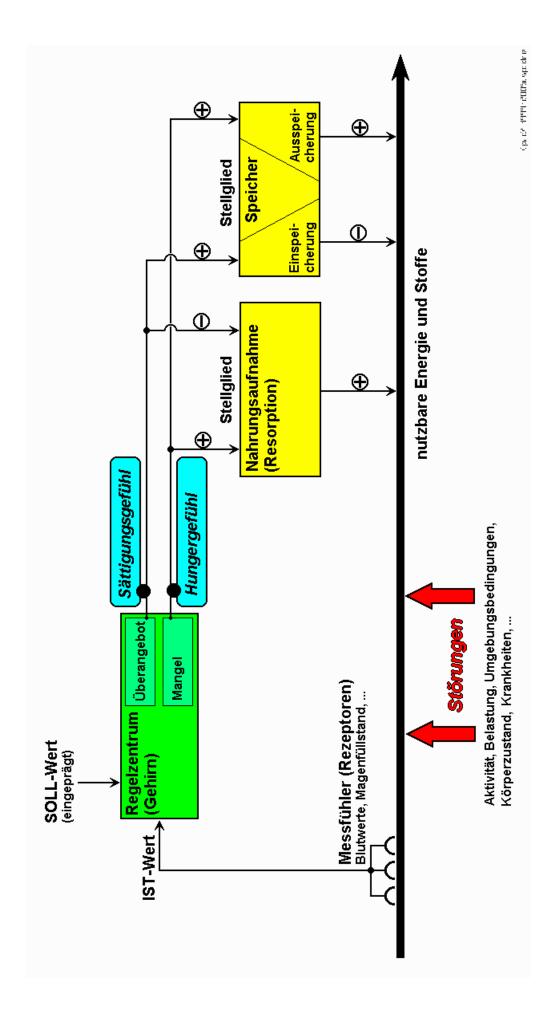
Die genau quantitative Ausprägung betrachtet man in solchen Fluß-Diagrammen (Fluß-Schemata) nicht weiter. Man konzentriert sich auf die Richtung der Veränderung. Nur so sind komplexe Modelle und Schemata überhaupt handhabbar.



Neben der Kontrolle des Zuflusses an Energie und Stoffen versucht unser Körper auch durch eine gezielte Lagerhaltung den verfügbaren Stoff- und Energie-Pegel konstant zu halten. Die Stoffe in den Speichern (z.B.: Leberstärke, Muskelstärke, Fettzellen) sind direkt nicht verfügbar. Sie müssen erst durch bestimmte Prozesse so verändert werden, dass sie ins Blut gelangen und dort transportiert werden können. Dann gehören sie in den Bereich der verfügbaren Stoffen und stellen eventuell auch nutzbare Energie dar.

Prinzipiell läuft ein Regelkreis kontinuierlich, dass heißt ständig. Ständig wird gemessen, verglichen und korrigiert. Das ist sozusagen ein Lebenszeichen.

Vereinfachtes Schema der Regulation des Stoff- und Energiehaushaltes



2.5.2. Vorschlag eines Modell's zur Hunger-Erklärung

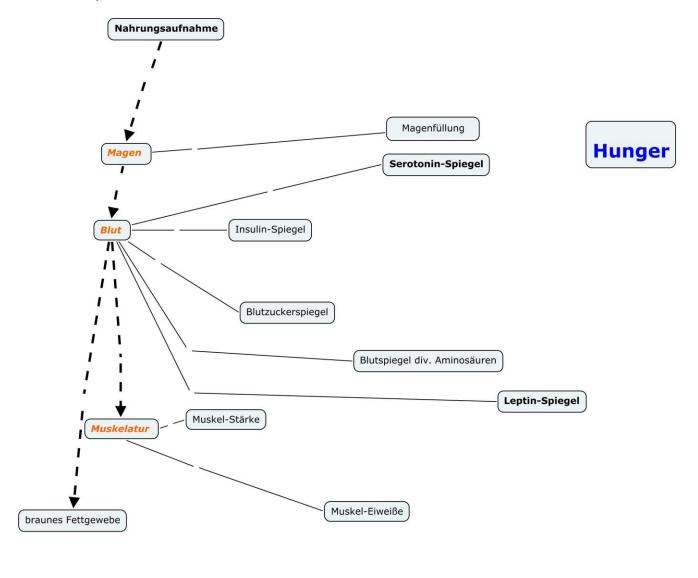
Entwickeln wollen wir ein solches Schema in größeren Schritten. Die einzelnen Ebenen werden erläutert und am Ende (dieses Kapitels) steht ein komplexes Modell mit dem sich viele Problemstellungen im Zusammenhang mit dem Hunger, aber auch mit Diäten usw. erklären lassen. Es lohnt sich u.U. auch mal einen kurzen Blick auf das endresultat zu werfen um einen Überblick zu gewinnen.

Beachten Sie aber immer die Grenzen dieses Modells. Es fehlen quantitative Aussagen, viele Stoffe werden nicht betrachtet und bei vielen Verknüpfungen wurden Zwischenelemente einfach weggelassen.

2.5.2.1. Schritt 1: Mini-Detail-Modell der Ernährung

Für unser Hunger-Modell benötigen wir einen Teil, der die Stillung des Hungers durch Nahrungsaufnahme darstellt. Dazu nehmen wir sehr starke Vereinfachungen vor.

Die Nahrung wird über die Zwischenstufe Magen (ist natürlich so nicht exakt!; siehe auch: \rightarrow) in das Blut. Über dieses werden die verschiedenen Stoffe verteilt, z.B. in die Muskelatur und zu den Fett-Depots.



weißes Fettgewebe

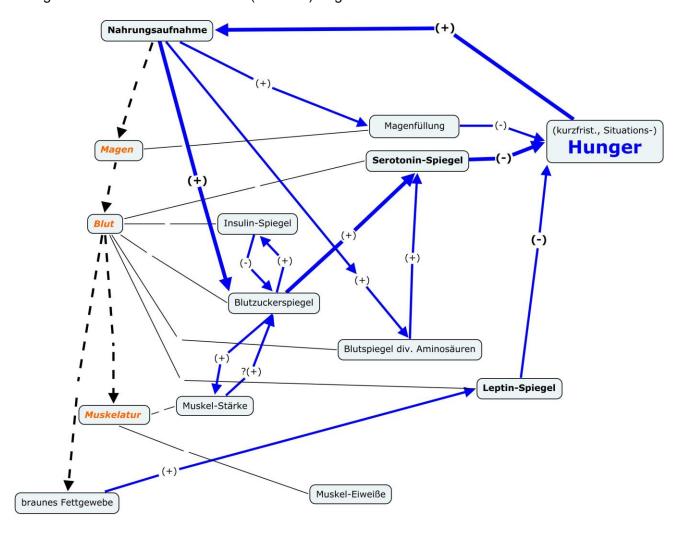
Unser Körper verfügt nun über Unmengen von Sensoren (Rezeptoren, Sinneszellen) mit denen die verschiedensten Status-Informationen ermittelt werden und zumeist im Gehirn verarbeitet werden. Solche Status-Informationen (IST-Werte) sind z.B. die Magenfüllung oder der Blutzuckerspiegel. IST-Werte deshalb, weil sie den aktuellen Wert repräsentieren.

Nun ergänzen wir in einem nächsten Schritt die Beziehungen zwischen den Status-Informationen.

2.5.2.2. Schritt 2: einfaches Modell zur Entstehung des Hungers

Der Information "Serotonin" kommt nach derzeitigen Erkenntnissen eine besonders große Bedeutung bei der Erzeugung des Gefühls "Hunger" zu.

Bei einigen positiv gekoppelten Beziehungen befindet sich ein Fragezeichen vor dem Kopplungszeichen (+). Dies soll bedeuten, dass die Kopplung von bestimmten anderen Bedingungen abhängt. So wird z.B. die Muskelstärke den Blutzuckerspiegel nur erhöhen, wenn bei einem Mangel Muskelstärke zu Blutzucker (Glucose) abgebaut wird.



ergänzende Informationen zum Modell:

Serotonin, Insulin und Leptin sind Hormone. Hormone sind Informationsstoffe, die Zellen, Gewebe, Organe bzw. des Gesamtorganismus über Situationen im Körper informieren und dann bestimmte Aktivitäten auslösen. Insulin aktiviert z.B. die Reduzierung des Blutzuckers. Der Blutzucker wird z.B. in der Muskelatur in Muskelstärke umgewandelt. Die eigentliche Arbeit übernehmen dabei die verschiedensten Enzyme in unseren Zellen.

weißes Fettgewebe

Aminosäuren sind die Grundbausteine der Eiweiße. Nur wenn Aminosäuren ausreichend vorhanden sind, können neue Eiweiße (z.B. in der Muskelatur) gebildet werden. Durch verschiedene Enzyme können die Eiweiße aber auch wieder zu Aminosäuren abgebaut werden.

Leptin wird von prallen Fettzellen ständig in Blut abgegeben. Erst wenn die Depots versiegen, reduziert sich der Leptin-Spiegel im Blut.

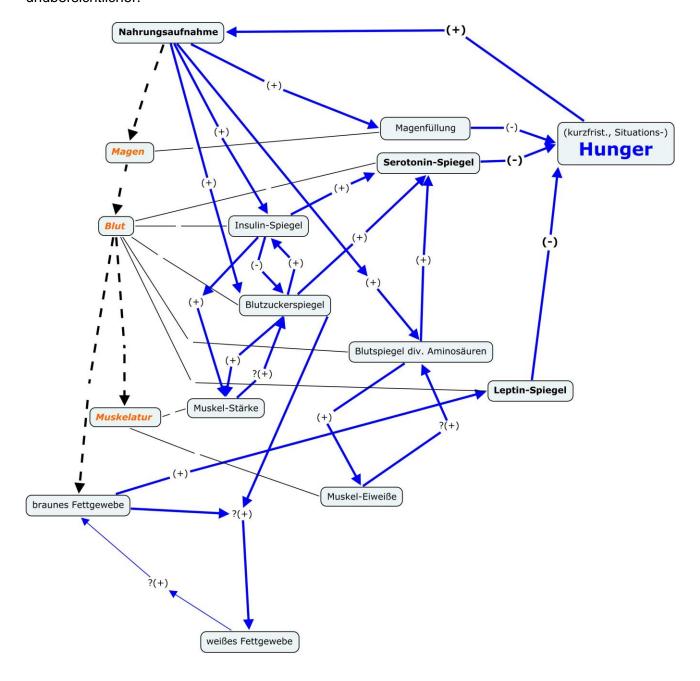
Der Hauptregel-Kreis – zumindestens nach dem aktuellen wissenschaftlichen Stand – ist im obigen Modell hervorgehoben.

Nun können wir mit unserem Modell erste Simulationen durchführen. Dabei ist immer zu prüfen, ob das Modell auch wirklich mit den reallen Bedingungen konform läuft. Man nennt dies Validierung (dt.: Wahrheitsprüfung) des Modells.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Erläutern Sie die Beziehungen im Modell und unterlegen Sie die Beziehungen und deren Zusammenwirken durch vorhandenes Wissen z.B. aus der Biologie!
- 2. Wie würde unser Modell auf die Veränderung der (Erhöhung) Nahrungsaufnahme reagieren? Erläutern Sie, wie sich die anderen Modell-Komponenten beeinflusst werden!
- 3. Simulieren Sie mit dem Modell die Erhöhung der Nahrungsaufnahme! Können sich die Bedingungen wieder normalisieren?

Mit einigen weiteren Ergänzungen läßt sich das Modell noch weiter aufwerten – es wird aber unübersichtlicher.

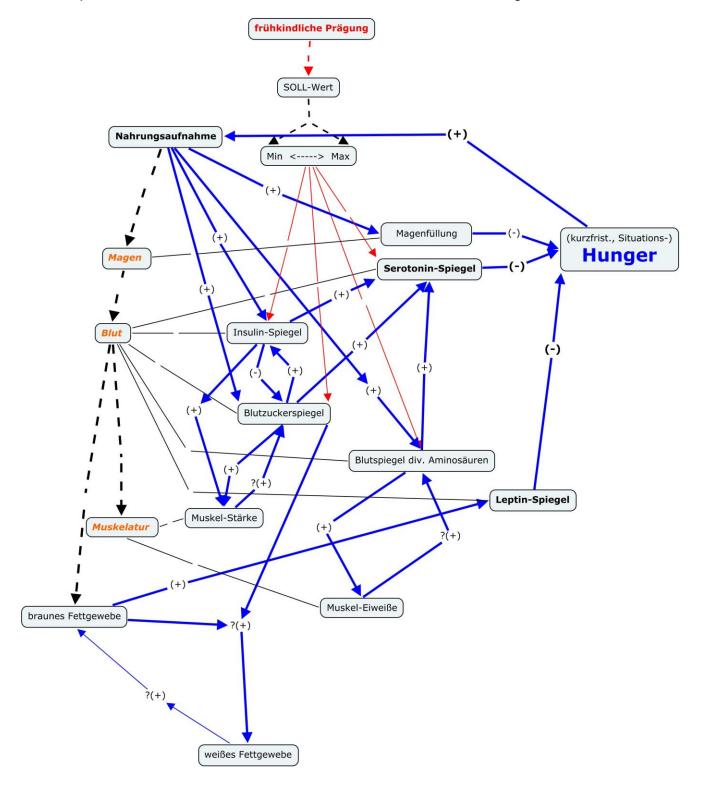


Aufgaben:

- 1. Bei Diabetikern kommt es zuweilen zu Heißhunger-Atacken. Lassen sich diese mit unserem Modell erklären? Wenn ja wie, wenn nein, warum nicht! Erläutern Sie Ihre Position ausführlich!
- 2. Die ATKINS-Diät setzt auf Kohlenhydrat-arme Ernährung (Low-Carb-Prinzip). Fette und Eiweiße dürfen relativ unbegrenzt zu sich genommen werden. Läßt sich mit Hilfe unseres Modells bei dieser spezielle Ernährung eine Reduzierung des Hungers und damit ein diätischer Effekt erklären?

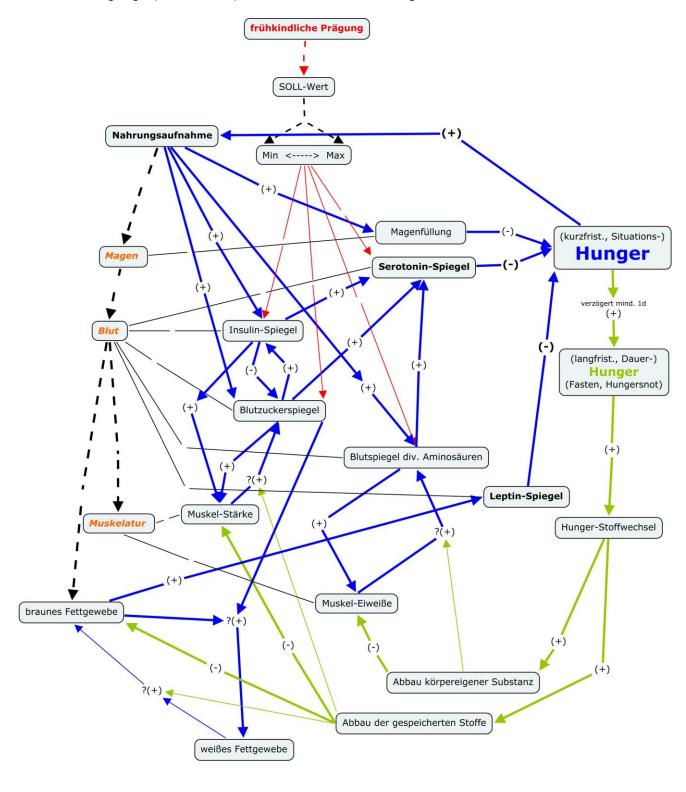
2.5.2.3. Schritt 3: Einbeziehung der Prägung

Wir hatten schon festgestellt, dass in der frühkindlichen Entwicklung wahrscheinlich eine Vorbestimmung des Ernährungstyps erfolgt. Meist werden dabei die SOLL-Werte der einzelnen Status-Informationen in bestimmte Richtungen verschoben. Nun bräuchten wir aber doch konkrete Daten über die jeweilige quantitative Veränderung oder Ausprägung des konkreten Wertes. Da uns diese fehlen, bleiben wir bei einer Pro-forma-Einarbeitung der Modell-Komponenten. Für bestimmte Simulationen lassen sich diese Beziehungen dann aber nutzen.



2.5.2.4. Schritt 4: Einbeziehung langfristiger Effekte

Um unser Modell zu vervollständigen, bauen wir nun die Details ein, die erst nach ein zwei Tagen wirken. Der Körper stellt auf Hungerstoffwechsel um. Nun spielen neue Effekte eine Rolle, die mit grünen Beziehungs-Pfeilen gekennzeichnet sind. Mit einer dedarfsdeckenden Nahrungsaufnahme wird der Hungerstoffwechsel sofort wieder verlassen /abgeschaltet) und die normalen Vorgänge (blaue Pfeile) haben wieder den Vorrang.



<u>Aufgaben:</u>

1. Welche Veränderungen ergeben sich für den Serotonin-Spiegel, wenn der Hungerstoffwechsel "eingeschaltet" wird?

2.

3. Nahrungsmittel und ihre Inhaltsstoffe

Die Einteilung der Inhaltsstoffe eines Nahrungsmittel in die fünf Gruppen Wasser, Nährstoffe, Ballaststoffe, Wirkstoffe sowie Farb-, Duft- und Geschmacksstoffe reicht nur für sehr oberflächige Betrachtungen. Schauen wir uns an, wo wir für unsere Zwecke weiter sinnvoll unterteilen können. Das Wasser ist schon ein einzelner Stoff, so dass eine weitere Teilung entfällt.

Die weitaus größte Bedeutung für die Ernährung haben die Nährstoffe. Sie liefern die Energie und die Baustoffe für unser Überleben. Nährstoffe sind also die Stoffe, die ein Lebewesen für die Deckung seines Energie- und Baustoff-Bedarfs unbedingt benötigt.

Die Nährstoffe werden auf Grund ihres Baus in drei Gruppen geteilt. Wir unterscheiden Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße. Sie sind chemisch sehr unterschiedliche Stoffe. Weiterhin sind ihre Eigenschaften und ihre Funktionen in unserem Körper sehr unterschiedlich. Hier ist eine weitere Unterteilung sinnvoll.

Bei den Ballaststoffen gibt es sicher viele verschiedene Stoffe, aber sie alle sind für unsere Ernährung nur insofern wichtig, dass sie Volumen schaffen. Sie machen die Nahrungsmenge groß und regen die Verdauungsorgane zur Arbeit an. Diese Funktionen erfüllen alle Ballaststoffe, so dass eine weitere Unterteilung nicht notwendig ist. Das Gleiche gilt für die Farb-, Duftund Geschmacksstoffe. Sie sind zwar sehr verschieden gebaut, kommen aber immer nur in ganz kleinen Mengen vor.

Etwas anders verhält es sich mit den Wirkstoffen. Der Anteil der Wirkstoffe in den Nahrungsmitteln ist etwas höher als bei den Farb-, Duft- und Geschmacksstoffen. Bei den Wirkstoffen unterscheiden wir zwei große Gruppen - die Vitamine und die Mineralstoffe.

Somit ergibt sich für die Zwecke der Ernährungslehre die folgende mögliche Einteilung der Inhaltstoffe in Nahrungsmitteln:

Nahrungsmittel / Lebensmittel (100%)							
Wasser (≈50-60%)	Nährstoffe (≈30-40%)		Ballast- stoffe (≈5%)	Wirkstoffe	(≈1%)	Farb-, Duft- und Ge- schmacksstoffe	
	Eiweiße	Kohlenhydrate	Fette		Vitamine	Mineralstoffe	(<1%)

Aus praktischen und methodischen Gründen erweitern wir die Unterteilung der Inhaltsstoffe um die folgenden Stoffe und Stoffgruppen. Diese werden in gesonderten Abschnitten dieses Heftchens vorgestellt.

- Inhaltsstoffe mit Nährwert
 - Alkohole
- Alkaloide
- Zusatzstoffe
 - Konservierungsmittel
 - o naturidentische und künstliche Aromen
 - Farbstoffe
 - Fettersatzstoffe und Fettsimulatoren
- unerwünschte Inhaltsstoffe
 - o Schwermetalle
 - o Radioaktive Stoffe
 - o Insektizide, Herbizide, Futtermittelzusatzstoffe, Medikamente
- ...

Einige dieser Stoffe und Stoffgruppen ließen sich vielleicht in anderen Bereichen einordnen. Der Übersicht halber scheint es mir aber besser, diese einzeln zu behandeln.

Aufgaben:

1. Erstellen Sie aus der Einteilung der Nahrungsmittel-Inhaltsstoffe ein hierarchisches Schema!

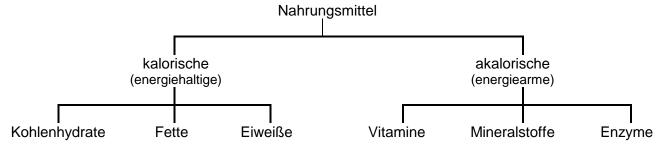


In der älteren Literatur findet man auch die folgenden Einteilungsmöglichkeiten von festen Nahrungsmittel:

Schema A:



Schema B:



2. Welche Kriterien wurden zur Einteilung benutzt? Diskutieren Sie die Vor- und Nachteile der vorgestellten Schemata!

3.1. *Fette*

Den Fetten - wissenschaftlich Lipide - wird eine mehr negative Rolle in der Ernährung zugeordnet. Pseudo- und einfach gestrickte Populärwissenschafter haben in den Fetten das Böse gefunden. Dem ist natürlich nicht so. Genauer müsste man wohl eher sagen, dass unsere <u>zu</u> fettreiche Ernährung und die zu geringe Bewegung das Problem sind.

Fette werden in Organismen für unterschiedliche, unverzichtbare Aufgaben genutzt. So sind alle Zellen und viele Zellbestandteile von fettähnlichen Molekülen umgeben. Sie bilden eine abgrenzende Schicht um diese Teile. Man nennt diese dünnen Schichten auch Membranen (z.B.: Zellmembran, Hülle der Vakuole).

In Körper- und Zell-Flüssigkeiten (Blut, Lymphe, Zellplasma, ...) verringert Fett den Gefrierpunkt. So ist z.B. ein Überleben auch unter 0 °C möglich. Es gibt aber auch andere "Zusätze" zu Zellflüssigkeiten, die ein frühes Gefrieren verhindern.

Viele Organe sind von Fettschichten umgeben. Hier dient das Fett als Schutz vor mechanischen Belastungen.

Zum Anderen stellen Fette eine wichtige Energiereserve dar. In keinem anderen Stoff ist die Energie so konzentriert angehäuft. Fett wird deshalb von vielen Pflanzen und Tieren als Speicher angelegt. Die ölhaltigen Samen von Sonnenblume und Raps sind genau unter diesem Aspekt zu sehen, wie die Speckschwarten eines Schweins. Bei der Ausbildung von Unterhaut-Fettgewebe spielt natürlich auch die Wärmeisolation eine wichtige Rolle. Die herausragende Bedeutung der Fette wird im Volksmund auch durch solche Aussagen, wie "den Rahm abschöpfen" oder "das Fett abschöpfen" unterstrichen.

Die Fette werden in speziellen Muskelgeweben – aber auch in anderen Zellen – zur Energiegewinnung genutzt. Herzgewebe (bei Säugetieren) benötigt zur Erreichung der hohen Leistungsfähigkeit Fett als Energieträger. Andere Muskelatur-Arten verwenden Kohlenhydrate als Energiequelle.

In der Natur ist die Anlage von Fettschichten ein deutliches Zeichen für einen guten gesundheitlichen Zustand. Man spricht auch von Biologischer Fitness. Dies hat nichts mit der sportlichen Fitness zu tun. Außerdem darf man bei diesen Betrachtungen den Menschen nicht in den Vordergrund stellen, da er mit seiner Überfluß-Ernährung (erst seit rund 50 Jahren) eher unbiologisch ist. In der "normalen" Natur (mehrere Millionen, wenn nicht sogar Milliarden Jahre) ist der Mangel die Regel gewesen. Das Suchen (Sammeln, Jagen) von Nahrung war und ist aufwändig. Organismen, die hierbei Reserven anlegen können, sind meist erfolgreicher, kräftiger oder schneller. Somit sind sie den Anderen überlegen - sie sind eben (biologisch) fitter. Besondere Statusmerkmale (aufwendiges Federkleid, Geweih, Fettbuckel, ...) unterstreichen diesen Erfolg.

Auch das erste Erscheinen der Menstruationsblutung wird im Wesentlichen vom Körperfettanteil bestimmt. Bei stark abgemagerten Mädchen (z.B. bei Magersucht) setzt deshalb die Regelblutung auch zeitweise oder dauernd aus. Ein geschwächter Organismus ist streng biologisch gesehen (im Sinne der Auslese) nicht fortpflanzungstauglich (= geringere Biologische Fitness). Neben der Wärmeisolation haben Fette auch als elektrische Isolatoren um die Nerven herum eine große Bedeutung. Sie sind wesentlicher Bestandteil der SCHWANNschen Scheiden (Myelin-Schichten). Dies sind Zellen, die in regelmäßigen Abständen um die Nervenfaser (Neuriten) gelegt bzw. gewickelt sind und durch ihren isolierenden Charakter wesentlich zur schnellen Erregungsleitung beitragen.

Viele biologisch bedeutsame Stoffe sind von Fetten abgeleitet. Solche Abkömmlinge nennt man auch Lipoide ("Fettähnliche"). Die bekanntesten Lipoide sind z.B. Lecithin, Phospholipoide und diverse Wachse.

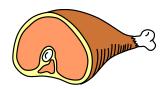
<u>Aufgabe:</u>

Ordnen Sie die Fette den Bau- und | oder den Betriebsstoffen zu! Begründen Sie Ihre Meinung!

BK_EL_Sek.II_LM-Bestandteile_T1.docx Seite - 36 - (c,p)1998-2010 lsp:dre

3.1.1. Fetthaltige Nahrungsmittel

Wenn man fetthaltige Nahrungsmittel nennen soll, dann fallen einem sicher zuerst Fleisch, Schmalz und Speck ein. Neben diesen tierischen Fettquellen spielen die pflanzlichen eigentlich eine weit wichtigere Rolle. Ohne pflanzliche Fette ist auf längere Sicht keine gesunde Ernährung möglich. Auf tierische Fette können wir vollständig verzichten.





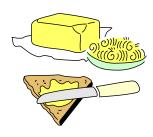


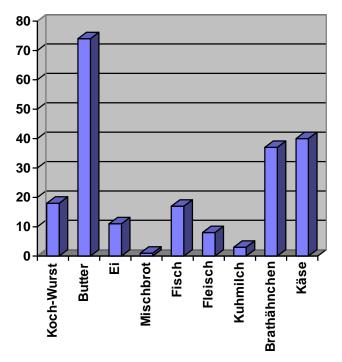




Bei den Pflanzen fallen uns besonders Raps, Sonnenblumen und Oliven ein, die reichlich Fett für unsere Ernährung liefern können. Bei uns wird zumeist das ausgepresste Öl genutzt. In den Erzeugerländern von Sonnenblumen und Oliven werden diese aber auch direkt gegessen oder verschiedenartig zubereitet.







Fettgehalt i.T.

Die Angaben des Fettgehaltes in Prozent beziehen sich auf das wasserfreie Nahrungsmittel – deshalb i.T. (in Trockensubstanz). In der Trockensubstanz ist der Fettgehalt konstant. Würde man den Fettgehalt bezogen auf die wasserhaltige Masse messen, erhielte man sehr schwankende Werte. Dies kommt dadurch, dass Wasser einen sehr großen Anteil in den Nahrungsmitteln darstellt. Schon ein leichtes Eintrocknen verändert dann den Fettgehalt zu einem höheren Wert. Den höchsten Wert – den Wert für die Trockensubstanz - erhält man bei völliger Austrocknung. Für die Kaufpsychologie ist dies nicht gerade die beste Lösung (moderne Menschen tendieren zu fettarmen Lebensmitteln), aber dafür ist es ein reproduzierbares Ergebnis.

Interessant sind dazu auch neue Erkenntnisse, die den fehlenden Zusammenhang zwischen gesunder Ernährung und fettreduzierten (sogenannten Light-)Produkten belegen. Fettreduzierten Produkten haftet nämlich der Mangel eines geringeren guten Geschmacks an. Das Ergebnis am Essenstisch sieht dann so aus: Statt einer Scheibe Käse (mit 45 % Fett i.T.) sollte man eine Scheibe Light-Käse (30 % Fett i.T.) nehmen. Damit's aber genauso gut schmeckt, werden die Scheiben doppelt genommen oder mehr Fett (Butter) darunter gestrichen. Das Ergebnis ist eine vermehrte Fettaufnahme mit dem guten – aber falschem - Gefühl sich gesund ernährt zu haben.

Aufgaben:

- 1. Ermitteln Sie von fünf Lebensmitteln den Fettgehalt laut Verpackungsetikett!
- 2. Berechnen Sie den absoluten Fettgehalt für 100 g des Lebensmittels! (Sollte der absolute Fettgehalt angegeben worden sein, dann berechnen Sie den Fettgehalt in der 7rockensubstanz!)
- 3. Sammeln Sie die Ergebnisse von anderen Kursteilnehmern! Stellen Sie die Ergebnisse von mindestens vier Kursteilnehmern graphisch dar! (Lebensmittel nach aufsteigenden Fettgehalt i. 7. geordnet gegen absoluten Fettgehalt und Fettgehalt i. 7.)

3.1.1.1. makroskopische Einteilung der Fette

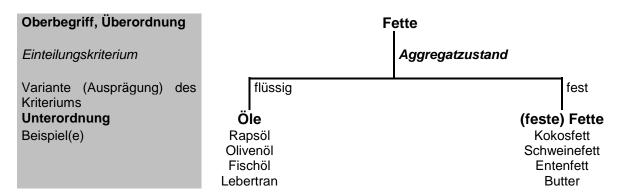
Makroskopisch nennen wir Eigenschaften oder Unterscheidungen, wenn sie ohne vergrößernde Geräte (z.B. Mikroskope) beobachtbar, messbar bzw. einteilbar sind. Farbe, Aggregatzustand, aber auch Herkunft oder Herstellung, sind typische makroskopische Eigenschaften. Mit ihnen lassen sich leicht Einteilungen vornehmen.

Sehr leicht lassen sich die Fette nach ihrem Aggregatzustand unterscheiden. Dazu muß bei 20 °C einfach nur die Ausprägung (gasförmig, flüssig, fest) beobachtet werden. Gasförmige Fette kommen nicht vor, so dass wir uns auf die Unterteilung der Fette nach flüssig und fest beschränken können. Die flüssigen Fette werden Öle genannt. Die bekanntesten Öle werden aus Rapssaat, Oliven, Sonnenblumenkernen, Fisch und der Leber verschiedener Fische hergestellt. Bei den festen Fetten wird der Vorsatz *fest* auch häufig weggelassen. Dies ist im normalen Gebrauch sicher OK., aber eben nicht ganz exakt. Typische Beispiele sind Kokosfett, Schweinefett, Gänsefett (Gänseschmalz) und Butter.

Manchmal werden Margarine und Butter auch zu einer extra Gruppe der weichen Fette zugeordnet. Dies läßt sich dann als Einteilung über die Schmelztemperatur (Schmelzbereich) vornehmen. Die flüssigen Fette haben demnach eine Schmelztemperatur unter 20 °C, die festen Fetten über 30 °C. Im Grenzbereich zwischen 20 und 30 °C finden wir dann die weichen Fette. Diese werden auch als Butter bezeichnet. Typische Vertreter für Butter sind Kakao und kakaoähnliche Pflanzen sowie Mango.

Aufgabe:

1. Erstellen Sie für die verschiedenen Einteilungsmöglichkeiten Schemata nach folgendem Beispiel! (Der grau unterlegte Bereich kann entfallen!)



Für die Verwendung in der Küche usw. wird häufig nach der Herkunft der Fette unterschieden. Es werden tierische und pflanzliche Fette unterschieden. Den pflanzlichen Fetten wird zumeist eine gesündere Rolle in unserer Ernährung zugeordnet. Fruchtfette stammen dabei aus den Früchten der betreffenden Pflanzen. Die bekanntesten sind Olivenöl (aus dem (samenumhüllenden) Fruchtfleisch der Olive) und Palmöl (Fruchtfleisch der Ölpalmensamen). Die Fruchtfleischfette sind normalerweise flüssig – also eher Fruchtfleischöle.

Die Samenfette werden aus den eigentlichen Samen der Pflanzen der Pflanzengewonnen. In diese Gruppe gehört die größte Zahl der pflanzlichen Fette – zumeist auch Öle. Erdnuß, Haselnuß und Walnuß besitzen als Samen eine Nuß. Aus den Kernen von Sonnenblumen, Kürbis, Ölpalme wird ebenfalls sehr verbreitet Öl gewonnen. Weitere Öle werden aus den Samen von Sesam, Baumwollsaat, Leinsamen, Sojabohnen und Raps gewonnen.

Von einigen Samen werden nur die Keimlinge zur Ölgewinnung genutzt. Die gewonnenen Keimöle sind besonders wertvoll.

Tierische Fette kennen wir von Säugetieren (z.B. Rind, Schwein, Schaf (Hammel), Robbe, Wal), von diversen Vögeln (z.B. Ente, Gans) und von Fischen (z.B. diverse Heringsartige).

Aggregatzustand und Herkunft fließen fast immer in den Namen des Fettes ein (z.B.: Rapsöl, Kokosfett, Fischöl, Gänsefett, ...). Bei den tierischen Fetten unterscheidet man auch nach Milch- bzw. Körperfetten.

Normalerweise stammen die Öle und Fette immer nur von einer Tier- oder Pflanzenart ab. Sie werden dann als reine Fette bezeichnet. (Trotzdem bestehen sie artabhängig aus verschiedenen Triglyceriden (s.a. → 3.1.2. Aufbau der Fette). In der Küche sind aber auch Gemische gebräuchlich. Salatöle werden z.B. aus verschiedenen pflanzlichen Ölen gemischt. Bekannt sind auch die verschiedenen Margarinen und die Kunstspeisefette. Sie sind nicht etwa künstlich (durch den Menschen) hergestellt worden, sondern nur aus verschiedenen natürlichen (tierischen und pflanzlichen) Ölen und Fetten gemischt worden. Der Verwendungszweck und die Qualität bestimmt dabei Mischen und Reinheit.

Aus dem Milchfett der Rinder wird Butter hergestellt. Dieses Fett hat in der heimischen Küche eine große Bedeutung. Wird das Wasser und die ebenfalls enthaltenden Eiweiße abgetrennt (Butter-Läutern), dann entsteht Butterschmalz. Butterschmalz ist wegen des wesentlich geringenen Wassergehalts viel länger haltbar als Butter und auch als Bratfett geeignet.

Für diätetische Zwecke wird auch mit künstlich hergestellten oder bearbeiteten Fetten (Designerlipide) experimentiert. Sie werden durch Umesterung (Austausch der Fettsäuren) und den Einbau von unverdaulichen Fettsäuren (z.B. Behensäure) hergestellt. Dadurch kann der nutzbare Energiegehalt auf rund 50% reduziert werden. Durch den Austausch oder den Einbau von mittellangen Fettsäuren (z.B. Caprylsäure, Laurinsäure) lässt sich der Energiegehalt auf rund 75 % drücken. Künstlich hergestellte Fette haben aber noch keinen großen Anwendungsbereich in der europäischen Ernährung gefunden. In den USA sind verschiedene Kunstfette recht weit verbreitet.

Desweiteren gibt es eine immer größer werdende Zahl von Fettsimulatoren und Fettersatzstoffen (z.B. Simplesse, Fibrim, Maltrin, N-Oil, Olestra). Sie sind aber keine Fette, so dass sie hier nicht weiter betrachtet werden. (siehe dazu → 3.10.x. Fettersatzstoffe und Fettsimulatoren) Entgegen der landläufigen Meinung sind nicht alle Fette völlig wasserfrei. Butter und Margarine enthalten zwischen 5 und 20 % Wasser. Deshalb werden sie auch als wasserhaltige Fette bezeichnet. Sie lassen sich nur bis ungefähr 150 °C erhitzen. Wasserfreie Fette (z.B.: Pflanzenöle, Schweine- und Butterschmalz) enthalten unter 1 % Wasser und lassen sich ohne weiteres bis auf 200 °C erhitzen.

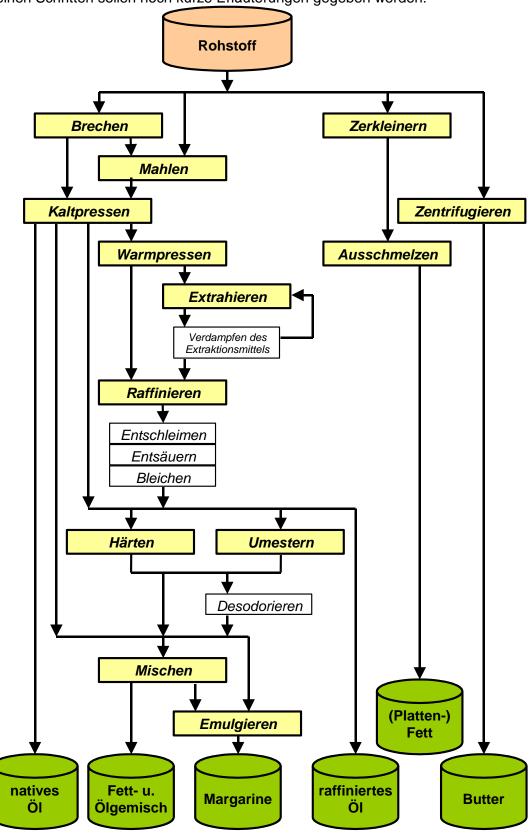
Aufgabe:

Erstellen Sie ein komplexes Schema, in dem möglichst viele (aber wissenschaftlich sinnvolle) Unterscheidungsmöglichkeiten verwendet werden (s.a. obige Unterteilung). An jedem Zweigende sollten dann auch zwei Beispiele stehen.

3.1.1.2. Gewinnung von Fetten und Ölen

Die Herstellung bzw. Gewinnung von Fetten und Ölen ist ein sehr vielgestaltiges Verfahren. Je nach Rohstoff müssen bestimmte Verfahrensschritte hinzugefügt werden oder können entfallen. Im folgenden Grob-Schema sind die wichtigsten technologischen Schritte zusammengestellt.

Zu einzelnen Schritten sollen noch kurze Erläuterungen gegeben werden:



3.1.2. Aufbau der Fette

Die Fette, die wir in Lebensmitteln vorfinden – auch wenn sie nur aus einer Quelle stammen (z.B. Sonnenblumenöl) – sind praktisch immer Gemische aus verschiedenen Fett-Molekülen. Fett-Moleküle (Lipide, Triglyceride, Triacylglycerine) bestehen allgemein immer aus Glycerol-und Fettsäure-Resten (Molekülteilen). Bei echten Fetten (Neutralfetten) sind immer drei Fettsäuren an einem zentralen Glycerol-Molekül angebunden. Unechte Fette – sogenannte Lipoide (Fett-ähnliche) – enthalten nur ein bis zwei Fettsäuren. Als Ersatz für die dritte und ev. auch für die zweite Fettsäure sind dann andere Molekülreste gebunden.

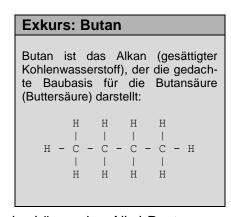
Fettsäuren sind zumeist längerkettige (aliphatische) organische Säuren (Monocarbonsäuren). In der Natur werden für den Fettaufbau fast nur organische (Alkan- bzw. Alken-)Säuren mit gerader Cohlenstoff-Atom-Anzahl benutzt. Ursächlich dafür ist die Biosynthese der Fettsäuren aus Essigsäure-Bausteinen (C_2 -Verbindung, Acetyl-Rest) in den Zellen der verschiedenen Organismen ($\rightarrow \square$ Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel).

Einige typische Vertreter der Alkansäuren werden in der folgenden Tabelle vorgestellt:

Name	chemische Formel
Buttersäure	C ₃ H ₇ COOH
Caprylsäure	C ₇ H ₁₅ COOH
Palmitinsäure	C ₁₅ H ₃₁ COOH
Stearinsäure	C ₁₇ H ₃₅ COOH

Am Beispiel der Buttersäure – der kleinsten Fettsäure – wollen wir uns den Bau noch etwas genauer ansehen.

Buttersäure-Moleküle bestehen auf der einen Seite aus einer alkanartigen Cohlenstoff-Kette mit den anhängenden Wasserstoff-Atomen. Insgesamt wird dieser Teil auch als Alkyl-Rest (Acyl-Rest, beim Alkyl fehlt im Vergleich zum Alkan ein H; Alkyle haben eine freie Bindung) gekennzeichnet. Auf der anderen Seite befindet sich die funktionelle Gruppe der Alkansäuren – die Carboxyl-Gruppe (-COOH). Umgangssprachlich könnte man sie auch als Säure-Gruppe bezeichnen.



Die anderen Fettsäuren unterscheiden sich eigentlich nur in der Länge des Alkyl-Restes von der Buttersäure. Die Kettenverlängerung wird durch vermehrtes Auftreten der CH₂-Gruppe erreicht.

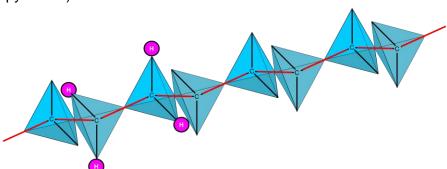
$$CH_3$$
 (- CH_2)_n- CH_2 - $COOH$ $n = 1, 3, 5, 7, 9, ...$

Als stark vereinfachtes Modell verwenden wir zur Verdeutlichung der unterschiedlichen Kettenlängen:

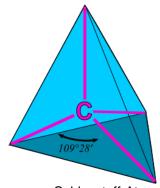


Ganz so linear sind die Moleküle dann doch nicht gebaut. Die Bindungen an einem Cohlenstoff-Atom mit vier einzelnen Bindungen stehen im Raumwinkel von rund 109° zueinander. Es entsteht eine abgewinkelte Struktur, die an eine Zick-Zack-Linie erinnert.

Für jedes C-Atom ergibt sich eine Tetraeder-Struktur der Bindungspartner. Das C-Atom liegt dabei im Zentrum des Tetraeders (Dreieckspyramide).



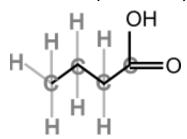
Ausschnitt aus einer Cohlenwasserstoff-Kette als Tetraeder-Modell (H-Atome an einigen C-Atomen angedeutet, C-Rückrat rot gekennzeichnet)



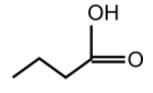
Cohlenstoff-Atom im Tetraeder-Modell

In der organischen Chemie ist sich jeder Anwender von Strukturformeln bewusst, dass Cohlenstoff vierbindig ist und im Normalfall alle freien Bindungen mit Wasserstoff (H) abgesättigt sind. Um große Moleküle schneller und übersichtlicher darstellen zu können, hat man in der organischen Chemie noch eine weitere Struktur-Schreibung eingeführt – die Gitterstruktur-Formeln. In ihnen wird das Cohlenstoffgerüst als Zick-Zick-Muster gezeichnet. Jeder Knick entspricht einem C-Atom. Funktionelle Gruppen werden vollständig gezeichnet. Die restlichen (einfachen) Bindungen zu Wasserstoff entfallen einfach.

Beispiel: Butansäure (Buttersäure)



Gitterstruktur-Formel mit zukünftig entfallenen Details



Gitterstruktur-Formel

In diesem Script werden wir auch diese Strukturfomel-Schreibung mit benutzen. Desweiteren werden wir aber auch eine Mischform verwenden, in der sowohl das Cohlenstoff-Gerüst als auch die funktionellen Gruppen gezeichnet werden. Es entfallen nur die einfachen Wasserstoff-Bindungen. Reaktionsstellen werden desöfteren rot hervorgehoben.

Neben den Alkansäuren sind auch Alkensäuren in den Fetten vorhanden. Diese sogenannten ungesättigten Fettsäuren besitzen eine oder mehrere Doppelbindungen zwischen den C-Atomen. Fettsäuren mit mehreren Doppelbindungen im Alkyl-Rest heißen mehrfach ungesättigte Fettsäuren (Alkdien-, Alktrien- usw. -säuren).

$$CH_3$$
 (- CH_2)_n - CH = CH (- CH_2)₈ - $COOH$ n = 1,3,5,7,9,...

Alkylen-Rest - Carboxyl-Gruppe

Die auffälligste Veränderung im Molekülbau ist dabei ein entstehender Knick genau an der Doppelbindung. Dieser ergibt sich aus einer veränderten Lage der Bindungen zueinander. Zwischen den Bindungen liegt jetzt ein Winkel von rund 120 °. Die Gitterstruktur-Darstellung einer Alkensäure läßt die Lage der Doppelbindung sehr gut erkennen.

Je nach Lage und Art der Anhänge an den Doppelbindungen unterscheidet man cis- und trans-Fettsäuren. Entgegen Einfachbindungen sind Doppelbindungen nicht mehr frei beweglich. Es ergeben sich feste Strukturen. Liegen die längeren Ketten auf der gleichen Seite, dann spricht man von einer cis-Stellung. Die trans-Stellung ist durch eine diagonale Stellung der längeren Ketten gekennzeichnet. In natürlichen Fetten kommen fast nur cis-Fettsäuren vor.

Die Anwesenheit von trans-Fettsäuren in Lebensmitteln deutet zumeist auf chemische Beeinflussung (z.B. Margarine-Härtung) oder Bakterien-Wirkung (z.B. Milchprodukte) hin.

In natürlichen Fettsäuren findet man die erste Doppelbindung erst am 9. Cohlenstoff-Atom des Moleküls. Gezählt wird ab dem höchstoxidierten C-Atom, dass ist in den Fettsäuren die Carboxyl-Gruppe. Weitere Doppelbindungen treten dann alternierend an den Positionen 12, 15 und 18 auf. Es sind aber auch Fettsäuren mit noch anderen Positionen für die Doppelbindungen bekannt.

$$0H$$

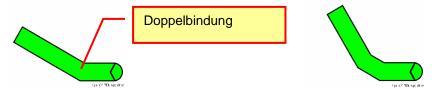
18 16 15 13 12 10 9 7 5 3 1 0

ω Ψ χ φ ν τ $\frac{\pi}{5}$ ρ $\frac{\pi}{6}$ $\frac{\pi}{4}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{12}$ $\frac{\pi}{12}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{11}$ $\frac{\pi}{13}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{18}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{17}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}{15}$ $\frac{\pi}$

In der Literatur findet man auch ältere Nummerierungsformen. Bei einer werden griechische Kleinbuchstaben für Positionsangaben benutzt. Die erste Nachfolge-Position (hinter dem höchstoxidierten C-Atom) bekommt die Bezeichnung α . Weitere Positionen werden dann in Folge des griechischen Alphabetes vergeben. Natürliche Fettsäuren haben also ihre erste Doppelbindung an der ϑ -Position (theta). Bei den ω -Fettsäuren (omega) betrachtet man das letzte C-Atom der Kette als Position ω (letzter Buchstabe des griech. Alphabets). Die Positionsangabe erfolgt dann durch rückgezählte Positionsnummern. Das Omega wird dabei vorangestellt. Also lässt sich obiges Beispiel auf folgende Möglichkeiten benennen:

IUPAC-Nomenklatur (seit 1980 verbindlich)	all-cis-9,12,15-Octadecatriensäure all-cis-Octadeca-9,12,15-triensäure	trivial: α-Linolensäure Kürzel: αLnn
veraltet:		
	Omega 3,6,9- säure	

In den unten abgebildeten Modellen wird die Wirkung einer Doppelbindung auf den Molekülbau verdeutlicht. Je mehr Doppelbindungen im Molekül sind, umso mehr Knicke hat das Molekül.



Die wichtigsten fettbildenden, ungesättigten Fettsäuren sind in der Tabelle zusammengestellt:

Name	Chemische Formel	Anzahl der Doppelbindungen
Ölsäure	C ₁₇ H ₃₃ COOH	1
Linolsäure	C ₁₇ H ₃₁ COOH	2
Linolensäure	C ₁₇ H ₂₉ COOH	3
Arachidonsäure	C ₁₉ H ₃₁ COOH	4
Eicosapentaensäure	C ₁₉ H ₂₉ COOH	5
Erucasäure	C ₂₁ H ₄₁ COOH	1

Das zentrale Glycerol-Molekül ist ein dreiwertiger Alkohol, d.h. es besitzt in seinem Molekül drei Hydroxyl-Gruppen (-OH). Diese nennen viele umgangssprachlich Alkohol-Gruppe.

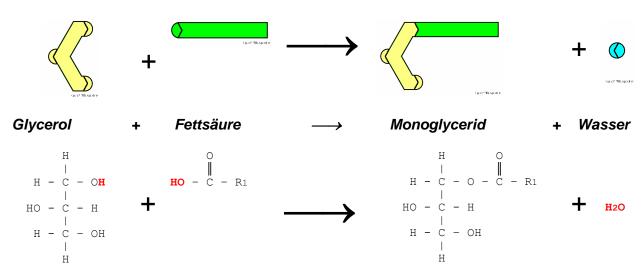
Früher wurde Glycerol auch als Glyzerin (Glycerin) bezeichnet. Um aber mehr Betonung auf den alkoholischen Charakter zu legen, nennt man es heute mehr und mehr Glycerol. Glyzerin ist eine Trivial-Bezeichnung, die in der Chemie und umgebenen Bereich zur einfacheren Benennung verwendet wird. Viele Trivial-Bezeichungen ergeben sich aus historischen Gegebenheiten und sind oft von naturwissenschaftlich falschen Vorstellungen geprägt. Der exakte chemische Name lautet 1,2,3-Propantriol (auch: Propan-1,2,3-triol).



Das nebenstehende Modell verdeutlicht die wesentlichen Details des Molekül-Baus für unsere Zwecke.

3.1.2.1. Bildung von Fetten (Triglyceriden)

An den Alkohol-Enden des Glycerol-Moleküls können die Fettsäuren ankoppeln. Bei dieser Reaktion wird jeweils ein Molekül Wasser abgespalten. Chemisch ist dies eine Veresterung. Betrachten wir die eintretenden Reaktionen als chemische Gleichung einmal am Modell sowie mit Strukturformeln:

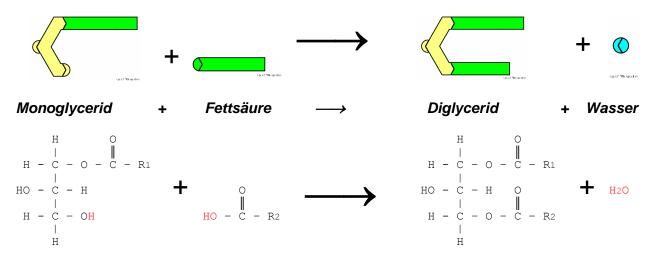


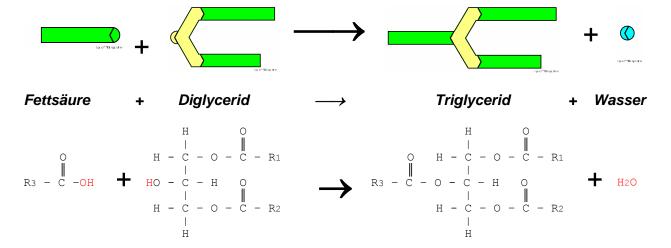
Auf das Aufschreiben der vollständigen Alkyl-Kette verzichtet man normalerweise. Stattdessen wird ein **R** für den Rest geschrieben. Verschiedene Reste werden durchnummeriert, durchbuchstabiert oder durch Hochstriche gekennzeichnet.

Bei der Reaktion entsteht ein Monoglycerid (früher auch: Monolipin) – also ein Glycerol-Molekül mit einem Anhang. An welcher Position die erste Reaktion erfolgt ist purer Zufall. Von der Wahrscheinlichkeit her wird es aber zuerst eine endständige Hydroxyl-Gruppe betreffen. Die Endständigen Positionen werden α bzw. α' genannt. Die mittlere heißt β .

Chemisch kann man die Glycerid-Bildung nicht nur als Veresterung sehen (Alkohol + Säure reagieren zu Ester und Wasser), sondern auch sehr allgemein als Substitution (Austausch von Atomen oder Atomgruppen in organischen Molekülen). Eine Charakterisierung als Kondensation (Substitution unter Bildung (Abspaltung) eines kleinen Moleküls) ist ebenfalls möglich.

Bei der weiteren Reaktion mit anderen oder den gleichen Fettsäuren entstehen schrittweise Diund Triglyceride (Di- und Trillipine).





Das Reaktionsprodukt (Triglycerid) entspricht dem fertigen Fett-Molekül (Neutralfett).

Die natürlich vorkommenden Fette (z.B. Olivenöl, Sonnenblumenöl, Schweineschmalz, Kokosfett) sind immer Gemische verschiedener Triglyceride. In diesen ist der Anteil – als auch die Stellung der Fettsäuren am Glycerol – variabel.

Die exakte Benennung der Triglyceride ist z.T. sehr aufwändig. Entsprechend der IUPAC-Nomenklatur sind sie als Ester zu bezeichnen. In der Lebensmittelchemie gibt es parallel laufende Trivialbezeichnungen. Hier werden die Triglyceride durch die Endung **–in** gekennzeichnet. Diese wird an die Fettsäure-Namensstämme (ohne –säure) angehängt. Mehrere Fettsäuren werden nach Kettenlänge, Sättigung und Sättigungsgrad geordnet.

Der besprochene Aufbau von Fetten stellt nur die Endreaktionen dar. In den Zellen müssen auch die Baubestandteile (Glycerol und Fettsäuren) produziert und viele Fette später noch weiter umgewandelt (z.B. zu Phospho-Lipiden) werden. Alle aufbauenden Prozesse im Fett-Stoffwechsel nennen wir Lipogenese (lipos: Fett; geneses: Entwicklung, Reife).

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Stellen Sie die Gleichungen für die Bildung eines Triglycerids nur aus Buttersäure als Fettsäure auf!
- 2. Fassen Sie die drei Einzelgleichungen zu einer Gesamtgleichung zusammen! (Stoffe, die auf beiden Seiten auftauchen, werden rausgestrichen!)

für die gehobene Auspruchebene:

- 3. Stellen Sie die Gleichungen der Veresterungen für die nachfolgenden Ausgangsstoff-Kombinationen auf!
 - a) Ethanol + Phosphorsäure b) Ethanol + Essigsäure c) Glycerol + Schwefelsäure
- 4. Klären Sie den Aufbau der folgenden Triglyceride:
 - a) Trilinolenin b) Distearo-olein
- c) Palmito-dilinolenin
- d) Stearo-linolo-arachnidin
- e) Mystino-arachino-linolenin

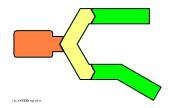
Exkurs: weitere Einteilungsmöglichkeiten

nach dem Anteil verschiedener Fettsäuren in einem Triglycerid: reinsäurig:

- einsäurige Triglyceride: enthalten nur eine Art Fettsäure im Molekül gemischtsäurig:
 - zweisäurige Triglyceride: enthalten zwei verschiedene Fettsäuren im Molekül (mind. eine FS ist also doppelt)
 - dreisäurige Triglyceride: enthalten drei verschiedene Fettsäuren in einem Molekül Glycerid

3.1.2.2. Bildung von Lipoiden

In der belebten Natur spielen auch andere Triglyceride eine wichtige Rolle. Neben zwei Fettsäuren ist bei ihnen ein anderes Molekül an das Glycerol gebunden. Man spricht dann von **Lipoiden** - fettähnlichen Stoffen. Ein Beispiel ist das Lecithin. Nebenstehendes Modell zeigt ein Lecithin, das neben einer gesättigten und einer ungesättigten Fettsäure noch Phosphorsäure und Cholin (im Modell orange gekennzeichnet) enthalten.



Lecithin gilt als die "Kitsubstanz" in den Biomembranen (z.B. Zellmembran). In der Lebensmittel-Industrie wird es vorrangig als Emulgator (E 322) verwendet. Man findet Lecithin in Backwaren, Milchprodukten (z.B. Margarine), Schokoladenerzeugnissen, Fixprodukten (Instant-Erzeugnisse) und Futtermitteln.

Außerhalb des Lebensmittelbereiches verwendet man Lecithin in der Kosmetik-Industrie und bei der Produktion von Pflanzenschutzmitteln.

Ist nur Phosphorsäure angeestert, dann spricht man von Phospholipiden (auch: Phosphatide). Diese sind ein wichtiger Bestandteil der Biomembranen (z.B. Zellmembran). Sie sind durch das Vorhandensein von zwei scheinbar gegensätzlichen Eigenschaften in einem Molekül gekennzeichnet. Auf der einen Seite sind sie – typisch für Fette – natürlich fettlöslich. Auf der anderen Seite sind sie dagegen wasserlöslich. In den Zellen stellen Phosphatide die Transportform von Fettsäuren und Fetten dar.

In wieder anderen Lipoiden ist als dritter Stoff (neben den zwei Fettsäuren) ein Kohlenhydrat gebunden. Die resultierende Stoffgruppe sind die Glykolipide. Auch diese findet man in den Biomembranen. Allerdings übernehmen sie hier mehr Rezeptor-Funktionen ("Antennen", Sinnesfunktionen).

Einzelne Lipoide werden weiter hinten bei den Fett-verwandten Stoffen (\rightarrow 3.1.6. Fett-verwandte Stoffe) etwas ausführlicher vorgestellt.

Aufgaben:

- 1. Stellen Sie die Gleichungen für die Bildung eines Triglyceris nur aus Buttersäure als Fettsäure und einmal Phosphorsäure auf! Zu welcher Gruppe von Lipiden | Lipoiden gehört dieses Triglycerid? Begründen Sie Ihre Aussage!
- 2. Fassen Sie die drei Einzelgleichungen zu einer Gesamtgleichung zusammen! (Stoffe, die auf beiden Seiten auftauchen, werden rausgestrichen!)
- 3. Skizzieren Sie sich die Strukturformel von Lecithin ab und kennzeichnen Sie durch farbiges Einkreisen die Bauelemente! Kennzeichnen Sie mit anderen Farben die fett-freundlichen und die eher wasserfreundlichen Molekülregionen! Leiten Sie dies aus den bekannten Baustein-Eigenschaften ab!

für die gehobene Anspruchebene:

4. Warum eignen sich Phospholipide besonders gut zum Aufbau einer Biomembran (Doppelmembran (z.B. Zellmembran))?

3.1.2.0.1 Übersicht über die fettbildenden Fettsäuren

gesättigte Fettsäure

exakter chemischer Name	Trivialname	Anzahl C-Atome	Anzahl Doppelbin- dungen	Position(en) der Doppelbindung(en)	Kurzbezeichnung
Butansäure	Buttersäure	4	0	-	4:0
Pentansäure	Valeriansäure	5	0	-	
Hexansäure	Capronsäure	6	0	-	6:0
Heptansäure	Oenanthylsäure	7	0	-	
Octansäure	Caprylsäure	8	0	-	8:0
Decansäure	Caprinsäure	10	0	-	10:0
Dodecansäure	Laurinsäure	12	0	-	12:0
Tetradecansäure	Myristinsäure	14	0	-	14:0
Hexadecansäure	Palmitinsäure	16	0	-	16:0
Octadecansäure	Stearinsäure	18	0	-	18:0
Eicosansäure	Arachinsäure	20	0	-	20:0
Docosansäure	Behensäure	22	0	-	22:0
Tetracosansäure	Lignocerinsäure	24	0	-	24:0
Hexacosansäure	Cerotinsäure	26	0	-	26:0
Octacosansäure	Montansäure	28	0	-	28:0
Triacontansäure	Melissinsäure	30	0	-	30:0

ungesättigte Fettsäure

exakter chemischer Name	Trivialname	Anzahl C-Atome	Anzahl Doppelbin- dungen	Position(en) der Doppel- bindung(en)	Kurzbezeichnung	
5-Dodecensäure	Lauroleïnsäure	12	1	5	12:1 (5)	
9-Tetradecensäure	Myristoleïnsäure	14	1	9	14:1 (9)	
9-Hexadecensäure	Palmitoleïnsäure	16	1	9	16:1 (9)	
9-Octadecensäure	Ölsäure	18	1	9	18:1 (9)	
9-Eicosensäure	Gadoleïnsäure	20	1	9	20:1 (9)	
13-Dodecensäure	Erucasäure	22	1	13	22:1 (13)	
9,12-Octadecadiensäure	Linolsäure	18	2	9, 12	18:2 (9, 12) 18:2, Omega-6	essentiell
9,12,15-Octadecatriensäure	α-Linolensäure	18	3	9, 12, 15	18:3 (9, 12, 15) 18:3, Omega-3	essentiell
6,9,12- Octadecatriensäure	γ-Linolensäure	18	3	6, 9, 12	18:3 (6, 9, 12) 18:3, Omega-6	essentiell
5,8,11,14-Eicosatetraensäure	Arachnidonsäure	20	4	5, 8, 11, 14	20:4 (5, 8, 11, 14) 20:4, Omega-6	essentiell
5,8,11,14,17-Eicosapentaensäure		20	5	5, 8, 11, 14, 17	20:5 (5, 8, 11, 14, 17) 20:5, Omega-3	
4,7,10,13,16,19-Docosahexaensäure		22	6	4, 7, 10, 13, 16, 19	22:6 (4, 7, 10, 13, 16, 19) 22:6, Omega-3	

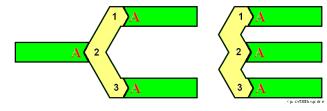
3.1.2.1. Vielfalt der Fette

(Makroskopische) Einteilungsmöglichkeiten für Fette sind die Herkunft, Farbe, Geschmack oder Aggregatzustand. Viele Fette sind Gemische aus verschiedenen Fett-Molekülen. Die unterschiedlichen Moleküle ergeben sich durch die verschiedenen Fettsäuren, die jeweils an den Hydroxyl-Gruppen angebunden werden können. Somit ergeben sich - neben der Einteilung über die gesättigten und ungesättigten Fettsäuren - noch weitere submikroskopische Einteilungs- und Unterscheidungsmöglichkeiten für Fette.

In natürliche Fetten kommen immer nur wenige verschiedene Fett-Moleküle vor. Oft ist dies sogar nur eine Art. Die Fett-Moleküle sind für das Fett charakteristisch und bestimmen letztendlich den typischen Geschmack. Dazu kommen noch natürliche Farb- und Geschmacksstoffe.

Bei künstlicher Herstellung oder Manipulation (Veränderung) der Moleküle nehmen die Variationsmöglichkeiten normalerweise zu. Betrachten wir einige Fälle um den Sachverhalt deutlicher darzustellen.

Sind die Bindungsstellen am Glycerol alle mit der gleichen Fettsäure A beladen, dann kann nur ein Fett entstehen. Das Fett könnte den Code AAA bekommen. Dieser Code soll bedeuten, dass an allen drei Bindungsstellen (1,2 u. 3) jeweils die Fettsäure A angelagert ist.



In der Chemie bezeichnet man die äußeren Bindungsstellen (1 u. 3) mit α und α' . Die mittlere (2) erhält die Kennzeichnung β . Dabei ist es unerheblich, ob man das E- oder Y-Modell für ein Fett-Molekül benutzt.

In unserem nächsten Beispiel sollen die Fettsäuren A und B angebunden sein (→ gemischtsäuriges Triglycerid). Hierfür ergeben sich folgende Codes – je nachdem welche Fettsäure zufällig an welche Andockstelle bindet:

AAB ABA BAA ABB BAB BBA

und auch die Sonderfälle (einsäurige Triglyceride):

AAA BBB

sind möglich.

Es sind also theoretisch acht Möglichkeiten des Molekülbaus denkbar. Betrachtet man den ersten und den dritten Fall aber genauer, dann stellt man fest, dass sie nur spiegelbildlich sind. Da sich die Moleküle in ihrer Originalumgebung aber frei bewegen, besteht praktisch also kein Unterschied. Insgesamt ergeben sich nur vier verschiedene Molekülarten (AAB, ABB u. BAB) bei zwei verschieden Fettsäuren zuzüglich der zwei Sonderfälle (AAA u. BBB).

Schauen wir uns noch ein weiteres Beispiel an. Hier sollen drei verschiedene Fettsäuren (A,B und C) angelagert werden. Es ergeben sich die folgenden Varianten:

ABC ACB BAC BCA CBA CAB

von denen nur:

ABC ACB BAC

wirklich unterschiedliche Moleküle darstellen.

In den Zellen sorgen Enzyme für immer ähnliche bzw. gleiche Kombinationen der Fettsäuren am Glycerol. So werden charakteristische Fett-Moleküle (Triglyceride) gebildet, die in der Mischung dann das typische tierische oder pflanzliche Fett ergeben. Geschmack und Konsistenz werden entscheidend davon beeinflusst.

Aufgaben:

1. In einem Becherglas mit reichlich Glycerol- und Fettsäure-Molekülen (Fettsäuren X. Up und Z.) herrschen solche Bedingungen, dass Fette gebildet werden können. Wieviele verschiedene Fett-Moleküle könnten im Becherglas entstehen? Begründen Sie ihre Meinung!

Für Freaks:

2. Wieviele Jett-Moleküle könnten bei Vorhandensein von 4 Jettsäuren gebildet werden?

Die Öle alter Raps-Sorten enthielten bzw. enthalten sehr große Mengen an Erucasäure. Diese verleiht dem Öl einen aufdringlichen – und als unangenehm empfundenen – Geschmack. Ein hoher Erucasäure-Anteil ist auch gesundheitlich bedenklich. Moderne Sorten wurden weitgehend Erucasäure-frei gezüchtet. Statt der Erucasäure sind in den Fetten nun Linol- und Ölsäure eingebaut. Deshalb wird heute auch vermehrt Raps-Öl im Lebensmittelhandel angeboten und uns als sehr gesund angepriesen. Trotz alledem ist der Geschmack von Raps-Öl sehr prägnant und wird nicht von Jedem als angenehm wahrgenommen.

prozentuale Verteilung der Fettsäuren in Fetten

Fettsäuren	gesättigte						ungesättigte							
Fett	Buttersäure C4	Laurinsäure C12	Myristinsäure C14	Palmitinnsäure C16	Stearinsäure C18		andere (od. gesamt)		Ölsäure C18:1	Linolsäure C18:2	Linolensäure C18:3	andere (od. gesamt)	gesamt einfach ungesättigt	gesamt mehrfach ungesättigt
Walöl				18	1		10		32	5		16		
Olivenöl			2	11- 15	2				71- 74	7-8	1	1-2		
Oliven-Trester-Öl (Fritieröl)				11					69	11- 12	1			
Sonnenblumenöl			<1	5-6	2		1		25- 27	62- 65	<1			
Leinöl				7	3				18	14	58			
Walnussöl							9						17	66
Sesamöl				9			14		38	43	1		37	40
Mandelöl				6					64	24	<1			
Maisöl				10					30	54	1			
Haselnussöl				5					80	10	<1			
Färberdistelöl			<1	7					13- 14	73	<1			
Rapsöl				4					60	18	8			
Rapsöl (high oleic)				3					70	16	2			
Palmöl			1	42- 43					38	9				
Sojaöl			<1	10- 11					22	53	6			
Reisöl (Rice bran oil)			<1	18					38	31	<1			
Schweineschmalz			2	27	14				45	8		4		
Butter	3	3	9	27	10		9		30	4	1	4		
Rindertalg	-		1	30	20		4		39	3		4		
Kokosfett		48	15	9	3		17		6	2				
Biskin							12						21	59
Mazola Olivenöl							12						36	43
HOSO			<1	3					76- 77	13	<1			
Palmolein			1	39					41-	11	<1			

Datenquellen: unklare (widersprüchliche) Werte kursiv www.tomchemie.de/kennzahlenvonfetten.htm williswissensweb.hompage.t-online.de/Chemie1(Lebensmittel/SFettkennzahlen.html

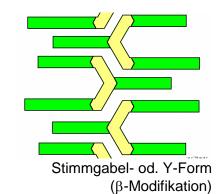
3.1.3. Eigenschaften der Fette

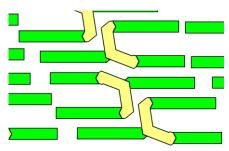
3.1.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften von Fetten

Bei den Fetten unterscheidet man je nach Aggregatzustand die festen Fette und die flüssigen (fetten) Öle. Maßstab hierbei ist, wie üblich der Charakter des Stoffes bei Zimmertemperatur (25 °C).

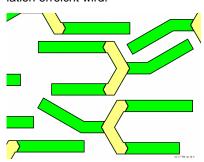
Der feste Zustand ergibt sich durch die geordnete Lage der einzelnen Fett-Moleküle zueinander. Es entsteht ein kristallartiges Gebilde. Die Moleküle liegen in der recht energiearmen und stabilen Stimmgabel- bzw. Y-Form vor. Bei Chemikern wird sie auch als β-Modifikation bezeichnet. Zwischen den Molekül-Resten herrschen relativ große Anziehungskräfte (VAN-DER-WAALS-Kräfte). Die Moleküle können sich deshalb kaum bewegen - sie liegen fest. Um den Stoff beweglicher - also flüssig - zu machen, muss Energie, z.B. in Form von Wärme zugeführt werden. Dann überwiegt die Bewegungs-Energie (kinetische Energie) die zwischenmolekularen Anziehungskräfte.

Besonders dicht – und damit besonders fest aneinander – liegen die Fett-Moleküle in Fett-Kristallen. Hier wird eine leicht verdrehte Lage des Glycerols diskutiert (β '-Modifikation). Diese ist möglich, da alle Bindungen in dieser Region Einfachbindungen sind. Sie sind allgemein frei drehbar. Die Molekülreste ordnen sich so an, dass eine möglichst energiearme Konstellation erreicht wird.





Stuhl-Form (β'-Modifikation)



Für die Fließeigenschaft von Ölen gibt es zwei mögliche Ursachen. Zum Ersten kann dies durch kurzkettige Fettsäuren bedingt sein, die nicht genügend Haftflächen untereinander besitzen und sich dadurch nicht so stark anziehen können. Die zweite Ursache kann der Anteil an ungesättigten Fettsäuren sein. Durch den geknickten Molekülbau können auch hier nicht die notwendigen dichten Packungen von Molekülen entstehen. Die relativ schwachen Anziehungskräfte (VAN-DER-WAALS-Kräfte) bedingen den flüssigen Zustand.

Die wohl einprägsamste Eigenschaft der Fette ist ihre Unlöslichkeit in Wasser. Diese beruht auf den wasserabweisenden Ketten der Fettsäuren. Man bezeichnet dies auch als wasserfeindlich bzw. hydrophob (hydro = Wasser; phobus = Feind). Das reine Glycerol ist noch in Wasser lösbar. Hierfür sorgen die alkoholischen Reste im Molekül. Durch die Veresterung von Glycerol und Fettsäuren werden diese wasserliebenden Molekül-Teile immer mehr von den wasserabweisenden Teilen abgeschirmt. Wasserliebende Teile werden auch wasserfreundlich bzw. hydrophil (philus = Freund) genannt.

Die Fette sind letztendlich nicht mehr wasserlöslich. Dafür lösen sie sich in anderen - ebenfalls wasserfeindlichen Lösungsmitteln - wie Benzin, Benzen (Benzol), verschiedenen Ethern und Tetra(-chlorcohlenstoff). Solche Stoffe (auch Lösungsmittel, Molekül-Regionen usw.) nennen wir auch fettfreundlich (lipophil, lyophil).

Einige wenige Lösungsmittel sind durch ihren speziellen Bau sogar in der Lage, sowohl Fette als auch Wasser zu lösen. Man denke nur an Alkohol und das Aceton (Hauptbestandteil in Nagellack-Entfernern).

Stoffe oder Molekülbereiche die sich gut in Fetten oder unpolaren Lösungsmitteln lösen, werden lipohil (fettfreundlich) genannt. Lipophobe Stoffe oder Molekülbereiche sind dementsprechend fettfeindlich – also hydrophil.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Stellen Sie Thesen (Voraussagen mit Begründung) auf, wie der Molekülbau von Alkohol und Aceton aussehen müsste!
- 2. Suchen Sie sich aus dem 7afelwerk oder anderen geeigneten Zuellen die Strukturformeln für Alkohol (Ethanol) und Aceton heraus!
- 3. Prüfen Sie Ihre Thesen an den realen Strukturen!

Das Mischen von Öl und Wasser ergibt ein gewohntes Bild. Das Öl (meist leicht gelblich oder grünlich) setzt sich deutlich auf dem Wasser ab. Es entstehen zwei Phasen. Phasen sind Bereiche mit gleichmäßigen / gleichartigen (homogenen) Eigenschaften, die sich hinsichtlich einer oder mehrerer Eigenschaften deutlich von der Umgebung abgrenzen. An der Phasengrenze kommt es zur sprunghaften Veränderung einer oder mehrerer Eigenschaften.

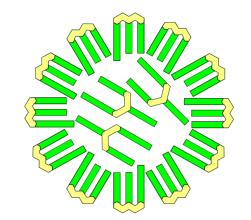
Versucht man Öl und Wasser durch intensives Schütteln doch zu mischen, dann entsteht eine trübe Mischung von kremiger Konsistenz.

Die trübe Mischflüssigkeit nennt man **Emulsion**. Sie ist die Verteilung kleiner oder kleinster Tröpfchen des einen Stoffes in einem anderen. Die Tröpfchen können sich durch die ihnen eigene Oberflächenspannung stabilisieren. Bei Fetten ist dies besonders dadurch möglich, dass die Moleküle sich intern verdrehen.

Alle wasserfeindlichen (fettfreundlichen) Molekül-Teile lagern sich auf einer Seite an.

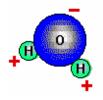
Dadurch wird auf der anderen Seite der wasserfreundliche (fettfeindliche) Teil (Glycerol) frei. Die Moleküle ähneln jetzt dem Buchstaben E, wobei der senkrechte Strich den Glycerol-Teil darstellt. Die drei waagerechten Striche entsprechen den Fettsäuren. Die so verdrehten Fett-Moleküle lieben auf der einen Seite Wasser, auf der anderen Seite Fett. Durch das Schütteln ordnen sich die Moleküle nun so an, das sich "Gleich und Gleich" zueinander gesellen.

(Sprichwort: "Gleich und Gleich gesellt sich gern"; Chemische Lösungsregel: "Gleiches löst sich immer in Gleichem").



Cps d2 98t spr dr

Wasser ist ein polarer Stoff. Die Moleküle enthalten teilweise positiv geladene Regionen an den Wasserstoff-Atomen und eine teilweise negativ geladene Region am Sauerstoff-Atom. Polare und VAN-DER-WAALS-Kräfte sind zueinander nicht kompatibel. (Genaueres zu Wasser finden Sie im Abschnitt → 3.7. Wasser)



Im Inneren des Tröpfchens bleiben die Fett-Moleküle unverändert in ihrer **Y**-Form (auch Stimmgabel-Form).

Je nach Wasser- und Fett-Anteil unterscheidet man **Fett-in-Wasser-Emulsion**en bzw. **Wasser-in-Fett-Emulsion**en. Obige Abbildung steht für eine Fett-in-Wasser-Emulsion.

Kleine Tröpfchen sind bei Emulsionen ideale Gebilde. Im Inneren z.B. fettliebend, nach außen wasserfreundlich und damit in Wasser "löslich". Emulsionen sind nur begrenzt beständig. In der **stabilen Emulsion** bewegen sich die Tröpfchen verlangsamt. Durch die wirkende Erdanziehungskraft wandert der leichtere Stoff langsam nach oben. Man spricht von **Verrahmung**. Treffen sich mehrere Tröpfchen, fließen sie zusammen (**Aggregation**). Die Tröpfchen wachsen

dabei zu Tropfen, nehmen immer neue Tröpfchen in sich auf, bis schließlich alle Tröpfchen wieder vereint (**Koaleszenz**) sind. Im Extremfall kommt es zum Brechen der Emulsion – es bilden sich (weitgehend) die ursprünglichen Phasen zurück.

Bei einem erhöhten Wasseranteil im Fett kommt es zur Hydrolyse des Fettes. Dabei zerfällt das Fett in seine Baubestandteile Glycerol und Fettsäuren. In den Zellen wird dieser Vorgang von Enzymen gefördert.

Die Hydrolyse wird im basischen Milieu (z.B. Natronlauge) gefördert. Dies wird vor allem bei chemisch-technischen und technologisch bedingten Abbau-Vorgängen genutzt. Als Reaktionsprodukte werden dann u.U. auch Salze der Fettsäuren gebildet – sogenannte Seifen.

Enthielt das Fett-Molekül nur Stearinsäure als Fettsäure-Komponente, dann entsteht ausschließlich die Seife Natriumstearat. Die basische Hydrolyse eines Fettes, welches nur Ölsäure enthält, mit Kaliumhydroxid (Kalilauge) ergibt Kaliumoleat.

In der Seifen-Industrie werden Abfallfette oder andere billige Fett-Quellen zur Seifen-Produktion verwendet. Unter hohem Druck werden die Fette ausgelöst und mit Wasser hydrolysiert. Durch Einsatz von Katalysatoren (z.B. MnO, CuO) wird die Ausbeute zusätzlich erhöht. Die Fettsäuren werden dann mit heißer Kali- oder Natronlauge bzw. einer Soda-Lösung als Salze ausgefällt.

Früher wurden die Fette gleich mit Soda (Na₂CO₃) ausgekocht.

In lebenden Zellen werden Glycerol und Fettsäuren aus der Hydrolyse in verschiedene Stoffwechsel-Prozesse eingeschleust. Dazu gehören z.B. die Energie-gewinnenden Vorgänge der Zellatmung (Eintrittspunkte: Glycerol als Triose-Phosphat in die Glycolyse; Fettsäuren als Acetyl-Coenzym A (aktivierte Essigsäure) in den Zitronensäure-Zyklus). Weiterhin werden in assimilatorischen Vorgängen körpereigene Fette (Lipide) und Lipoide (Fett-ähnliche Stoffe) synthetisiert.

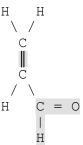
In unpolaren Lösungsmitteln, wie Benzin und Tetra(chlorkohlenstoff), lösen sich Fette meist sehr gut. Zwischen den Lösungsmittel- und den Fett-Molekülen können sich recht starke VAN-DER-WAALS-Kräfte aufbauen, die für eine gute Mischbarkeit ineinander verantwortlich sind.

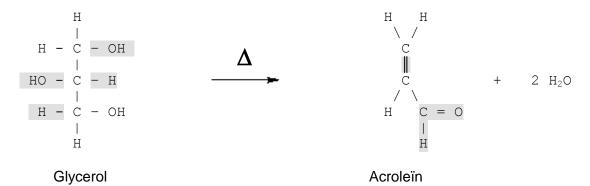
Für alle Fette sind relativ hohe (im Vergleich zu Wasser) Siedetemperaturen charakteristisch. Diese liegen im Allgemeinen zwischen 180 und 350 °C. Dies liegt an den relativ großen Molekülen, für die eine größere Energiemenge notwendig ist, um sie in der gasförmigen Phase zu bewegen. Weiterhin sorgen die VAN-DER-WAALS-Kräfte über die ganze Breite der Fettsäure-Moleküle für einen guten Zusammenhalt, der eben durch Energiezugabe gebrochen werden muss

Viele Fette beginnen bei hohen Temperaturen an zu "Rauchen". Sie befinden sich an der Grenze zur eigenen Zersetzung und zum Verbrennen. Der Rauchpunkt (Temperatur, bei der sich das Fett unter Rauchentwicklung zersetzt (bei Erhitzung an der Luft)) ist für die unterschiedlichen Fette charakteristisch (typisch 200 – 230 °C).

Angebrannte und verrauchte Fette sind verdorben. Sie geben einen beißenden Geruch ab und der Rauchpunkt liegt deutlich unter dem unverdorbener Fette (ungefähr bei 170 °C).

Der beizende Geruch (nach Frittenbude, "MacDonalds"-Geruch) stammt vom Acrolein (exakter: Propenal). Es entsteht, wenn Glycerol-Moleküle zu hoch oder zu lange erhitzt werden. Acrolein ist giftig, tränen- und schleimhautreizend. Es steht unter Verdacht, Krebs verursachen zu können. Acrolein kann auch keine Fettsäuren binden. Es kommt wegen der nun freien (, überzähligen) Fettsäuren zu einer Versäuerung des Fettes (sinkender pH-Wert).





Die Fettsäure-Moleküle können durch Hitze oder Bakterien zu kleineren Molekülen umgewandelt werden. Dabei entsteht Buttersäure. Ihr Geruch ist sehr stark und unangenehm (ranzig). Menschen können schon wenige Moleküle wahrnehmen. Fette mit Anteilen an freier Buttersäure werden als verdorben (ranzig) empfunden.

Sehr heiße Fette können sich entzünden und mit leuchtender und mehr oder weniger rußender Flamme abbrennen.

Während der vollständigen Verbrennung bei ausreichend vorhandenem Sauerstoff entstehen nur Cohlendioxid und Wasser.

$$C_3H_5O_3$$
- $(OC-C_3H_7)_3 + 18 \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow 15 CO_2 + 13 H_2O_3$

Erst bei Sauerstoffmangel erhöht sich der Ruß-Anteil (Ruß ist reiner Cohlenstoff). Meist entsteht dann auch noch das giftige Cohlenmonoxid. (Anteile in der folgenden Gleichung willkürlich gewählt)

$$C_3H_5O_3$$
- $(OC-C_3H_7)_3 + 11 O_2$ \longrightarrow 5 $CO_2 + 5 CO + 5 C + 13 $H_2O$$

Fette können selbst auch als Lösungsmittel dienen. Interessant ist vor allem die Fähigkeit ätherische Öle (Duft- und Aromastoffe) und einige Vitamine zu lösen. Im Prinzip können Fette nur unpolare Stoffe lösen. Dazu gehören Benzin, Tetra(chlorcohlenstoff) usw. Dies ist dann bedeutsam wenn z.B. Lebensmittel mit solchen Stoffen in Kontakt kommen.

Fett mit ungesättigten Fettsäuren neigen zu einer starken Autooxidation. Diese ist umso stärker, je mehr Doppelbindungen enthalten sind. Bei der Autooxidation reagiert der Sauerstoff an den Doppelbindungen unter Bildung von Peroxiden. Diese sind sehr reaktionsfähig. Da der Reaktionsmechanismus radikalisch (unter Bildung und Weitergabe von Radikalen) abläuft, kommt es u.a. zu Kettenbrüchen und Vernetzungen der Fettsäuren untereinander.

Durch Autooxidation kommt es wegen des Wegfalls der Doppelbindung – und der ev. auftretenden Vernetzung (inter- und intramolekulare Brücken) zwischen den Fettsäuren – zur Fetthärtung. Eine weitere Möglichkeit der Fetthärtung ist die Hydrierung von ungesättigten Ölen. Auch sie beruhen auf der Umwandlung der Doppel- in Einfachbindungen. Nur wird hier eben Wasserstoff unter Anwesenheit eines Katalysators benutzt.

Die ungesättigten Fettsäuren werden also in gesättigte umgewandelt – die Fette bleiben weiterhin für die Ernährung nutzbar.

Aufgaben:

- 1. Stellen Sie die chemische Gleichung für die Umwandlung von Glycerol in Acrolein (in einem Schritt) auf!
- 2. Skizzieren Sie die Anordnung der Fettmoleküle (um ein Wasser-Tröpfchen) in einer Wasser-in-Fett-Emulsion!
- 3. Stellen Sie die chemischen Gleichungen für die Hydrolyse eines Fettes auf!
- 4. Warum ist die Hydrolyse von Fetten eigentlich im Lebensmittel-Bereich nicht gewünscht? Eigentlich sind doch Glycerol und Fettsäuren in monomerer Form viel besser resorbierbar (in unserem Darm aufnehmbar).

für die gehobene Anspruchsebene:

5. Stellen Sie die chemische Gleichung für die vollständige Verbrennung von einem Fett mit drei Stearinsäure-Resten auf!

3.1.3.1.1. Reaktionen im Fett-Stoffwechsel

Was in der Chemie recht einfach erscheint, läuft in biologischen System meist deutlich komplizierter ab. Dies liegt vorrangig an den recht eingeschränkten Reaktionsbedingungen. Die Temperatur liegt im Bereich der Körper-Temperatur und auch andere Parameter, wie pH-Wert, Wasser-Anteil usw. usf. können innerhalb einer Zelle nur geringfügig variieren. Nur mit Hilfe von Enzymen (Biokatalysatoren) können die Reaktionen bei Zell-typischen Bedingungen ablaufen. Die Natur hat in der Evolution dabei spezielle Wege für Synthese und Zerlegung von Stoffen – hier eben die Fette – entwickelt, die aus Mensch-logischer Sicht nicht immer nachvollziehbar sind.

Fett-Bildung / Lipogenese

Die Synthese von Fetten (Triglyceriden) läuft in den Zellen prinzipiell, wie die rein chemisch betrachtete im vorigen Abschnitt. Der zelluläre Stoffwechsel wird in jedem Reaktionsschritt von einem Enzym (→ ☐ Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel) unterstützt, um die Reaktion auch unter den zellulären Bedingungen zu ermöglichen.

Ausgangspunkt für die Fett-Synthese ist ein aktiviertes Glycerol-Molekül (Glycerol-3-phosphat), was aus der Glycolyse (\rightarrow \square Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel) abgezweigt wird. Die Glycolyse ist der Zerlegungungs-Vorgang von Glucose (Traubenzucker, Blutzucker) zum Zwecke der Energie-Gewinnung. Durch den Phosphat-Rest (Säure-Rest-Ion der Phosphorsäure) ist das Glycerol deutlich Energie-reicher – also aktiviert.

Auch die Fettsäure muss aktiviert sein. Hier ist es allerdings ein Coenzym (notwendiger Baustein für ein arbeitsfähiges Enzym), das diese Aktivierung repräsentiert. Das Coenzym heißt A und wird zumeist in abgekürzter Form in chemischen Gleichungen geführt: CoA od. Co A

Die aktivierenden Bausteine werden zur Abgrenzung häufig statt mit einem Bindungsstrich mit einer Tilde (~, Wellenlinie) angebunden.

Glycerol-3-phosphat Coenzym-gebundene Monoglyceridphosphat Coenzym A Fettsäure

Der zweite Substitutionsschritt läuft völlig analog ab. Eine weitere Coenzym-gebundene Fettsäure wird an der freien Hydroxyl-Gruppe gebunden.

Coenzym-gebundene Monoglyceridphosphat Diglyceridphosphat Coenzym A Fettsäure

Am gebildeten Diglycerid ist nun keine frei Hydroxyl-Gruppe mehr vorhanden. Sie ist noch vom Phosphat-Rest "blockiert". Im nächsten Schritt wird der Phosphat-Rest abgespalten.

Diglyceridphosphat Wasser Diglycerid Phosphorsäure

Im letzten Synthese-Schritt wird nun die dritte Coenzym-gebundene Fettsäure an der freien Hydroxyl-Gruppe des Diglycerids verestert.

Diglycerid Coenzym-gebundene Triglycerid Coenzym A Fettsäure

<u>Aufgaben:</u>

1. Stellen Sie die chemischen Gleichungen für die Biosynthese eines Triglycerids aus Buttersäure auf!

2.

3.1.3.2. Biologische Eigenschaften der Fette und ihre Bedeutung

Fette sind die Stoffe mit der höchsten Energiedichte. In einem Gramm speichern Fette rund 39 kJ (physiologische Verbrennungswärme). Dies ist der doppelte Betrag im Vergleich zu Kohlenhydraten und Proteinen. Deshalb werden Fette in Lebewesen oder Überdauungsorganen (Samen) so häufig als Speichermaterial verwendet. Weitere Vorteile hierfür sind die Wasserunlöslichkeit und die Unabhängigkeit vom Gefrierpunkt. Es ist egal ob Fette im flüssigen oder festen Zustand vorliegen. Dadurch sind Fette sehr beständige und praktische Speicherstoffe.

Nun in wenigen Fällen wird Fett direkt zur Energiefreisetzung genutzt. In unserem Körper ist hierzu nur das Herz in der Lage. Ansonsten sind es vor allem die Buttersäure-Bakterien, die Fette direkt zur Energiegewinnung nutzen. Das Abfallprodukt dieser Prozesse ist die Buttersäure mit ihrem sprichwörtlichen unangenehmen, ranzigen Geruch. Diese Bakterien kommen beim Menschen auch in den Talkdrüsen vor, wo sie mit anderen Bakterien-Abgasen einen wesentlichen Teil des Körpergeruchs verursachen.

In den meisten Zellen können Fette nicht direkt als Energielieferant dienen. Sie müssen entweder in einfache Kohlenhydrate oder in eine spezielle Form der Essigsäure (Acetyl-CoA, enzymgebundene Essigsäure (am Coenzym A gebundenen)) umgewandelt werden.

Im festen und flüssigen Zustand bieten sie einen guten mechanischen Schutz und die Wärmeisolation von Fettschichten ist sprichwörtlich.

In allen Zellen sind Fette bzw. ihre Abkömmlinge wichtige Baustoffe. Sie sind unverzichtbarer Bestandteil aller Membranen (Hüllen) um die Zellen und vieler ihrer Organellen. Hierfür sind auch die ungesättigten Fettsäuren von größter Bedeutung. Sie sind unbedingt notwendig. Leider können sie von den Zellen in unserem Körper nur zum Teil hergestellt werden. Wir sind auf die Zufuhr durch eine passende Ernährung angewiesen. Diese mehrfach ungesättigten Fettsäuren werden auch als essentielle Fettsäuren bezeichnet. Essentiell bedeutet in diesem Zusammenhang, sie sind für die gesunde Lebensführung unbedingt notwendig und müssen unbedingt über die Nahrung aufgenommen werden. Die wichtigste Quelle für essentielle Fettsäuren sind Pflanzen. Ihre Fette - oder besser Öle - sind meist stark mit ungesättigten Fettsäuren angereichert.

Fett	Gehalt Linolsäure [%]		
Baumwollsaatöl	33 – 58		
Butter	2 – 3		
Erdnussöl (afrikanisch)	13 – 26		
Erdnussöl (argentinisch)	38 – 40		
Haushaltsmargarine	6 – 25		
Kokosfett	1 – 3		
Maiskeimöl	34 – 62		
Olivenöl	4 – 20		
Palmkernfett	1		
Palmöl	6 – 12		
Pflanzenmargarine	25 – 35		
Rapsöl (Erucasäure-arm)	18 – 24		
Rindertalk	1 – 5		
Schweineschmalz	3 – 16		
Sojaöl	35 – 65		
Sonnenblumenöl	55 – 65		
Weizenkeimöl	44 – 65		

Exkurs: Cholesterin

Neben den Fettsäuren ist das Cholesterin der wichtigste Baustoff der Zellmembranen. Im Körper gibt es einen relativ stabilen Cholesterin-Spiegel. Er setzt sich aus dem selbstproduzierten (1000 bis 1500 mg/d) und dem mit der Nahrung aufgenommenen (300 bis 800 mg/d) Cholesterin zusammen. Selbst bei übermäßigem Angebot von Cholesterin in der Nahrung kann der Körper die aufgenommene Menge auf 300 mg/d einschränken. Die Eigenproduktion ist vom Bedarf im Körper abhängig.

Das Märchen vom gefährlichen Cholesterin in Eiern und fetthaltigen Nahrungsmitteln stammt aus wissenschaftlich unhaltbaren Versuchen (Fütterung von Kaninchen mit Eiern und Hirn) und fehlerhaften bzw. gefälschten Studien (Korrektur und Verschleierung der Originaldaten mit statistischen Methoden). Durch unüberprüfte Übernahme der "Ergebnisse" solcher Studien und nach der Methode "Oft gehört - gern geglaubt" ((popularistischer Effekt) Befürworter wurden (in diesem Beispiel) mehr als sechsmal so häufig zitiert als Gegner) kamen die Falschaussagen in die Öffentlichkeit.

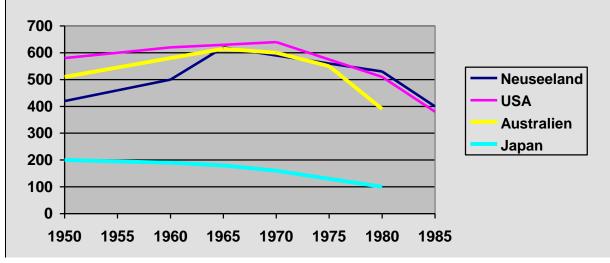
Heute gibt es keine gesicherten wissenschaftlichen Beweise für eine gesündere Ernährung durch cholesterinarme Nahrung.

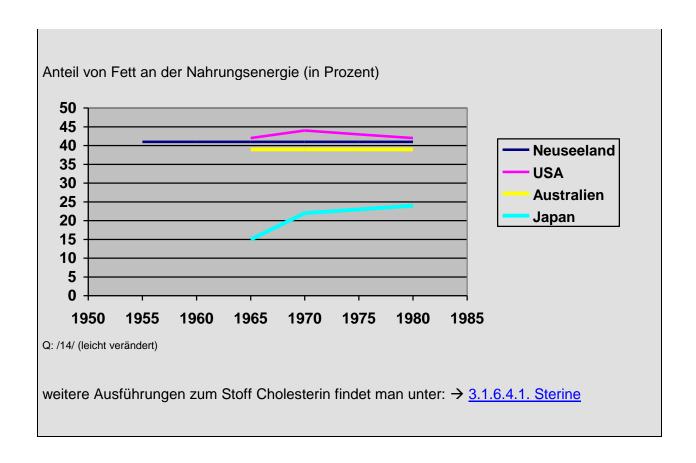
Wissenschaftlich belegt ist dagegen, dass ein niedriger Cholesterin-Spiegel auch einen niedrigeren Serotonin-Spiegel bewirkt. Serotonin ist ein Botenstoff, der vorrangig im Gehirn wirkt. Viel Serotonin wirkt ausgleichend, zu wenig wirkt depressiv und verhindert die Unterdrückung von aggressiven Verhalten. Besonders bei Selbstmördern wurde häufig ein geringerer Cholesterin- bzw. Serotonin-Pegel festgestellt.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Werten Sie das obere Diagramm aus! (Machen Sie Aussagen zu den Grundtendenzen in den einzelnen Ländern und für alle Länder zusammen)
- 2. Werten Sie das untere Diagramm aus! (Machen Sie Aussagen zu den Grundtendenzen in den einzelnen Ländern und für alle Länder zusammen)
- 3. Interpretieren Sie beide Diagramme gemeinsam!

Todesfälle durch koronare Herzerkrankungen (auf 100000 Einwohner)

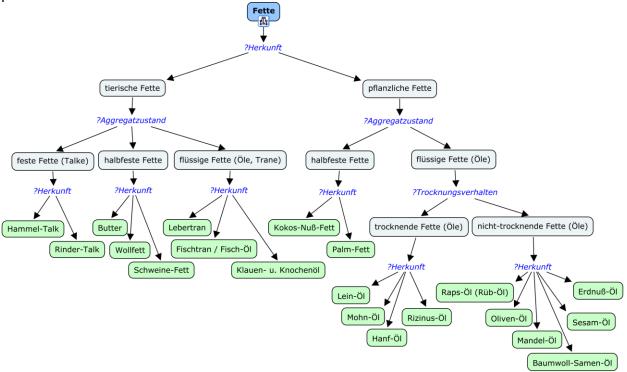




3.1.3.3. Technologische Eigenschaften der Fette und ihre Nutzung

Unter den technologischen Eigenschaften wollen wir die nutzbaren und die genutzten Eigenschaften der Stoffe betrachten. Als Nutzungsbereich soll vor allem die Ernährung, die Zubereitung und Verarbeitung von Nahrungsmitteln betrachtet werden. Oft ist es schwer, eine einzelne Eigenschaft für eine bestimmte Nutzung verantwortlich zu machen. Hier wird dann meist von der Haupteigenschaft ausgegangen.

Schmelztemperatur: Die Schmelztemperaturen reiner Fette varieren von ungefähr -20 bis +50 °C. Besonders für die Einteilung und indirekt für die Verwendung wird gerne die Schmelztemperatur verwendet.



Siedetemperatur: Die relativ hohen Siedetemperaturen machen Fette zum idealen Wärme- überträgern bei der Zubereitung. Beim Braten, Frittieren usw. werden die Nahrungsmittel sehr hohen Temperaturen ausgesetzt. Die Poren - z.B. bei Fleisch - schließen sich sofort − besser gesagt, die äußeren Schichten gerinnen und verhärten. Es bildet sich eine mehr oder weniger undurchlässige Kruste. Dadurch werden die wertvollen Inhaltsstoffe vor dem Austreten bewahrt. Durch das gemeinschaftliche hohe Erhitzen mit anderen Stoffen (z.B. Kohlenhydrate, Eiweiße) kommt es zu weiteren chemischen Reaktionen, in deren Folge viele Farb- und Geschmacksstoffe entstehen. Die Kruste ist ein wesentlicher Geschmacksgeber (Röststoffe) vieler Speisen. Auch innerhalb der Moleküle − hier vorrangig an den Doppelbindungen der so wichtigen essentiellen Fettsäuren (→ Fetthärtung) − kann es zu chemischen Veränderungen kommen. Sie reichen von Hydrierungen über Oxidationen bis zur Bildung mesomerer Verbindungen (trans-Fettsäuren) (→ 3.1.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften von Fetten).

Nicht alle diese Stoffe sind unbedingt gesundheitlich unbedenklich. Aber da sie meist nur in extrem geringen Mengen vorkommen, überwiegen die Geschmack-bestimmenden Verwendungszwecke.

Beim Erhitzen in fettiger Umgebung werden zum Anderen durch die hohen Temperaturen die Eiweiße schneller denaturiert (geronnen). Die Garzeiten sinken und letztendlich andere Inhaltsstoffe nicht so stark zerstört. Hohe Temperaturen (beim Frittieren rund 180°C) können aber auch viele gewünschte Stoffe (z.B. Vitamine) zerstören. Ein Kompromiß zwischen beiden Effekten wird meist durch eine optimale Zubereitungszeit geeignete Gar-Temperaturen und erzielt.

Durch das Braten, Fritieren usw. in Fett steigt der Fettgehalt der zubereiteten Lebensmittel beachtlich.

Fette, die z.B. relativ viel Eiweiß enthalten (Butter, verschiedene Margarinen und Halbfettmargarinen) dürfen sowieso nicht so hoch erhitzt werden. Bei ihnen verbrennen dann die verschiedenen Inhaltsstoffe. Meist sind solche Fette nicht zum Braten, Frittieren usw. geeignet. Im Fall der Butter ergibt sich durch gezieltes Erhitzen die sogenannte braune Butter, die wegen der Würze und des Geschmackes bei vielen Speisen beliebt ist.

Auf Grund verschiedener Baumerkmale und Zusammensetzung sind die verschiedenen Öle und Fette ganz unterschiedlich z.B. zum Frittieren geeignet.

Als Maß wird die relative Frittierbeständigkeit verwendet.

Neigung zum Rauchen: Wie schon erwähnt, neigen die Fette bei höheren Temperaturen zum Rauchen. Der Rauchpunkt ist dabei die Temperatur, bei der sich ein Fett an der Luft unter Rauchbildung zersetzt.

Bei höheren Temperaturen zerfallen die Fette in ihre Bestandteile. Die freigesetzten Fettsäuren bewirken das **Sauerwerden** des Fettes. Das Glycerol wird chemisch zum Acrolein umgewandet. Dieses macht den beißenden, ranzigen Geruch und Geschmack aus. Acrolein ist giftig, schleimhaut- und tränenreizend sowie cancerogen (Krebs-verursachend).

Alte und zu lange bzw. zu hoch erhitzte Fette enthalten durch Fettsäurespaltung freie Buttersäure. Solche Fette werden als ranzig (Buttersäure-Geruch) wahrgenommen. Sie sind für die menschliche Ernährung unbrauchbar (Ranzigwerden).

Lebensmittel	Fettgehalt	Fettgehalt
	in m%	in m%,
	(roh)	(frittiert)
Kartoffelchips	0,1	40
Pommes Frites	0,1	13
Barsch	1,2	13
Huhn	4	10
Berliner	5	22

Datenquellen: http://www.uni-giessen.de/fbr09/food/download/-Lebensmittellehre/MKE04/MKE04_04.pdf)

Fett	relative Fritier- beständigkeit (RFB)
Sonnenblumenöl	1,0
Sojaöl	1,0
Erdnussöl	1,2
Palmöl	1,5
Schweineschmalz	2,0
Sojaöl, gehärtet	2,3
Kokosfett	2,4
Erdnussöl, gehärtet	4,4

Datenquellen: http://www.uni-giessen.de/fbr09/food/download/-Lebensmittellehre/MKE04/MKE04_04.pdf)

Fett	Rauchpunkt [°C]
Oliven-Öl	138
Schmalz	160
Butter	175
Kokos-Fett	200
Mais-Öl	200
Rinder-Talk	210
Sonnenblumen-Öl	225

Datenquellen: /21, S. 391/

Brennbarkeit: Bei höheren Temperaturen oder direkten Flammenkontakt entzünden sich Fette. Können Fette mit ausreichend Sauerstoff abbrennen, besteht keine direkte Gefahr. Fette wurden früher vielfach als Brennmaterial verwendet (Öllampen, Talklichter). Viele Stoffe, die bei unvollständiger Fettverbrennung entstehen können, stehen im Verdacht Krebsauslöser zu sein. Von vielen ist dies mittlerweile auch schon nachgewiesen worden. Besonders groß ist die Gefahr, wenn die Flammen auch noch direkten Kontakt zum Nahrungsmittel haben. Die gesundheitsgefährlichen Stoffe können dann vom Lebensmittel aufgenommen werden.

Fettbrände stellen eine große Gefahr dar. Sie sind von sehr hohen Temperaturen begleitet. Da Fette auch auf der menschlichen Haut haften, können sie sehr schwere Hautverbrennungen bewirken. Ein einfaches Löschen mit Wasser ist problematisch! Bei den hohen Verbrennungstemperaturen würde das Wasser sofort an der Oberfläche verdampfen und dabei verspritzen. Mitgerissenes heißes Fett erzeugt eine neue Gefahrenquelle. Die fein verteilten Fettröpfchen bilden einen leicht entzündlichen Fettnebel.

Fettbrände lassen sich am effektivsten durch Ersticken (Sand, Löschdecke, Handtücher) löschen. Brände ohne Personenbeteiligung lassen sich auch mit Cohlensäure-Schnee- und Trockenpulver-Feuerlöschen bekämpfen.

Dichte: Durch ihre geringere Dichte schwimmen Fette im festen und im flüssigen Zustand auf dem Wasser. Von Brühen oder Soßen kann man sie dadurch leicht entfernen (abschöpfen). Auf einigen Nahrungsmitteln (Sülze, Pastete) bilden sie so aber auch eine schützende Deckschicht, die den Verderb des empfindlicheren Inhaltes hinauszögert.

Wasserunlöslichkeit: Neben der Dichte bewirkt die Wasserunlöslichkeit das Absetzen des Fettes auf dem Wasser. Setzt man Fett als Wärmeüberträger z.B. beim Braten ein, dann kann der wenige austretende Bratensaft (Krustenbildung) nicht im Fett gelöst werden. Es kommt nicht zum Auslaugen des Lebensmittels.

Nachteilig wirkt sich die Wasserunlöslichkeit von Fetten aber bei Reinigungsprozessen aus. Man ist hierbei auf warmes Wasser und Reinigungsmittel oder gar spezielle Lösungsmittel angewiesen.

Emulgierbarkeit: Die Fähigkeit Emulsionen zu bilden, wurde schon oben aufgezeigt. Der Nachteil einer einfachen Emulsion aus Fetten und Wasser ist ihre Unbeständigkeit. Um eine Emulsion zu stabilisieren, benötigt man einen Emulgator. Er wirkt wie Klebstoff. Lecithin (Lezithin) ist ein häufig verwendeter Emulgator. Lecithin ist ein Lipoid, d.h. es ist fettähnlich aufgebaut. Die beiden äußeren Kontaktstellen des Glycerols sind mit Fettsäuren besetzt. In der Mitte ist eine andere Gruppe verestert worden. Diese ist sehr wasserfreundlich. Sie verstärkt den wasserfreundlichen Effekt des Glycerols. Die Haftung zwischen Wasser und Fett wird durch das Lecithin verstärkt (stabilisiert). Neben Lecithin lassen sich aber auch viele Eiweiße (Eigelb) als Emulgatoren einsetzen.

Es gibt sie je nach Fettgehalt als Fett-in-Wasser-Emulsionen (fettarm) bzw. Wasser-in-Fett-Emulsionen (fettreich). Butter und Margarine sind typische Wasser-in-Fett-Emulsionen.

Im Nahrungsmittelbereich ist Majonäse (Mayonnaise) eine typische Emulsion. Der Zusatz von Säuren bei der Majonäse-Herstellung stabilisiert den hydrophilen Teil des Emulgators und verstärkt die Anziehungskräfte zwischen Emulgator und der wässrigen Phase. Als Nebeneffekt verflüssigen sich die Emulsionen aber auch.

Eine weitere künstliche Emulsion ist die Vinaigrette (engl.: French Dressing). Neben Essig und diversen Kräutern od. anderen Zutaten sind in einer Vinaigrete ungefähr die dreifache Menge Öl enthalten. Öl und Essig werden zu einer Emulsion (Wasser-in-Öl-Emulsion) verschlagen. Zur Stabilisierung werden als Emulgatoren Senf oder hartgekochtes Eigelb verwendet.

Milch ist eine natürlich vorkommende Emulsion (Fett-in-Wasser). Als Emulgator fungiert das Kasein (ein Eiweiß). Beim Erhitzen der Milch über 80°C gerinnt das Kasein und verliert dadurch seine emulgierenden Fähigkeiten. Das Fett setzt sich auf der Oberfläche als Milchhaut ab. Der bei höheren Temperaturen gebildete Wasserdampf in der Milch kann nun nicht mehr so einfach entweichen, staut sich auf und lässt die Milch überkochen.

Fetthärtung: Eine Möglichkeit der Fetthärtung ist die Hydrierung von ungesättigten Ölen. Sie beruht auf der Umwandlung der Doppel- in Einfachbindungen. Unter Anwesenheit eines Katalysators wird Wasserstoff addiert (Hydrierung).

Die ungesättigten Fettsäuren werden also in gesättigte umgewandelt – die Fette bleiben weiterhin für die Ernährung nutzbar. Der flüssige Charakter von Fetten mit ungesättigten Fettsäuren geht mit den hydrierten Doppelbindungen verloren.

Besonders für die Margarine-Produktion werden heute minder harte, billige Fette gebraucht. Durch Härtung (katalytische Hydrierung) werden aus flüssigen Ölen – mit einem hohen Anteil an ungesättigten Fettsäuren – feste Fette hergestellt. Leider gehen dabei viele der psysiologisch so bedeutsamen Doppelbindungen verloren.

Kaiser NAPOLEON III stellte den französischen Chemiker Hipplyte MÈGE-MOURIÈS vor die Aufgabe einen Butter-Ersatz für sein Volk zu entwickeln. Dieser entwickelte das Rezept für Margarine. Sie enthält neben emulgierten Ölen vor allem noch einige Sauermilch-Produkte. Um sich unabhängig vom Import teurer Hartfette (wie z.B. Palm- oder Kokosfett) zu machen, suchte W. NORMANN in Deutschland nach einem wirtschaftlichen Verfahren zur Nutzung von tierischen und pflanzlichen Ölen. 1903 meldete er die Fetthärtung durch Hydrierung als Patent an.

Lösungsmittel: In Fetten lösen sich vorrangig fettähnliche Stoffe. Dies sind z.B. Lecithin und andere Lipoide, Fettsäuren, ätherische Öle, viele Geschmacks- und Gewürzstoffe und Vitamine

Um solche Inhaltsstoffe aus Lebensmitteln für die menschliche Ernährung verfügbar zu machen, müssen sie durch Fette herausgelöst werden. Sind in den Lebensmitteln zu wenige eigene Fette vorhanden (z.B. bei Obst und Gemüse), dann sollte bei Zubereitung Öl oder Fett als Lösungsmittel zugesetzt werden (pflanzliche Öle mit ungesättigten Fettsäuren bevorzugen!). Das Öl macht z.B. einen Salat zusätzlich leichter bekömmlich.

Auch bei der Herstellung von Gewürz- oder Kräuterölen macht man sich das Lösungsvermögen der Fette für bestimmte Stoffe zu nutze.

Nicht zu unterschätzen ist auch der Eigengeschmack von Fetten. So schmeckt z.B. in Lammfett gebratenes Scheinefleisch nach Lamm.

Bedingt durch bestimmte Eigenschaftskombinationen ergeben sich für viele Fette typische Verwendungen in der Küche.

Fett / Öl	Quelle / Herkunft	Verwendung	Bemerkungen
Butter	Kuhmilch	Streichfett, zum Dünsten und Verfeinern, für Teige und Massen Butterschmalz: zum Braten und Verfeinern	
Rin- der(nieren)-fett	Rinderniere	Yorkshire- und eng. Christmas-Pudding	
Rinderfett	Knochenmark	für Suppen und Brühen, Klößchen, Risotto, zum Konservieren von Rinderfleisch, für Margarine	schwer verdau- lich
Kalbs(nieren)- fett	Kalbsnieren	zum Schmoren von weißem Gemüse, für Fettmischungen	
Kalbsfett	Knochenmark	für Pastetchenfüllungen, selbstständige Gerichte	
Schweinefett	Unterhaut	Schmalz: selbstständige Gerichte, zum Braten und Schmoren, für geriebenen Teig, Streichfett (Rücken-)Speck: zum Spicken, Lardieren und Bardieren, für Wurst	
Gänsefett	Haut,	zum Schmoren von Kohlgemüse, für Risotto und Pasteten, zu Abdecken von Terrinen, Streichfett	
Entenfett	Haut,	zum Schmoren von Kohlgemüse, für Risotto, zu Abdecken von Terrinen, Streichfett	
Lebertran		Gewinnung von Vitaminkonzentraten, für Marga-	
Fischleberöl	Fischleber	rine und Kunstspeisefette	
Tran, Walöl	Unterhaut	für Margarine und Kunstspeisefette	heute unterge- ordnete Bedeu- tung

Fett / Öl	Quelle / Herkunft	Verwendung	Bemerkungen
Sonnenblu- menöl	Samen	kalte Küche (z.B.: Salate), für Margarine	
Rapsöl	Samen	kalte Küche, für Margarine, Brat- und Backfett	
Sojaöl	Samen	kalte Küche (z.B.: Salate), Speiseöl, Brat- und Backfett	
Olivenöl	Fruchtfleisch	kalte und warme Küche, zum Marinieren und Einlegen	
Sesamöl	Samen	kalte und warme Küche, zum Dünsten	typisch für asia- tische Küche
Maiskeimöl	Keimlinge	kalte Küche (z.B.: Salate)	
Distelöl	Samen (Fär-	kalte Küche (z.B.: Salate), diätetische Margarine	
Safloröl	berdistel)		
Kokosfett	Fruchtfleisch (Kopra)	zum Frittieren, für Margarine und Speisefette	
Lein(samen)- öl	Samen	kalte und diätetische Küche	
Weizenkeimöl	Keimlinge	kalte Küche	
Erdnußöl	Samen	warme Küche, zum Frittieren, für Margarine und Speisefette Erdnußbutter: Brotaufstrich	Erdnußfett: ge- härtetes Öl
Kürbiskernöl	Samen	kalte Küche (z.B.: Salate), für Sulzgerichte	
Palmöl Palmfett	Fruchtfleisch	für Margarine, zum Anfärben, zur Herstellung von rotem Farbstoff (Karotine), Brat- und Backfett	
Palmkernfett	Samen	für Margarine, zum Frittieren	
Traubenkern-	Samen	kalte und warme Küche (z.B.: Salate, zum Braten)	
öl	(Weintraube)		
Haselnußöl	Samen	kalte Küche	
Baum-		Speiseöl, Back- und Bratfett, für Margarine	
woll(saat)-öl			
Walnußöl	Samen	Salatöl	

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Da Fetten ein negatives Image anhängt, ist ein Austausch gegen andere Stoffe ev. sinnvoll. Prüfen Sie welche technologischen Eigenschaften sich durch andere Stoffe realisieren lassen! Wägen Sie Aufwand und Nutzen sowie eventuelle Gefährdungen ab!
- 2. Lecithin wird in der Nahrungsmittelherstellung als Emulgator und als Dispersionsmittel verwendet. Erklären Sie diese Verwendungszwecke für Lecithin! Begründen Sie die besondere Eignung dieser Substanz (bzw. ähnlicher Substanzen) für die Lebensmittel-Herstellung!

3.1.4. Nachweise und Prüfverfahren für Fette

Der Nachweis von Fetten ist mit der Fettfleckprobe recht einfach durchzuführen. Dieser Test beruht auf die Schwerflüchtigkeit von Fetten. Dies bedeutet, sie verdunsten nur sehr schlecht. Sie hinterlassen auf Papier oder Textilien dauerhafte und durchscheinende Flecken.

Für den Test überführt man einen Tropfen der zu testenden Flüssigkeit auf das Filterpapier. Feste Proben werden direkt auf dem Papier ausgepreßt. Nun wartet man etwas. Trocknet die Probe weg, kann man nicht von einem Fettanteil ausgehen. Bleibt aber ein Fleck, der sogar das Papier durchscheinend macht, dann enthielt die Probe Fett. Als Zeitgeber - um zu wissen, wann man ablesen darf - hat sich ein Wassertropfen bewährt. Wenn dieser weggetrocknet ist, hat die Probe auch ausreichend Zeit gehabt. Man kann aber auch willkürlich eine Zeitspanne z.B. 5 oder 10 min festlegen. Wasser bietet sich aber auch als Blindprobe an.

Als **Arbeitsschritte für** diesen **Test** ergeben sich:

- 1. Kennzeichnen der späteren Auftragungspunkte auf dem Filterpapier mit Bleistift
 - 2. Beschriftung der Punkte bzw. Filterpapiere mit "Wasser" und "Probe" (bzw.: Wasser, Probe1, Probe2, ...)
 - 3. Aufbringen von 1 2 Tropfen der Proben (und des Wassers oder anderer Blindproben)
 - 4. Abwarten, bis Wasser verdunstet ist
 - 5. Beobachtungen notieren, eventuell Flecken auf Filterpapier mit Bleistift umranden

Die gesamte Fettfleckprobe noch einmal als Übersicht:

Nachweis von Fett mit der Fettfleck-Probe:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
5.1		Abtrocknen eines Wasserfleckes	bleibender, durchscheinender Fleck	wahrscheinlich Fett vorhanden
Probe +	Filterpapier	abwarten		
(auftropfen oder zer- drücken)	(weiß, undurch- sichtig)	(entsp. Blindprobe)	anderer Fleck	<u>kein</u> Fett vorhanden

Etwas Unsicherheit bleibt natürlich bei einem solchen Test. Auch andere Stoffe verdunsten sehr schwer und würden einen bleibenden Fleck hinterlassen. Deshalb ist die Fettfleck-Probe sachlich eher ein Hinweis als ein Nachweis! Wenn allerdings kein dauerhafter, durchscheinender Fleck erhalten bleibt, dann können wir sehr sicher sein, dass auch wirklich kein Fett enthalten war (Ausschluß-Test). Etwas sicherer kann man Fett mit dem Farbstoff Sudan-III nachweisen.

Farbstoff-Test's beruhen fast immer auf der Veränderung der Struktur der Farbstoffs. Dies kann durch chemische Reaktion mit dem Proben-Material passieren oder durch Veränderung / Verschiebung von Ladungen oder Doppelbindungen usw. Praktisch entsteht dadurch ein anderer Stoff mit anderen Eigenschaften – z.B. eben einer anderen Farbe.

Im Fall des Sudan-III wird aber lediglich die Löslichkeit des Farbstoffes in Fetten genutzt. D.h. es kommt zu keinem Farbumschlag, sondern nur zu einer Aufkonzentrierung des Farbstoffes in Fett-haltigen Lebensmitteln oder deren Bestandteilen (z.B. Fett-Tröpfchen der Milch).

Sudan-III konnte bis 1995 in der EU noch als Färbemittel für Lebensmittel(-Fette) verwendet werden. Wegen seiner kanzerogenen und gesundheitsschädigenden Wirkung (Bildung von Aminen) ist der Gebrauch im Lebensmittel-Bereich aber nun ausgeschlossen.

Nachweis von Fett mit Sudan-III-Lösung:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	Spatelspitze Sudan-III-Pulver (od. 3 Tr. Sudan-III-Lsg.)		Orange- bis Rot- färbung (des Pro- benmaterials)	Fett
	rot (rot orange (alkoh. Lsg.))		anders (keine Farb- annahme)	kein Fett

Diese Probe ist ebenfalls leicht durchzuführen und gibt uns aber eine deutlich höhere Sicherheit für das Ergebnis. Sehr sinnvoll ist der direkte Vergleich mit einer nicht behandelten Probe (ohne Sudan-III). So lassen sich auch kleinere Farbveränderungen deutlich erkennen.

Die Sudan-III-Probe kann auch mit dünnen, festen oder flüssigen Proben auf einem Objektträger durchgeführt werden. Die Beobachtungen können dann unter dem Mikroskop gemacht werden. Für Vorproben bieten sich Milch und / oder Mandelsplitter an.

Für feste Proben wird auch die Verwendung von Sudan-III-Papier empfohlen. Hierbei wird die Probe auf dem Papier zerdrückt und sofort und nach rund 10 min wiederholt beobachtet.

Ebenfalls geeignet sind andere lipotrope Farbstoffe, wie Alkannarot, Scharlach R, Lackrot A und Nilblausulfat.

Die meisten lipophoben Farbstoffe lassen sich auch zum Anfärben von mikroskopischen Präparaten benutzen. Die Fett-haltigen Bestandteile treten dann farbig hervor. (Sudan-III wird auch zum Anfärben von Zellwänden und der Cuticula verwendet.)

Für einen Schnelltest mit Küchenmaterialien nutzt man die Eigenschaft der Fette aus, dass sie bestimmte Farbstoffe aus anderen Lebensmitteln bzw. Gewürzen gut lösen können. Ein solcher Farbstoff ist das Carotin aus Mohrrübe oder Paprika.

Nachweis von Fett mit Carotin (Paprika-Pulver):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	Spatelspitze Paprika-Pulver		Orange- bis Rot- färbung (des Pro- benmaterials)	Fett
	(dunkelrot, braun)		anders	kein Fett

Eine Unterscheidung von Mineralölen und Lebensmittel-Fetten gestaltet sich mit den bisher genannten Tests eher schwierig. Eine Möglichkeit zur Untersuchung ist das unterschiedliche Verhalten im ultravioletten Licht (UV-Licht). Da Mineralöle – bedingt durch ihre Herkunft und Herstellung – immer auch Aromaten enthalten – zeigen diese im UV-Licht Fluoreszenz-Erscheinungen. Die Fluoreszenz-Farbe richtet sich nach dem verwendeten UV-Licht (z.B. Geldschein-Tester) und vorrangig nach den enthaltenen Aromaten bzw. anderen Zusätzen.

Die besprochenen Tests sagen nur etwas über die An- oder Abwesenheit aus. Es handelt sich also um qualitative Tests. Für viele Anwendungen ist es aber nötig genaue quantitative Aussagen zu machen.

Für einen Vergleiche verschiedener Proben reichen meist auch schon semiquantitative Tests. Der Gehalt an Doppelbindungen läßt sich z.B. mit Brom-Wasser bestimmen. Dabei wird die Fähigkeit von Brom ausgenutzt, an den Doppelbindungen anzukoppeln. Chemisch handelt es sich um eine Addition.

Beim Zutropfen der braunen Brom-Lösung kommt es solange zur Entfärbung, wie noch Doppelbindungen vorhanden sind. Bei vergleichbaren Probenmengen und mittels Zählen der Tropfen verbrauchter Brom-Lösung ist eine Gegenüberstellung der Proben zueinander möglich. Eine vollquantitative Analyse setzt auch die Kenntnis des Brom-Gehalts (im Brom-Wasser) und des Fettgehalts in der Probe voraus.

Nachweis von Doppelbindungen mit Brom-Wasser (semiquantitativ):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	Brom-Wasser (tropfenweise)	schütteln (Tropfen zählen)	Entfärbung	Doppelbindung
	(braun)		anders	keine Doppelbindungen

Zur Bestimmung der exakten Menge (vollquantitativ) an ungesättigten Fettsäuren (genauer der Menge an Doppelbindungen) benutzt man die Jod-Zahl (alt: JZ; neu: IZ). Auch hier wird die Anlagerungfähigkeit der Halogene an Doppelbindungen ausgenutzt. Die Iod-Zahl gibt an, wie viel Halogen [in g] werden von 100 g Fett gebunden. Bei den Iod-Zahl-Verfahren wird eigentlich auch Brom addiert. Dabei wird mit einem definierten Überschuss gearbeitet und nachträglich die nicht verbrauchte Menge an Brom mit Iod reduziert. Z.Z. wird das Verfahren nach WIJS sehr häufig genutzt. Andere Iod-Zahlen, die nach alternativen Verfahren (KAUFMANN, HANUŠ, ROSEMUND, ...) bestimmt werden, weichen aber z.T. voneinander ab.

Die Säure-Zahl (SZ) (oder auch Neutralisations-Zahl (NZ)) ist ein Maß für die freien Fettsäuren in der Fett-Probe. Sie gibt an, wie viel Kaliumhydroxid [in mg] zur Neutralisation der in einem Gramm Fett enthaltenen Fettsäuren bebraucht wird. Je frischer das Fett ist, umso geringer ist die Säure-Zahl. Zur Bestimmung wird der Probe Kaliumhydroxid (mit bekannter Konzentration) zugesetzt bis diese neutralisiert ist. Zum Erkennen des Neutralisationspunktes verwendet man z.B. einen Farbindikator.

Beim Benutzen eines Fettes steigt die Säure-Zahl normalerweise. Später (mit Beginn des merklichen Fettverderbs) sinkt sie dann wieder. Hierfür sind vor allem die Bildung von Epoxiden sowie Decarboxilierungs-Vorgänge verantwortlich.

Mit der Verseifungs-Zahl (VZ) bestimmt man, wie viele Fettsäuren insgesamt im Fett vorhanden sind (frei, als auch verestert). Dazu wird die Probe mit Kaliumhydroxid einer Verseifung unterzogen.

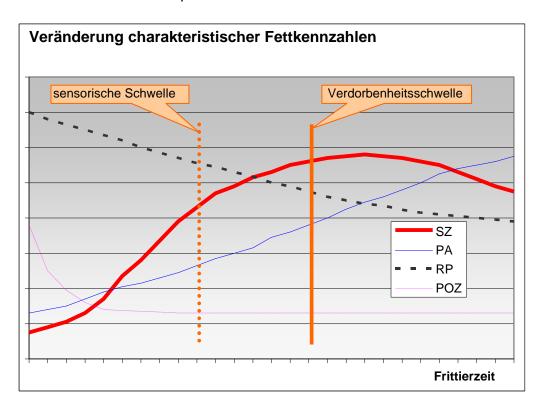
Die etwas weniger benutzte Ester-Zahl (EZ) ist die Differenz zwischen Verseifungs-Zahl (VZ) und Säure-Zahl (SZ).

$$EZ = VZ - SZ$$

Mit der Hydroxyl-Zahl (Hydroxid-Zahl) werden die acylierbaren Hydroxyl-Gruppen ermittelt. Praktisch ist es die Masse [in mg] Kaliumhydroxid, die 1 g Probensubstanz bei der Acytylierung äquivalent ist.

Weiterhin wird zur Qualitätsbestimmung noch die Peroxid-Zahl (POZ) benutzt. Je verbrauchter ein Fett ist, umso geringer wird die Peroxid-Zahl.

Zu Vergleichszwecken kann man auch die Rauchpunkte eines Fettes verfolgen. Mit steigender Fritierzeit sinkt der Rauchpunkt immer mehr.



<u> Praktikums-Aufgabe:</u>

Prüfen Sie Olivenöl, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig od. gut wasserlöslich) auf ihren Fett-Gehalt (qualitativ)! Gut geeignet sind die folgenden Lebensmittel (kein Muss. nur Empfehlung):

Milch, Sahne, Majonäse, Quark, Frischkäse, Marmelade, Säfte, Tomate, lockere Creme aus Riegeln oder Torten, ...

Bereiten Sie das Protokoll soweit vor, dass Sie sofort mit den praktischen Arbeiten beginnen können!

Hinweise zum Protokoll:

Die folgenden Fragen und Problemstellungen sollten in den Vorbetrachtungen abgearbeit werden:

- 1. Welche Test's sind für einen qualitativen Fett-Nachweis geeignet? Welche Aussage-Güte ist zu erwarten?
- 2. Wie funktionieren die einzelnen Test's?
- 3. Wieviele Einzel-Test's müssen Sie durchführen (Blindproben nicht vergessen!)?
- 4. Wieviele Thesen sind notwendig? Wie lauten die experimentellen Thesen?

Kennzahlen ausgewählter Fette

Fett	Schmelz- Punkt [°C]	lod-Zahl (nach ???)	Versei- fungs- Zahl	Anteil ges. FS [%]	% einf. unges. FS [%]	Anteil mehrf. unges. FS [%]	
flüssige Fette / Öle							
Baumwollsaatöl				31	19	50	
Erdnussöl *) **)	-2 3	86 – 99	185 – 197	19 17	39 56	42 42	
Heringsöl				22	56	22	
Leinöl	-2716	164 – 195 (180)	188 – 195				
Maiskeimöl				13	34	53	
Olivenöl	-2 9	78 – 90 (80)	187 – 196	15	76	9	
Palmöl	22 40	34 – 59	196 – 206				
Rapsöl	-10 10	94 – 105	167 – 179	8	61	35	
Sojaöl	-188	125 – 134	190 – 193	15	21	64	
Sesamöl	-64	103 – 115	186 – 195				
Sonnenblumenöl	-18 11	130		13	23	64	
feste Fette							
Butterfett	26 39	26 – 46	220 – 233	64	33	3	
		(35)	220 – 233	04	33	3	
Hammeltalk	45 50					_	
Kokosfett	20 28	8 – 10 (7)	246 – 269	91	7	2	
Palmfett		10 – 17	241 – 269				
Rindertalg	39 50	32 – 35	190 – 200	52	44	4	
Schweineschmalz	26 39	46 – 77 (65)	193 – 200	41	49	10	
Walöl	<0						

^{*)} Argentinien **) Afrika

3.1.5. Ergänzende Experimente zu und mit Fetten

Extraktion von Fetten aus Lebensmitteln

Materialien / Geräte:

SOXLETH-Apperat; Lebensmittelproben (feste Proben, z.B. Kartoffelchips, Pommes frites, Käse, ...)

Durchführung / Ablauf:

- Probe einwiegen
- Probe im Trockenschrank trocknen (30 min bei 150 °C oder 3 h bei 105 °C)
- getrocknete Probe erneut wiegen
- getrocknete Probe in Fritte geben und SOXLETH-Apperat mit Leichtbenzin befüllen
- 30 min extrahieren lassen
- Probe nochmals "trocknen" (vom Lösungsmittel Leichtbenzin)
- Probe nun nochmals wiegen
- Wasser-, Trockensubstanz- und Fettgehalt berechnen (Prinzip → 3.7.3. Nachweise für Wasser)

Zusatzuntersuchung:

- einige ml des Extraktes können vorsichtig offen (unterm Abzug) erwärmt werden oder einige Zeit (1 d) unterm Abzug ablüften lassen
- mit dem Rückstand die Fettfleck-Probe machen oder alternativ dazu Untersuchung mit UV-Licht

Hinweise:

- Lichtbenzin ist leicht entzündlich

Löslichkeit von Fetten in verschiedenen Lösungsmitteln

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser; Reagenzglasständer; verschiedene Lösungsmittel (Wasser, Alkohol, Benzin, Tetrachlorcohlenstoff (Tetra) (Vorsicht! Gift!), Wasser mit Spülmittel, ...); Fett oder Öl

Durchführung / Ablauf:

- jeweils ein Lösungsmittel 3cm hoch (entspricht rund 3 ml) in Reagenzglas füllen
- jeweils 3 Tropfen Öl oder Spatelspitze Fett zugeben und umschütteln

Zusatzuntersuchung:

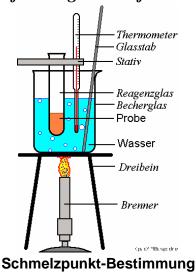
- die Löslichkeit kann auch in Abhängigkeit von der Temperatur untersucht werden (unter Erwärmung auf z.B. 60 od. 80 °C und nachfolgender Abkühlung auf Zimmertemperatur)

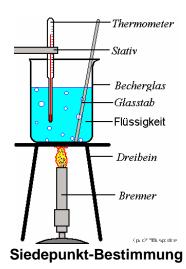
Bestimmung der Schmelz- und Siedetemperatur eines Fettes

Materialien / Geräte:

Becherglas (250 - 400 ml); Wasser; Glasstab; Brenner; Dreibein mit Drahtnetz; Stativ mit Reagenzglashalter; Probe; Thermometer Becherglas (200 - 250 ml)

Durchführung / Ablauf:





- Aufbau laut Skizzen

- langsam erwärmen unter ständigem Rühren

Hinweise:

- ev. muss von einer Eismischung (Wasser, Eis, Salz) ausgegangen werden um den Schmelzbzw. Erstarrungspunkt flüssiger Öle zu bestimmen
- bei der Siedepunktbestimmung Brandschutz beachten (Löschdecke, Deckel für Probegefäß, Feuerlöscher)!

Verseifung eines Fettes

Grundlagen / Prinzipien:

Die Bildungreaktion eines Fettes aus Glycerol und Fettsäuren ist umkehrbar. Dabei muß das fett mit Wasser hydrolysiert werden. Die Reaktion wird durch Verwendung einer Base oder anderer Mineralien (z.B. Asche) gut katalysiert. Im Ergebnis entstehen Salze der Fettsäuren – die sogenannten Seifen.

Materialien / Geräte:

Fett od. Öl; Base (z.B.: Natriumhydroxid, 60%ige Kaliumhydroxid), Pflanzen- od. Zigarettenasche od. Soda od. Pottasche; ev. Ethanol (Brennspiritus)

Durchführung / Ablauf:

- 1 g Fett und 1 g Wasser od. Base (= 1 ml) in Reagenzglas zusammengeben; ev. noch Ethanol als Lösungsvermittler zugeben
- ev. Asche od. Soda od. Pottasche hinzugeben
- mehrfach vorsichtig aufkochen od. 10 min in siedendes Wasser halten
- abkühlen lassen und dann mit 3 5 ml Wasser die Seifen auswaschen
- (- Verseifung ist abgeschlossen, wenn eine kleine Probe der Seife in destilliertem Wasser eine klare Lösung gibt)

Hydrolyse eines Fettes (Freisetzung der Fettsäuren)

Grundlagen / Prinzipien:

Die Bildungreaktion eines Fettes aus Glycerol und Fettsäuren ist umkehrbar. Dabei muß das fett mit Wasser hydrolysiert werden. Die Reaktion wird durch Verwendung einer Base oder anderer Mineralien (z.B. Asche) gut katalysiert. Im Ergebnis entstehen Salze der Fettsäuren – die sogenannten Seifen. Mit einer starken Säure lassen sich die reinen Fettsäuren ausfällen und mit einem organischen Lösungsmittel extrahieren.

Materialien / Geräte:

Fett od. Öl; Base (z.B.: Natriumhydroxid, Kaliumhydroxid), Pflanzen- od. Zigarettenasche od. Soda od. Pottasche; ev. Ethanol (Brennspiritus); Salzsäure, Trichlorethan

Durchführung / Ablauf:

- 1 g Fett und 1 g Wasser od. Base (= 1 ml) in Reagenzglas zusammengeben; ev. noch Ethanol als Lösungsvermittler zugeben
- ev. Asche od. Soda od. Pottasche hinzugeben
- mehrfach vorsichtig aufkochen od. 10 min in siedendes Wasser halten
- abkühlen lassen und dann mit gleicher Menge Salzsäure die Fettsäuren ausfällen und ev. mit Trichlorethan extrahieren

Nachweiß ungesättigter Fettsäuren mit BAEYERs Reagenz (I)

Grundlagen / Prinzipien:

/
$$-CH = CH - + MnO_4 + H_2O \longrightarrow Mn(OH)_2 + -HCOH - HCOH - /$$
 violett farblos

(mögliche Zwischenprodukte auch braun)

(Achtung! Reaktion ist wenig spezifisch!)

Materialien / Geräte:

Reagenzglas, Brenner, BAEYERs Reagenz (Natriumcarbonat-Lösung mit 2% Kaliumpermanganat)

Durchführung / Ablauf:

- Probe (50 mg /SpateIspitze oder 2 Tropfen)
- leicht erwärmen
- Tropfenweise bis zur bleibenden Violettfärbung BAEYERs Reagenz zusetzen (für semiquantitative Vergleiche die Tropfen zählen)

alternativ:

Materialien / Geräte:

Reagenzglas, Brenner, 5 %ige Natriumcarbonat-Lösung; 2% Kaliumpermanganat-Lösung (frisch)

Durchführung / Ablauf:

- Probe (50 mg /Spatelspitze oder 2 Tropfen) unter Erwärmen mit 5 ml Natriumcarbonat-Lösung emulgieren (kräftig schütteln)
- tropfenweise Kaliumpermanganat-Lösung zugeben, bis Violettfärbung erhalten bleibt (für semiquantitative Vergleiche die Tropfen zählen)

Herstellung einer Emulsion

Grundlagen / Prinzipien:

siehe auch Abschnitt 3.1.3.1.

Öl oder erwärmtes Fett dient als nichtwässrige Phase, Milch oder Wasser dienen als wässrige Phase, das Eigelb und Senf (für Majonäse-Herstellung) bzw. Gallensaft oder Seifenlösung sind mögliche Emulgatoren

Materialien / Geräte:

Öl, Milch (Wasser), Eigelb und Senf (Lecithin, Gallensaft, Seifenlösung), Reagenzglas

Durchführung / Ablauf:

Majonäse:

- 2 ml Öl, 1 ml Milch, 1 ml Eigelb und Senf in ein Reagenzglas füllen
- kräftig schütteln
- eventuell Tropfen unter Mikroskop betrachten

ungenießbare Emulsion

- 2 ml Öl, 2 ml Wasser, wenige Tropfen Gallensaft oder Seifenlösung bzw. Spatelspitze Lecithin in ein Reagenzglas füllen
- kräftig schütteln
- eventuell Tropfen unter Mikroskop betrachten (Fett eventuell noch mit Sudan-III anfärben)

Nachweiß ungesättigter Fettsäuren nach BAEYER (II)

Grundlagen / Prinzipien:

(mögliche Folgeprodukte auch farblos)

(Achtung! Reaktion ist wenig spezifisch!)

Materialien / Geräte:

Reagenzglas, Aceton (Wassergehalt 5%), 2%ige Kaliumpermanganat-Lösung

Durchführung / Ablauf:

- Probe (50 mg/Spatelspitze oder 2 Tropfen) in 2 ml Aceton auflösen
- Tropfenweise bis zur Entfärbung (Braun-Färbung) Kaliumpermanganat-Lösung zusetzen
- Test gilt als erfolgreich, wenn mehr als 2 Tropfen Kaliumpermanganat-Lösung entfärbt werden

Überprüfung von (Fittier-)Fetten auf Verderbheit (MERCK FRITEST®)

Materialien / Geräte:

MERCK Frittest-Set; verschiedene Fettproben (z.B. aus Frittösen, Lageröle, ...)

Durchführung / Ablauf:

- nach Anleitung des Set's

Überprüfung von (Fittier-)Fetten auf Verderbheit (MERCK OXIFRIT ®)

Materialien / Geräte:

MERCK Oxifrit-Set; verschiedene Fettproben (z.B. aus Frittösen, Lageröle, ...)

Durchführung / Ablauf:

- nach Anleitung des Set's

Säure-Zahl eines Fettes

Grundlagen / Prinzipien:

Die in älteren (verdorbenen) Fett werden durch Hydrolyse vermehrt Säuren frei. Die Fettsäuren sind sehr schwache Säuren, die mit starken Basen aber gut titriert werden können. Die Säure-Zahl sollte nicht größer als 2,0 sein.

Materialien / Geräte:

Fett-Probe(n); Ethanol (Brennspiritus), alternativ Ether; Indikator (Phenolphthaleïn); Bürette; Kalilauge (Kaliumhydroxid); ERLENMEYER-Kolben; Magnetrührer

Durchführung / Ablauf:

- Bürette mit genormter Kalilauge (z.B.: 0,1 M) befüllen
- 1 g Probe in 2 ml Ethanol auflösen und 3 5 Tropfen Indikator zusetzen
- unter ständigem Rühren bis zur anhaltenden Rosafärbung titrieren

Berechnung:

$$m_{KOH} = V_{KOH} \cdot 56g / mol \cdot c_{KOH}$$

$$SZ = m_{KOH}[mg] = 5,61 \frac{V_{KOH}}{m_{\text{Pr}obe}}$$

Bestimmung der Iod-Zahl eines Fettes

Grundlagen / Prinzipien:

Die lod-Zahl sollte zwischen 82 und 90 liegen.

Materialien / Geräte:

Chloroform, Iodmonobromid, Stärke-Lösung, Natriumthiosulfat, geeichte 10%ige Kaliumiodid-Lösung

Durchführung / Ablauf:

- 100 g Probewerden in Chloroform gelöst, dann werden 25 ml lodmonobromid zugesetzt
- unter Zusatz von Stärke-Lösung, 10 ml 10%iger Kaliumiodid-Lösung und 100 ml Wasser wird mit 0,1N-Natriumthiosulfat titriert

Berechnung:

$$IZ = 1{,}269 \frac{V_{HV} - V_{BV}}{m_{\text{Pr}obe}}$$

 V_{HV} .. Verbrauch [ml] 0,1N Natriumthiosulfat-Lsg. im Hauptversuch V_{BV} .. Verbrauch [ml] 0,1N Natriumthiosulfat-Lsg. im Blindversuch m_{Probe} .. Einwaage der Probe (100 g) 1,269 = Masse von 0,1 mol lod

Nachweis von (freiem) Glycerol in einem Fett

Grundlagen / Prinzipien:

Neben den Neutralfetten (Triglyceriden) befinden sich auch fettlösliche Substanzen im Öl / Fett. Hierzu gehört u.a. auch das Glycerol. Dieses läßt sich indirekt durch Bildung von stechend riechendem Acroleïn (Achtung: reizend) nachweisen.

Materialien / Geräte:

Kaliumhydrogensulfat

Durchführung / Ablauf:

- eine Probe Glycerol (zum Vergleich) und die Ölproben werden mit einer Spatelspitze Kaliumhydrogensulfat versetzt
- vorsichtig erhitzen und den Geruch testen

Halbquantitative Bestimmung ungesättigter Fettsäuren mit Brom-Wasser

Grundlagen / Prinzipien:

Brom reagiert unter Aufspaltung und Anlagerung mit Doppelbindungen. Das Brom-Wasser verliert durch das fehlende Brom an Farbe (rotbraun --> farblos bis gelblich)

Die Anzahl entfärbter Brom-Wasser-Tropfen kann als Maß für die Doppelbindungen verwendet werden.

Materialien / Geräte:

Brom-Wasser (Vorsicht! Gift!); verschiedene Öle und Fette; Tetrachlorcohlenstoff (Tetra) (Vorsicht! Gift!); Reagenzgläser, Tropfpipette oder Bürette

Durchführung / Ablauf:

- jeweils 10ml Tetrachlorcohlenstoff mit 10 Tropfen Probe mischen (Fette eventuell vorher im Wasserbad schmelzen
- solange Brom-Wasser zutropfen bis dauerhaft keine Entfärbung auftritt

Schneller Oxidations-Test (I)

Materialien / Geräte:

Arbeits-Reagenz: 10 Teile 0,5 M Kaliumhydroxid in Benzylalkohol mit 100 Teilen Petroleumbenzin mischen

Fett-Proben (z.B. Frittier-Fett (alt))

Durchführung / Ablauf:

- 1 g Probe mit 20 ml Arbeits-Reagenz versetzen
- schütteln, bis das Fett vollständig gelöst ist
- 30 60 min ruhen lassen
- Beurteilung der abgesetzten Phase:

fast hell \rightarrow SZ = 0,5 \rightarrow ok.

hell- bis mittelbraun \rightarrow SZ = 0,9 - 2,1 \rightarrow noch nutzbar, muss bald ausgetauscht werden

dunkelbraun \rightarrow SZ > 3,1 \rightarrow verdorben

Hinweise:

- Kaliumhydroxid ist ätzend; Benzylalkohol und Petroleumbenzin sind gesundheitsschädlich; Petroleumbenzin zusätzlich noch leicht entzündlich und umweltgefährlich

Schneller Oxidations-Test (II)

Materialien / Geräte:

Arbeits-Reagenz: Alkoholgemisch: 1 Teil Benzylalkohol und 3 Teile 1-Propanol; 2%ige alkalische Lösung des Alkoholgemisches

Durchführung / Ablauf:

- 1,5 ml Probe mit 3,5 ml der Arbeits-Reagenz
- 0,14 ml eines 0,1 %igen Gemisches aus Bromthymolblau und 2,6-Dichlorphenolindophenol in Dioxan mit 1 % Triethanolamin und 1 % Eisessig und 0,25 ml Wasser
- Beurteilung der Farbbildung:

blau → frisch, unbelastet, ok.

grünblau → noch gut
grün → an der Grenze
oliv → verdorben

Herstellung einer Margarine

Versuch möglichst in einer Küche, einem Küchenlabor od.ä. durchführen!!!

Grundlagen / Prinzipien:

Margarinen sind Emulsionen aus meist pflanzlichen Fetten und Milchprodukten (Milch, Buttermilch, Joghurt). Feste und flüssige Fette werden je nach gewünschter Endkonsistenz gemischt. Zum Teil werden (in der Industrie) die flüssigen Fette auch gehärtet (die Doppelbindungen aufgespalten und mit Wasserstoff belegt). Dabei geht aber der essentielle Charakter der Fettsäuren verloren.

Materialien / Geräte:

Palmin, Speiseöl, Milch (oder andere flüssige Milchprodukte), Eigelb, Salz; ev. Möhrensaft Porzelangefäß (100 - 200 ml) (Tasse; kleine, hohe Schale), Plastikwanne mit Eiswasser, Rührstab (Schneebesen)

Durchführung / Ablauf:

- 25g Palmin in der leichten Wärme schmelzen
- 1 Eßl. Öl, 1 Teel. Milch (oder anderes flüssiges Milchprodukt), 1 Teel. Eigelb und eine Prise Salz zugeben; ev. 3 4 Tropfen Möhrensaft zugeben
- Gefäß in Plastikwanne mit Eiswasser stellen
- kräftig rühren bis streichfähige Masse entsteht

(Es darf verkostet werden! Frische Brötchen gehören zur Pflichtversorgung durch die Experimentatoren!!!)

Herstellung von Butter

Grundlagen / Prinzipien:

Schon im alten Testatment ist die Herstellung von Butter durch Stoßen von Milch erwähnt.

Materialien / Geräte:

Frischmilch (3,5 % Fett), (Frische) Süße Sahne (Schlagsahne) (30 % Fett), Handrührgerät

Durchführung / Ablauf:

- Frischmilch mit etwas Sahne mischen, um natürliche Verhältnisse herzustellen
- Frischmilch bei 9 13 °C stehen lassen 1 2 Tage
- Rahm abschöpfen
- Sahne mit Handrührgerät schlagen (bis butterartige Masse entsteht)
- Butter und Buttermilch mit einem Feinsieb trennen
- die Butterklumpen mit Wasser waschen
- Butterklumpen in Küchenhandtuch trocknen und in einer gekühlten Schale leicht kneten

Zusatzuntersuchung:

- Masse kann mit wenig Salz gewürzt werden
- es darf gekostet werden (die Versorgung des Kurses mit Brötchen od. frischem Brot gehört zur Pflicht der Kursteilnehmer)

Prüfen von Milch auf Fettgehalt

Materialien / Geräte:

verschiedene Milchproben (Frischmilch, fettarme und fettreiche Milch, Molke, ...) Sudan(III)-Pulver; Mikroskop mit Zubehör

Durchführung / Ablauf:

- ev. vorher Milch / Blindprobe mikroskopieren
- Probe mit Spatelspitze des Farbstoffes (Sudan(III)) versetzen
- 1 2 Tropfen auf Objektträger geben und mit Deckgläschen abdecken
- mikroskopieren

Zusatzuntersuchung:

- mit Zählkammer die Fett-Tröpfchen zählen

3.1.6. Fett-verwandte Stoffe

In diesem Abschnitt betrachten wir einzelne – z.T. willkürlich – ausgewählte Stoffe, die recht eng mit den Fetten verbunden sind. Dazu zählen wir hier sowohl Lipoide als auch Stoffe, die häufig mit Fetten assoziiert werden.

3.1.6.1. *Lipoide*

3.1.6.1.1. Phospholipoide (Phospholipide)

Lecithin (Lezithin)

Kephalin

im Vergleich zu Lecithin Cholin durch die N-Base Colamin oder Aminosäure Seringetauscht

3.1.6.2. Wachse

Versterungsprodukt einer höheren Fettsäure mit einem (höheren) einwertigen Alkohol auf Blättern und Früchten verschieder Pflanzen; Reservestoff einiger Meeressäuger nicht löslich in Wasser

wenig löslich in Alkohol

löslich in Ether, Chloroform, Tetra(chlorcohlenstoff)

Verseifung mit härterem Angriff als bei Fetten möglich

Bienenwachs

enthält vorrangig Triacontylpalmitat (Myricylpalmitat; C₁₅H₃₁COOC₃₀H₆₁)

Walrat

reich an Hexadecylpalmitat (Cetylpalmitat; C₁₅H₃₁COOC₁₆H₃₁)

chinesisches Wachs

wachsartiger Hauptbestandteil: Hexacosylhexacosanoat (Cerylcerotat; C₂₅H₅₁COOC₂₆H₅₃)

Bürzeldrüsen"fett" der Vögel

eigentlich hauptsächlich Wachse, enthalten Ester des Octadecanols mit verschieden (langkettigen) Fettsäuren

ernährungsphysiologisch haben Wachse aber eine sehr geringe oder gar keine Bedeutung

3.1.6.3. Seifen

moderne Tenside haben nur noch eine entfernte Strukturelle Ähnlichkeit mit (Fett-)Seifen neben einem Alkyl-Rest – der lipophile Eigenschaften besitzt – enthält das Molekül als stark polaren und damit hydrophilen Teil oftmals Sulfo-Gruppen (- SO_3H) oder Benzensulfonate (- C_6H_4 - SO_3H)

Das Wirkprinzip ist aber immer gleich. Die Tenside setzen die Oberflächenspannung des Wassers herab (Netzmittel). Das Wasser und die Tenside können sich nun zwischen Schmutz (z.B. Fett) und dem zu reinigenden Trägermaterial setzen / zwängen. Nach und nach umschließen die Tenside den Schmutz und sorgen für eine Lösung (Emulsion) in der Reinigungslösung. Zur Enthärtung der Wassers werden Phosphate in die Waschmittel gegeben. Diese sorgen u.a.

Moderne Waschmittel müssen zu über 80% biologisch abbaubar sein. Trotzdem sollte wegen der Eutrophierungs-Gefahr sehr sparsam mit Tensiden usw. umgegangen werden. Viel hilft sowieso nicht viel. Das richtige Maß schont Umwelt und Geldbeutel.

für eine Eutrophierung (Überdüngung) von Gewässern.

3.1.6.4. Steroide

3.1.6.4.1. Sterine

bestehen aus Cholesterol (Cholesterin) und einer Fettsäure, Kittsubstanz in den Biomembranen, liegen zwischen den Phospholipiden

Nachweis mittels SALKOWSKI-Probe; bei dieser entsteht durch Lösen der Sterine in Chloroform eine kirschrote Färbung

weitere Verwandte mit leicht geändertem Alkohol-Körper (statt Cholesterol nun Spongosterol (Spongostrin) bei Schwämmen oder Cantharidol (Cantharidin) aus der (A) Spanischen Fliege ((a) Lytta vesicatoria)

Sapotoxine in Kröten- oder Schlangengiften, Giftstoffe des Aalblutes und der Schnecke (g) Aplysia

Fr⊲	oste	rin
டாத	USIC	1 111 1

Provitamin D

3.1.6.4.2. Gallensäuren

3.1.6.4.3. Hormone der Nebennierenrinde

3.1.6.4.4. Sexualhormone

3.1.6.5. Sphingosinlipoide

Zentral-Molekül ist nicht Glycerol sondern der zweiwertige Amino-Alkohol Sphingosin

Sphingomyelin

in den Markscheiden (SCHWANNsche Zellen) der Mark-haltigen Nervenfasern

Bau: Fettsäure – Sphingosin – Phosphorsäure – Cholin

Cerebroside

in der weißen Substanz der Nervengewebe statt Phosphorsäure sind Galaktose od. Glucose enthalten

Bau: Fettsäure – Sphingosin - Monosaccharid

3.1.6.6. Lipoproteine

3.1.6.7. *Carotinoide*

60 gelbe, orange bis rote Farbstoffe bekannt nur von Pflanzen hergestellt

Provitamin(e) A

3.1.6.8. Ätherische Öle

3.1.7. Fett-Ersatzstoffe

Olestra

3.1.8. ausgewählte Fett-haltige Lebensmittel im Einzelnen

Speisefette und Speiseöle

Beschreibung	Bedeutung	Bemerkungen
"praktisch wasserfrei"	< 0,05% Wasser	
Cholesterinfrei	<5 mg/100 g Cholesterol	
nativ	keine thermische Vorbehandlung; mechanisch schonendes Pressen oh- ne Wärmezufuhr; keine Zusatzstoffe	
nicht raffiniert	nur Dampfwäsche; keine Raffination; keine Zusatzstoffe	
raffiniert	raffiniert	

Qualitätsmerkmale:

- Farbe
- Sensorik
- Konsistenz (Schmelzpunkt, Viskosität, Brechungsindex)
- Identität; Inhaltsstoffe
- oxidative Primärbelastung
- Kontamination (Pestizide, Schwermetalle)

3.2. Kohlenhydrate

Kohlenhydrate werden umgangssprachlich einfach **Zucker** - wissenschaftlich exakt als **Saccharide** bezeichnet. In der Namensgebung kann man die Kohlenhydrate meist an ihrer charakteristischen Endung **-ose** erkennen. Typische Beispiele hierfür sind Glucose (Traubenzucker), Fructose (Fruchtzucker), Lactose (Milchzucker), Saccharose (Rüben- oder Rohrzucker) oder Cellulose (Zellstoff).

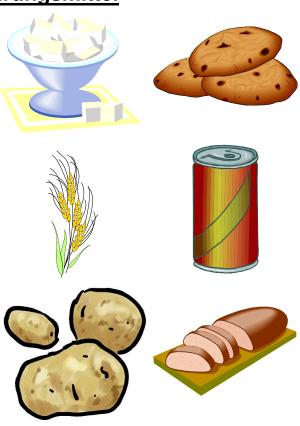
Die herausragende Funktion der Kohlenhydrate liegt im Bereich Betriebsstoffe. Sie sind die Treibstoffe - das Benzin - für die Lebewesen und ihre Zellen. Insgesamt darf man aber die Rolle der Kohlenhydrate nicht auf die Betriebsstoffe reduzieren. Auch als Baustoffe - besonders in Pflanzen – erfüllen sie wichtige Aufgaben (z.B. Cellulose in den Zellwänden).

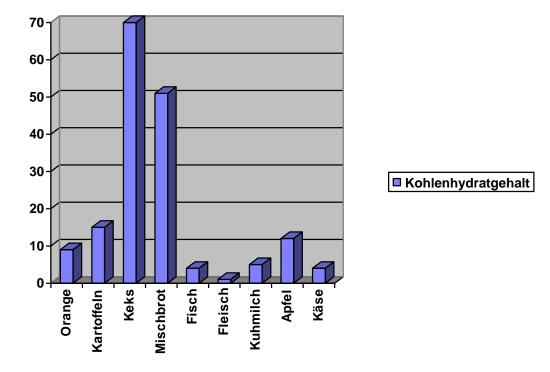
Bestimmte Kohlenhydrate kommen in allen Organismen vor. Einer der wichtigsten Vertreter - der Traubenzucker - könnte sogar als allgemeingültiges Zahlungsmittel zwischen den einzelnen Zellen, Organen und Organismen betrachtet werden. Anders als bei Fetten und Eiweißen kann man bei Kohlenhydraten die Quelle (Pflanze, Tier oder Mensch) nur selten exakt bestimmen. Die Grenzen zwischen körpereigenen und körperfremden Kohlenhydraten verschwimmen sehr stark. Alle benötigten längerkettigen Kohlenhydrate können im Körper bzw. in den Zellen selbst gebildet werden.

Heterotrophe Organismen (z.B. Tiere und Pilze) können nur fertige Kohlenhydrate umwandeln. Zur Neuproduktion – der als Bauelement notwendigen einfachen Kohlenhydrate (Einfachzucker, Monosaccharide) – sind nur autotrophe Organismen (z.B. Blaualgen und Pflanzen) fähig. Der dazu notwendige Stoffwechselvorgang ist die Photosynthese (bzw. die Chemosynthese) (→ 3.2.1.1. Die Herkunft der Kohlenhydrate).

3.2.1. Kohlenhydrathaltige Nahrungsmittel

In der Natur können die Kohlenhydrate in den verschiedensten Teilen der Lebewesen stecken. Kohlenhydrate kommen vor allem in Früchten, Kartoffeln, Hülsenfrüchten und Getreidekörnern vor. Honig stammt aus den Nektarsäften der Blüten. Sago wird aus dem Mark von Palmen gewonnen. Die wichtigsten Quellen für die Herstellung von Kristallzucker - dem beliebtesten Süßmittel in den Industriestaaten - sind Zuckerrüben und Zuckerrohr. Die Namen der Pflanzen deuten direkt auf die eigentlichen Zuckerspeicherorgane. Die Rübe der Zuckerrübe kann einen Zuckeranteil um die 18 % beinhalten. In den Stengeln des mais- und schilfähnlichen Zuckerrohres findet man ungefähr 9 - 16 % Zucker. Honig ist mit seinen rund 80 % Zuckergehalt aber unangefochtener Anführer unter den natürlichen Kohlenhydratquellen.





In unserer Ernährung spielen aber immer mehr künstliche Kohlenhydratquellen eine Rolle. Die Zucker selbst sind zwar natürlich entstanden (→ Photosynthese und nachgelagerte Stoffwechselvorgänge (Glykogen-Auf- und Abbau)), aber die Herstellung neuer Lebensmittel (Riegel, Snacks, …) mit Kohlenhydraten steigt überproportional. Kohlenhydrate werden als billige Ausgangsstoffe mit hohem Akzeptanzwert auch gerne als Streckungsmittel usw. zugesetzt.

Das riesige Süßwaren- und Getränkeangebot wird zu einem immer größeren Ernährungsproblem. Das Problem liegt in der psychischen Wirkung von Kohlenhydraten. Sie wirken euphorisierend. Man ist zufriedener, glücklicher - Kohlenhydrate sind leicht verdaulich und schmecken eben gut. Praktisch ist Süße ein Zeichen für schnell verfügbare Energie (Millionen von Jahre Evolution sind da nicht spurlos an uns vorbeigegangen.). Nicht umsonst spricht man davon, das süße Leben zu genießen.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Ermitteln Sie von fünf Lebensmitteln den Kohlenhydratgehalt laut Verpackungsetikett!
- 2. Informieren Sie sich über den Prokopf-Verbrauch von Kohlenhydraten in Deutschland!
- 3. Vergleichen Sie den deutschen Prokopf-Verbrauch mit Angaben zu anderen Ländern! Ziehen Sie dazu mindestens die USA, ein afrikanisches, ein südamerikanisches und ein asiatisches in den Vergleich ein!

3.2.1.1. Die Herkunft der Kohlenhydrate

Bei allen Bildungen von immer längeren Kohlenhydraten bleibt natürlich die Frage, wo kommen die Bauteile - die Einfachzucker - her. Pflanzen sind die einzigen Lebewesen, die zur Produktion neuer Einfachzucker in der Lage sind. Der zentrale Prozeß ist die Photosynthese. Wegen ihrer herausragenden Bedeutung - sie ist auch die primäre Quelle für Fette, Eiweiße, Vitamine usw. - soll die Photosynthese hier noch einmal kurz wiederholt werden.

Die Photosynthese gliedert sich in die Licht- und Dunkelreaktionen. Bei den Lichtreaktionen werden Wasser-Moleküle in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dies passiert am Chlorophyll (grüner Pflanzen-Farbstoff). Damit das Chlorophyll diese chemisch schwere Arbeit erledigen kann, ist Energie in Form von Licht notwendig. Der Wasserstoff wird sofort an Transportstoffe gebunden. Er ist in der abgespalteten Form sehr reaktionsfreudig und würde sofort wieder mit dem Sauerstoff reagieren. Dies entspräche einer Knallgas-Reaktion mit den bekannten Folgen.

Lichtreaktionen:



Der an die Transportstoffe gebundene Wasserstoff wird nun in den komplizierten Dunkelreaktionen mit Cohlendioxid zusammengebracht. Dabei entsteht Traubenzucker.

Dunkelreaktionen:

$$24 < H>$$
 + $6 CO_2$ \longrightarrow $C_6H_{12}O_6$ + $6 H_2O$ an Transport- + **Cohlen-** \longrightarrow **Traubenzucker** + **Wasser** stoffe gebundener **dioxid**

Addiert man die Reaktionsgleichungen von Licht- und Dunkelreaktionen, dann erhält man die Summengleichung für die Photosynthese:

$$6 \text{ H}_2\text{O}$$
 + 6 CO_2 \longrightarrow $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ + 6 O_2

Wasser + Cohlen-

dioxid + Wasser

Aus dem Traubenzucker werden später andere Kohlenhydrate gebildet und gespeichert. Bei Bedarf werden diese für die Energiefreisetzung oder die Bildung anderer Stoffe (Fette, Eiweiße, Vitamine usw.) verwendet.

3.2.2. Aufbau und Einteilung der Kohlenhydrate

Der Name Kohlenhydrate wurde früher von der scheinbaren allgemeingültigen Formel $C_n(H_2O)_n$ für zuckerähnliche Stoffe abgeleitet. Nach dieser Formel kommen Wasser und Cohlenstoff im gleichen Verhältnis vor. Für Wasser existiert in der Chemie die Bezeichnung Hydro. Aus der Cohlenstoff-Wasser-Verbindung (Cohlenstoff-Hydrat) wurde dann schnell Cohlenhydrat. Die Benennung der zuckerähnlichen Stoffe als Hydrat täuscht aber über die chemische Natur hinweg. Wasser kommt so in den Molekülen gar nicht vor. Sachlich sind Kohlenhydrate primäre Oxidationsprodukten von Polyalkoholen.

Außerdem stimmt die allgemeine Formel nicht immer. Für größere Moleküle gilt $C_n(H_2O)_m$. Dabei ist m immer kleiner als n.

Mit den immer größer werdenden Kenntnissen über die Kohlenhydrate haben sich immer mehr Möglichkeiten ergeben, sie zu unterteilen.

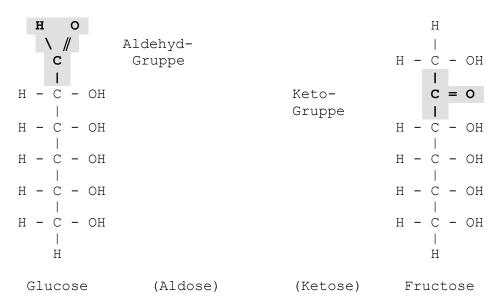
Klassisch ist die Einteilung nach der Anzahl von Bauelementen (Monomeren). Dabei geht man von der Kenntnis aus, dass größere Kohlenhydrate in kleinere zerlegt werden können. Auf der Ebene der sogenannten Einfachzucker (Monosaccharide, Glykosen) ist damit aber Schluss. Die Monosaccharide gelten als die Bauelemente (Monomere) längerkettiger Kohlenhydrate. Sind zwei Monomere im Kohlenhydrat-Molekül enthalten, dann werden sie zu den Zweifachzuckern (Disacchariden) gezählt. Mit drei Monomeren sind es Dreifachzucker (Trisaccharide) usw. usf. Da aber praktisch kaum stabile Kohlenhydrate mit vier bis 20 (z.T. sogar bis 100) Monomeren vorkommen, werden diese der Einfachheit wegen zu den Mehrfachzuckern (Oligosaccharide) zusammengefasst. (Sachlich exakt müssten alle Kohlenhydrate mit mehr als einem monomer zu den Oligosacchariden gezählt werden.) Erst ab 100 (500) Bauelementen kommen wieder definierte Kohlenhydrate vor, die Vielfachzucker (Polysaccharide, Glykane) genannt werden.

Die Monomere unterscheiden sich sehr stark, so dass auf dieser Ebene mehrere detaillierte Unterteilungen vorgenommen werden.

In einer Einteilungsvariante unterteilt man nach der Anzahl nachgewiesener Cohlenstoff-Atome je Molekül (Monomer). Besonders wichtig sind aus dieser Einteilung die Pentosen - mit 5 C-Atomen - und die Hexosen (mit 6 C-Aomen). Typische Vertreter der Pentosen mit biologischer Bedeutung sind die Ribose ($C_5H_{10}O_5$) und die Desoxyribose ($C_5H_{10}O_4$). Beide Zucker kommen in den Erbsubstanzen (DNS / RNS) vor.

In der Natur (Stoffwechsel von Pflanzen- oder Tierzellen) spielen weiterhin Triosen (C₃), Tetrosen (C₄) und Heptosen (C₇) in wichtige Rolle. Biosen (C₂) werden höchstens theoretisch betrachtet.

Bei den Hexosen sind Fructose (Fruchtzucker) und die Glucose (Rüben- oder Rohrzucker) die bekanntesten Vertreter. Ihre Formel lautet jeweils: $C_6H_{12}O_6$. Sie unterscheiden sich in ihrem internen Bau.



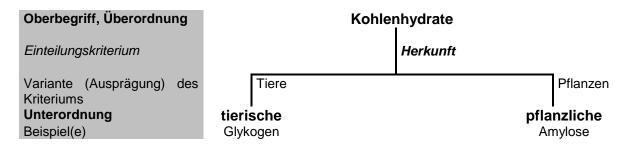
Alle Kohlenhydrate mit einer Aldehyd-Gruppe (-CHO) nennt man auch Aldosen (aldose Kohlenhydrate). Diesen gegenüber stehen die Ketosen (ketose Kohlenhydrate) mit der Keto(n)-Gruppe (-CO-). In allen Kohlenhydrat-Gruppen (Hexosen, Pentosen, ...) kommen Aldosen und Ketosen vor. Es gibt also z.B. bei den Pentosen sowohl Aldosen (z.B. Ribose) als auch Ketosen (z.B. Xylulose).

Um eine schnellere Beschreibung und Klassifizierung vorzunehmen werden verschiedene Einteilungsmerkmale in den Gruppen-Bezeichnungen zusammengefasst. So sind die Aldohexosen sowohl Aldosen als auch Hexosen. Entsprechend werden Ketosen und Pentosen zu den Ketopentosen zusammengefasst usw. usf.

Natürlich lassen sich Kohlenhydrate auch nach anderen – z.T. trivialen – Kriterien einteilen. So gibt es Kohlenhydrate, die nur in Tieren vorkommen, wie z.B. das Glykogen (Leberstärke). Andere sind rein pflanzlich. Zu diesen gehören z.B. Amylose (löslische Stärke) und das Amylopektin (nichtlösliche Stärke). Der überwiegende Teil der Kohlenhydrate ist universell und kommt in allen Organismengruppen vor (Glucose, Ribose).

<u>Aufgabe:</u>

1. Erstellen Sie für die verschiedenen Einteilungsmöglichkeiten Schemata nach folgendem Beispiel! (Der grau unterlegte Bereich kann entfallen!)



3.2.3. Eigenschaften der Kohlenhydrate

3.2.3.1. physikalische und chemische Eigenschaften von Kohlenhydraten

Alle Kohlenhydrate sind farblos oder weiß. Die Kleineren von ihnen sind in Wasser löslich. Erst bei sehr großen Molekülen kann das Wasser sie nicht mehr tragen. Nur wenige Kohlenhydrate sind völlig in Wasser unlöslich.

Chemisch sind Kohlenhydrate eher träge. Obwohl sie viele freie abstehende Hydroxyl-Gruppen Durch chemische Reaktionen müsste sich die Aldehyd-Gruppe im Traubenzucker leicht nachweisen lassen. Bei einigen Tests (z.B. FEHLINGsche Probe (siehe auch: 3.2.5. Nachweise für Kohlenhydrate)) klappt dies auch. Andere Tests, wie z.B. der Nachweis mit SCHIFFs-Reagenz (fuchsinschweflige Säure) versagen aber. Aufgrund dieses seltsamen Verhaltens untersuchte man den Bau des Moleküls genauer.

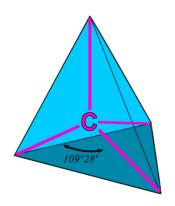
Dabei fand man erstaunliche Eigenschaften des Traubenzuckers und er anderen Kohlenhydrate heraus.

Viele andere Hexosen (z.B. Altrose, Mannose, Idose, Galactose, Talose) haben die Summenformel $C_6H_{12}O_6$. Sie alle sind auch Aldosen. Wo liegen dann aber die Unterschiede? Die unterschiedlichen Kohlenhydrate ergeben sich aus unterschiedlichen Stellungen der OH-Gruppen im Molekül.

Aber wieso sind diese Kohlenhydrate verschieden. Lassen sich nicht die einzelnen Anordnungen durch Drehen an den Einfachbindungen ineinander überführen? - Leider nein!

Die Darstellung auf einem Blatt Papier (in der Ebene) erzeugt einen Fehler. Der Bindungswinkel ist nicht 90° sondern liegt im Raum bei rund 109°. Die räumliche Struktur entspricht einem Tetraeder, in dessen Zentrum das C-Atom liegt und die Ecken die Bindungspartner darstellen.

Die mit dem * gekennzeichneten C-Atome besitzen eine weitere wichtige Eigenschaft. Betrachtet man jedes dieser C-Atome als Zentrum, dann hängen an jeder Seite unterschiedliche Reste. Man nennt diese C-Atome deshalb auch asymetrische (stereogene, chirale) Atome.

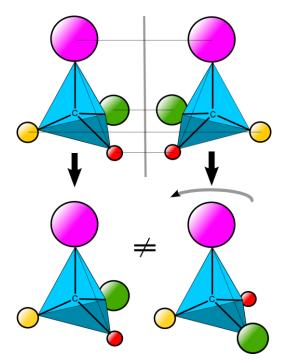


Untersuchung von Glucose mit polarisiertem Licht (Lichtwellen schwingen nur in einer Ebene) bestätigen diese Aussage. Man stellt dann fest, dass die Schwingungsebene durch die Glucose-Lösung verändert wird. Ursache dafür sind unsymetrische Moleküle.

Beim genauen Betrachten ergeben sich zwei verschiedene räumliche Anordnungen der Bindungspartner am asymetrischen C-Atom. Beide lassen sich nicht durch Drehung ineinander überführen. Dafür muss man spiegeln (oberes Päarchen). Wir sprechen deshalb auch von Spiegel-Isomerie. Die beiden verschiedenen Stoffe (sie unterscheiden sich in mindestens einer Eigenschaft) werden auch Antipoden oder Enantiomere genannt. Enantiomerie ist das Fachwort für Spiegel(bild)-Isomerie.

Das untere Päarchen stellt den Versuch dar das rechte Objekt passend zu drehen. Obwohl gelb und violett übereinstimmen, finden wir bei rot und grün keine Übereinstimmung.

Bei den Kohlenhydraten ergeben sich nun folgende Festlegungen für die Stoffunterscheidung und Benennung:



Zuerst wird die gesamte Struktur als Kette von oben nach unten gezeichnet (normalerweise sollte das höchstoxidierte C-Atom möglichst weit oben gelegen). Dann benötigt man eine Kennzeichnung aller asymetrischen C-Atome. Diese Aufgabe ist relativ leicht, da man nur die Reste miteinander vergleichen muss.

Ausgehend vom höchst oxidierten C-Atom (also, dass mit der Aldehyd- oder Keto-Gruppe) wird dann das am weitesten entfernte asymetrische C-Atom gesucht. Die Lage der Hydroxyl-Gruppe auf der rechten Seite dieses C-Atoms besagt, dass es sich um die D-Form (dexter; lat.: rechts) eines Zuckers handelt. Liegt die OH-Gruppe auf der linken Seite, dann ist es die L-Form (laevus; lat.: links). Die Lage der anderen OH-Gruppen an asymetrischen C-Atomen bestimmen die Art des Zuckers (Mannose, Galactose, ...). Die hier vorgestellte Kennzeichnung und Benennung stammt von FISCHER. Sie wird auch als FISCHER-Projektion bezeichnet. Dabei stellt man sich vor, dass das Molekül ausgestreckt auf ein Blatt Papier gedrückt wird.

Die FISCHER-Projektion für D- und L-Glucose ist aus den obigen Abbildungen zu entnehmen. Für die Lage der OH-Gruppen hat sich die Eselsbrücke: tah-tüh-tatah für die D-Glucose und die tah-tüh-tah-tüh für die L-Form eingebürgert.

Die Anordnung der untersten OH-Gruppe ist egal, da dieses C-Atom frei drehbar und nicht asymetrisch ist.

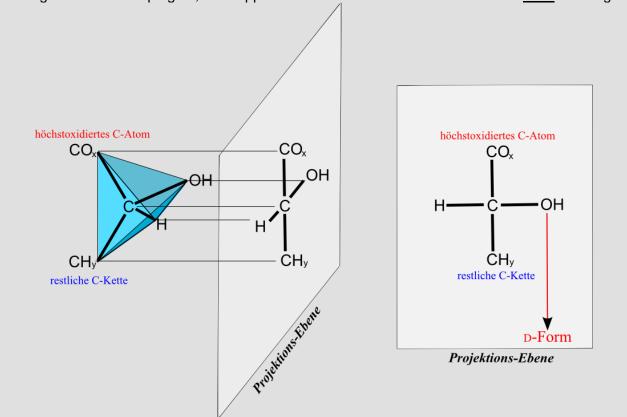
Der optische Drehsinn (Die optische Aktivität) wird in Klammern vor dem Namen angegeben. Neben der Drehsinn- sowie der D-/L-Charakterisierung von optisch aktiven Substanzen gibt es noch eine weitere Namenskonvention nach CAHN, INGOLD und PRELOG (kurz: CIP). Diese beschreibt die Lage der Substituenten nach Größe und Lage zueinander. Zur Benennung der beiden Antipoden werden die Buchstaben R und S benutzt. R (von lat.: rectus) steht dabei für eine Anordnung der Substituenten in Uhrzeigersinn (rechts herum). Dem entsprechend beschreibt S (von lat.: sinister) die Anordnung der Anhänge entgegen des Uhrzeigersinns (links herum).

Exkurs: FISCHER-Projektion

Die von dem Chemiker Emil FISCHER vorgeschlagene Methode zur ebenen Darstellung optisch aktiver Moleküle orientiert sich an folgenden Regeln / Schritten:

- 1. Die Cohlenstoff-Kette wird lang ausgestreckt von oben nach unten gezeichnet. Das höchstoxidierte C-Atom (in der Abb.: CO_x; bzw. die Kette mit Selbigen) liegt dabei oben. (Der Rest der C-Kette (in der Abb.: CH_v) zeigt dementsprechend nach unten. Geht man von tetraederförmigen Raumstrukturen an den C-Atomen aus, dann bildet die C-Kette das Rückrat. Die restlichen Substituenten liegen waagerecht nach vorne bzw. nach hinten.)
- 2. Nun wird die Struktur auf die Projektionsebene abgebildet.
- 3. Eine D-Form liegt vor, wenn am untersten asymetrischen C-Atom der größte Substituent (in der Abb.: -OH) auf der rechten Seite (lat.: dexter) liegt (siehe Abb.). Liegt der größte Substituent auf der linken Seite lat.: laevus), dann handelt es sich um die L-Form (nicht dargestellt).

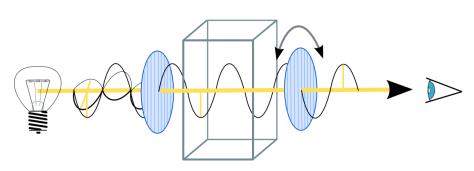
Bei weiteren Betrachtungen und Manipulationen dürfen die Substituenten nur in der Ebene bewegt werden. Ein Spiegeln, Umklappen oder Wechseln der Substituenten ist nicht zulässig.



Aufgaben:

1. Bauen Sie mit Hilfe von Molekülbaukästen zwei optisch aktive Moleküle auf! Versuchen Sie die Moleküle durch Drehungen an den Bindungen ineinander zu überführen! Die Feststellung der optischen Aktivität erfolgt im Polarimeter. Polarimeter bestehen aus einer Lichtquelle und einem Probengefäß. In Strahlungsrichtung liegt vor und hinter dem Probengefäß ein Polarisationsfilter. Dieses sorgt dafür, dass nur noch Licht, welches in einer Ebene schwingt, durchgelassen wird. (An einigen Stellen ist die Schwingungsrichtung angedeutet.)

Der erste Polarisationsfilter ist fest eingebaut, der zweite kann gedreht werden und hat eine Winkel-Skala (360° oder +/- 180°). Bei optisch nicht aktiven Substanzen – wie das gewöhnliche Wasser – müssen beide Filter gleich eingestellt sein.

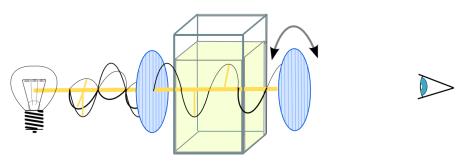


Das heißt, an der Skala muss 0° eingestellt sein. Alternativ können auch 180° anliegen, da der Filter auch in dieser Position das Licht der vorgegebenen Ebene passieren lässt.

Trifft das (polarisiertes) Licht auf eine gelöste Substanz mit asymetrischen Molekülbau, dann wird das Licht (die Schwingungsebene) verändert. Molekül-Lage und Schwingungsebene müssen zueinander passen. Anders gelegene Moleküle beeinflussen die Schwingungsebene nicht. Da aber immer viele Moleküle im Licht-Strahl liegen, sind auch immer mindestens eins oder mehrere dazwischen, welche die Schwingungsebene drehen können.

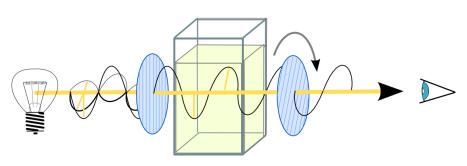
Hier wird auch deutlich, dass der gemessene Drehwinkel von der Schichtdicke unserer Probe abhängig ist und später für tabellarische Zwecke normiert werden muss.

Wird der bewegliche Polarisationsfilter nicht gedreht, verschluckt dieser die "falsch" schwingenden Lichtstrahlen. Praktisch kommt es zur Verdunklung. Der Beobachter kann nichts feststellen (sehen / messen).



Der Filter wird nun langsam gedreht, bis wieder Licht durch den Filter dringt – die Schwingungsebene ist gefunden.

Muss der zweite Filter nach rechts (in Uhrzeigersinn) gedreht werden (siehe auch nebenstehende Abb.), dann spricht man von einer rechtsdrehenden Probe. Bei Drehung der Skala entgegen dem Uhrzeigersinn ist die optische Aktivität auf linksdrehend festgelegt.



Neben der Schichtdicke ist der gemessene Drehsinn α noch von der Konzentration der Lösung und von der verwendeten Lichtfrequenz abhängig. Die Abhängigkeit bezüglich der Lichtfrequenz (Lichtfarbe) ergibt sich aus der notwendigen Passung der Lichtwelle zur räumlichen Molekülstruktur.

In der Praxis misst man selten das sichtbare Maximum für den Durchlass, wie wir es beschrieben haben. Besser zu beobachten ist die vollständige Auslöschung des Lichts durch den Filter. Der Auslöschungswinkel weicht immer um 90° vom Durchlasswinkel ab und kann anschließend einfach berechnet werden.

Aus diversen Strukturuntersuchungen (IR-Spetroskopie, NMR-Spektroskopie) konnte man die Strukturen der verschiedenen D-Monosaccharide aufklären. Auf der nächsten Seite sind die wichtigsten Vertreter als Stammbaum jeweils in FISCHER-Projektion dargestellt.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Erklären Sie, warum der gemessene Drehsinn im Polarimeter auch von der Konzentration der Probenlösung abhängig ist!
- 2. Überlegen Sie sich, welche Untersuchungsmöglichkeiten sich für Lebensmittel (Lösungen) mittels Polarimeter ergeben!
- 3. Prüfen Sie die Formlen ausgewählter Fette auf das Vorhandensein von asymetrischen C-Atomen!

Das unterschiedliche Verhalten gegenüber den Nachweismitteln (nach FEHLING, TOLLENS, SCHIFF) können wir mit den asymetrischen C-Atomen und den daraus resultierenden optischen Eigenschaften aber nicht erklären. Einen wichtigen Hinweis zur Lösung des Problems gab folgendes Experiment:

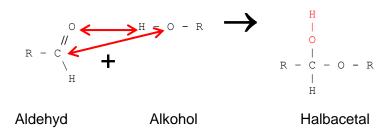
Eine frisch hergestellte Glucose-Lösung wird einige Zeit im Polarimeter beobachtet.

Eigentlich erwartet man, dass nun ein bestimmter Drehwinkel gemessen wird. Bei der Auswertung der Messwerte stellte man aber fest, dass diese beachtlich schwankten. Nach einer bestimmten Zeit pegelt sich das Messergebnis aber auf einen konstanten Wert ein. Da keine Messfehler vorlagen und der Effekt reproduzierbar ist, musste die Ursache woanders gesucht werden.

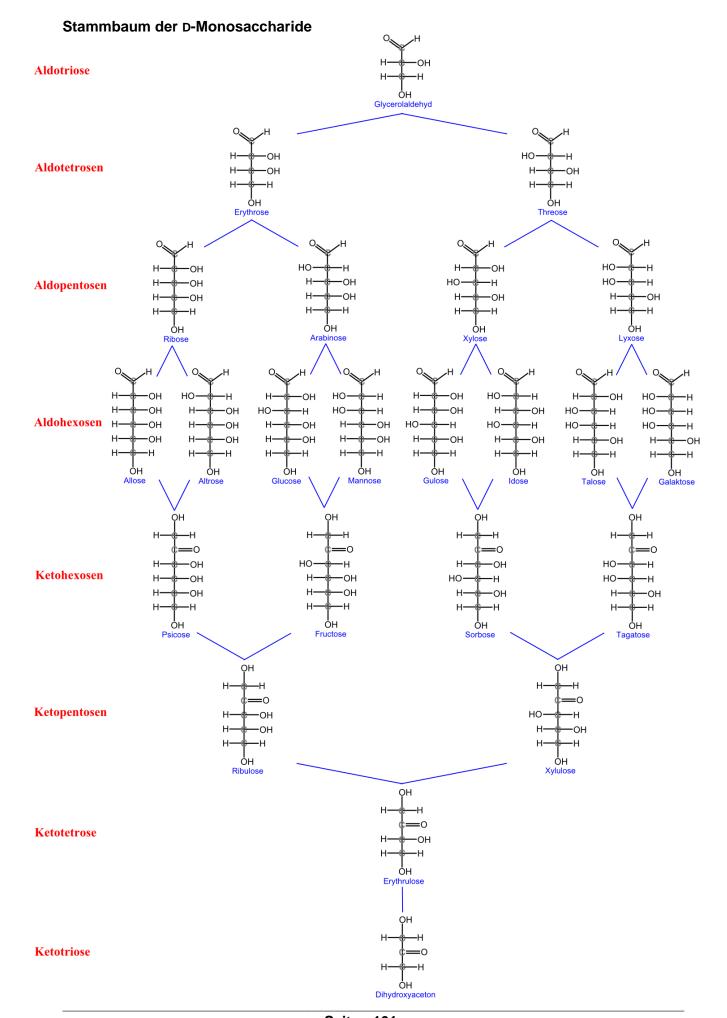
Wenn sich Traubenzucker-Moleküle in wässrigen Lösungen frei bewegen können, dann bilden sie molekülinterne Ringe. Irgendwann reagiert die Aldehyd-Gruppe mit einer Hydroxyl-Gruppe.

Die resultierende Struktur heißt Halbacetal. Sie ist durch die Ether-Struktur (C – O – C) sowie einer freien (neu entstandenen) Hydroxyl-Gruppe (– OH) gekennzeichnet.

Der Ringschluß läßt auch die reaktionsfähige Aldehyd-Gruppe verschwinden. Sie wird bei vielen Nachweisen eigentlich benötigt.



Der relativ feste und stabile Ring, kann nur durch starke Nachweismittel bzw. entsprechende Umgebungsbedingungen aufgebrochen werden.



Der Ring besteht aus fünf Cohlenstoff- und einem Sauerstoff-Atom.

Genauer müsste man eigentlich sagen, es entstehen zwei verschiedene Ringe. So unwesentlich der Unterschied am ersten C-Atom auch scheint, die unterschiedliche Position der OH-Gruppe bestimmt über wichtige Stoffeigenschaften (siehe Tetraeder-Modell).

In der FISCHER-Projektion werden α -ständige OH-Gruppen rechts und β -ständige links geschrieben.

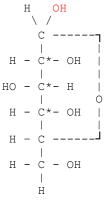
Der kleine Unterschied ist verantwortlich für so völlig verschiedene Stoffbildungen, wie Cellulose und Stärke.

Die aus der Aldehyd-Gruppe entstandene neue Hydroxyl-Gruppe wird – auf Grund ihrer erhöhten Reaktionsfähigkeit – als glycosidische Hydroxyl-Gruppe bezeichnet.

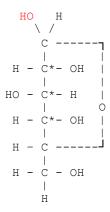
Alle anderen Hydroxyl-Gruppen werden alkoholisch genannt

Die FISCHER-Projektion ist insgesamt sehr unübersichtlich. Auch werden die realen Molekül-Strukturen kaum passend abgebildet.

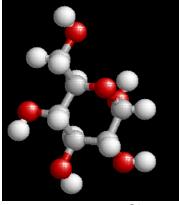
HAWORTH schlug deshalb eine andere Schreibweise der Ringe und Molekülstrukturen vor. In seiner Projektion werden die Ringe eben gezeichnet.



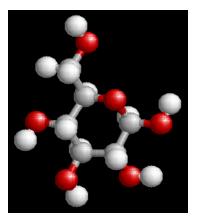
$$\alpha$$
-D(+)-Glucose [α]=+111°



β-D(+)-Glucose [α]=+19°



 α -D(+)-Glucose (Kugel-Stab-Modell)



β-D(+)-Glucose (Kugel-Stab-Modell)

Das höchstoxidierte C-Atom liegt rechts bzw. auch mal links (z.B. in Reaktionsgleichungen). Das Sauerstoff-Atom stellt man sich räumlich nach hinten (aus der Papierebene) rausgeklappt vor. Dementsprechend werden die C-Atome 2 und 3 des Cohlenstoff-Gerüstes nach vorne gedacht. In modernen, ausführlichen Struktur- oder Gitterstruktur-Formeln wird die räumliche Lage durch dickere (nach vorne) oder dünnere – z.T. gestrichelte – Linien angedeutet.

ausführliche Strukturformeln

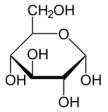
Gitterstrukturformeln

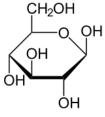
$$\alpha$$
-D(+)-Glucose

!!! viele der nachfolgenden Strukturformeln stammen aus wikipedia (de.wikipedia.org) und sind als Lizenzfrei oder public domain gekennzeichnet, weshalb hier auf eine individuelle Kennzeichnung verzichtet wird, Urheber dieser Gitterstruktur-Formeln ist zumeist NEUROtiker

Die beiden Ring-Varianten werden auch als Anomere bezeichnet. Anomere sind also Kohlenhydrate, die sich nur in der Lage der glycosidischen Hydroxyl-Gruppe unterscheiden.

Die neu gebildete Hydroxyl-Gruppe am anomeren Zentrum (hier das C₁-Atom) wird auch als anomere Hydroxyl-Gruppe bezeichnet.





 α -D(+)-Glucopyranose

 β -D(+)-Glucopyranose

Kette und Ring-Form bilden in Lösung ein Gleichgewicht (3:97). Bei den Ring-Formen ist im Gleichgewicht die β -Form etwas bevorteilt (energetisch günstiger gebaut; 63%). Die Summenformel des Moleküls bleibt gleich, es ändert sich aber seine Struktur. Man spricht hier von Tautomerie (Sonderfall der Isomerie). Die Ring-Ketten-Tautomerie ist ein charakteristisches Merkmal vieler Monosaccharide.

Da sich die Gleichgewichte Kette-Ring sowie α - und β -Form erst einstellen müssen, kann man einen stabilen Drehwert erst nach einer längeren Zeit messen. Davor schwankt der Messwert stark und pegelt sich dann nach und nach bei 53° ein. Der Prozess wird Mutarotation genannt. Die Umwandlung der Drehwinkel-bestimmenden Formen ineinander erfolgt immer über die Kettenform.

Die Kohlenhydrate mit 6er Ringen werden wegen der Ähnlichkeit des Ringkörpers zum Pyran (früher auch Pentaphan) auch als **Pyranosen** bezeichnet.

Die beiden Glucose-Anomere heißen dementsprechend (s.o.):

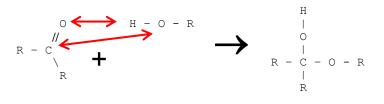
Pyran



Halbketal

 α -D(+)-Glucopyranose β -D(+)-Glucopyranose

Bei den Ketosen heißen die Ringstrukturen abgeleitet Halbketale.



Alkohol

Keton

Aufgaben:

- 1. Besorgen Sie sich eine Kopie des Stammbaum der D-Monosaccharide! Kennzeichnen Sie darin alle asymetrischen C-Atome mit einem Bleistift-Punkt!
- 2. Erstellen Sie sich auf einem Extrablatt den Stammbaum der 1-Monosaccharide!
- 3. In einer wässrigen Glucose-Lösung befinden sich 1000 Moleküle Glucose. Wieviele Moleküle davon liegen in der α -Form vor? Begründen Sie Ihren Rechenweg!
- 4. Gegeben ist eine 4M wässrige Glucose-Lösung. Berechnen Sie die Konzentrationen aller möglichen Molekül-Formen!

Neben den besprochenen heterocyclischen 6er Ringen kommen auch 5er Ringe vor.

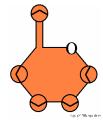
Der gebildete 5er Ring sieht dem Furan sehr ähnlich, so dass hier der Begriff der Furanosen benutzt wird. Der Anteil von Furan-Formen ist in einer Glucose-Lösung sehr gering.

Die beiden Glucose-Anomere mit einem 5er Ring heißen dementsprechend:

 α -D(+)-Glucofuranose β -D(+)-Glucofuranose

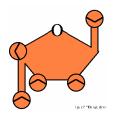
$$\alpha$$
-D(+)-Glucofuranose [α]=+ $^{\circ}$

$$β$$
-D(+)-Glucofuranose $[α]$ =+°



In diesem Skript werden wir oft für die Glucose ein sehr einfaches Modell benutzen. Es soll nur die wesentlichen Abschnitte des Moleküls andeuten. Die Kreise sollen dabei für die Hydroxyl-Gruppen stehen (siehe linke Abbildung). Wegen der nur sehr feinen Unterschiede zwischen den einzelnen Einfachzuckern mit Aldehyd-Gruppe, werden wir für alle das gleiche – noch weiter vereinfachte – Symbol (siehe rechte Abbildung) verwenden.





Im Prinzip neigen alle Monosaccharide in Lösung zur Ringbildung. Im Falle der Fructose (Fruchtzucker) entsteht eine Furan-Struktur – also eine fünfzählige heterocyclische Struktur.

Die ablaufenden Vorgänge der Ringbildung und Ringauflösung unterscheiden sich prinzipiell nicht von den bei der Glucose. Herausragendes Strukturmerkmal ist die schon erwähnte Furan-ähnliche Ringstruktur. In Modellen wird dieser oft auf den 5er Ring reduziert. Dabei darf man natürlich nicht vergessen, dass Fructose eine Hexose bleibt.



Bei der Fructose tauchen neben den hier häufiger vorkommenden Furanose auch die Pyranose-Formen auf.

Keilstrich-Formel HAWORTH-Projektion / -Formel (Gitterstruktur-Formel) CH₂OH CH₂OH CH₂OH ОН HO_cH ÓΗ OH HO,, $\alpha\text{-D-Fructofuranose}$ **ß-D-Fructofuranose** $HO_{\prime\prime\prime}$ H,,, CH₂OH HO CH₂OH HC OH ОН **D-Fructose** α-D-Fructopyranose β-D-Fructopyranose

Durch Verwendung bestimmter Zusätze oder anderer Lösungsmittel kann man die Gleichgewichte der einzelnen Molekül-Strukturen zueinander verschieben. So gelingt das Auskristallisieren von α -D-Glucose aus einer wässrigen Ethanol-Lösung. Unter basischen Bedingungen verschiebt sich das Ring-Kette-Gleichgewicht zu den Ketten hin. Dadurch stehen mehr freie Aldehydgruppen für Reaktionen zur Verfügung. Im sauren Milieu dagegen ist die Ringbildung bevorteilt und fast alle Moleküle liegen in der Ringform vor. Aldehyd-Gruppen sind dann kaum noch nachweisbar.

Aufgaben:

- 1. Skizzieren Sie die Formel für Fructose in der FISCHER-Projektion!
- 2. Stellen Sie für eine weitere Hexose (außer Glucose und Fructose) die möglichen Strukturen dar! Benutzen Sie sowohl die FISCHER- als auch die HAWORTH-Projektion! Kennzeichnen Sie zwischen welchen Molekülen Gleichgewichte in einer wässrigen Lösung existieren!

für die gehobene Anspruchsebene:

3. Zeichnen Sie die ausführliche Strukturformeln und die Gitterstrukturformeln für die 1-Glucopuranose!

einzelne chemische Eigenschaften der Monosacharide

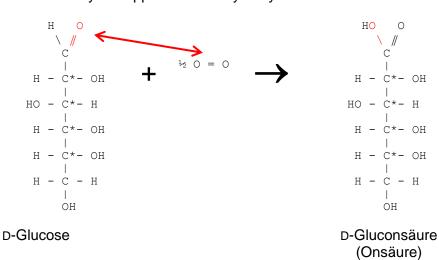
Aus der organischen Chemie ist vielleicht noch bekannt, dass Aldehyd-Gruppen sowohl reduziert als auch oxidiert werden können. In Kohlenhydraten ist diese Fähigkeit prinzipiell erhalten. Voraussetzung ist natürlich, die Gruppe ist frei und nicht in eine andere Bindung einbezogen (z.B. in einer glycosidischen Bindung).

Der in der obigen Gleichung aufgezeigte Wasserstoff reagiert natürlich nicht einhach so mit Glucose. Änhlich verhält es sich mit dem Sauerstoff in den folgenden Formeln. Gemeint ist die reine Anwesenheit und die prinzipielle Reaktion. In biologischen Systemen werden die Reaktionen über Enzyme realisiert, die z.B. Wasserstoff in enzymgebundener Form (z.B. NADH₂⁺) zugeführt bekommen.

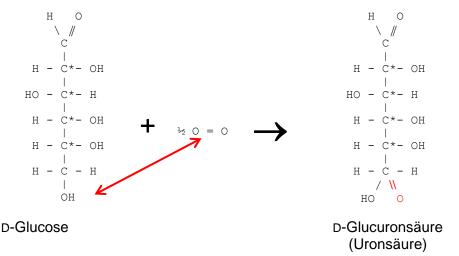
Bei Verwendung von Galactose als Ausgangsstoff erhält man Dulcit als Zuckeralkohol – bei Mannose ist es Mannit.

Die Zuckeralkohole sind für die diabetische und diätische Ernährung sehr interessant, da diese nicht in die regulären Abbauprozesse einfließen können und somit keinen physiologischen Energiewert besitzen. Zuckeralkohole (besonders Sorbit) sind sehr begärte Zuckeraustauschstoffe.

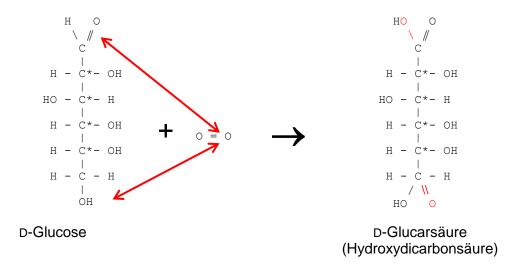
Eine Oxidation der Aldehyd-Gruppe läßt eine Hydroxy-Carbonsäure entstehen.



Mit der Oxidation der Aldehyd-Gruppe sind die Oxidations-Möglichkeiten aber nicht ausgereizt. Wird die (primäre) Hydroxyl-Gruppe am sechsten C-Atom oxidiert, dann entsteht eine sogenannte Uronsäure (enthält –OH -, –CHO -, und –COOH -Gruppe(n)).



Auch eine doppelte Oxidation ist möglich. Am ersten und sechsten Cohlenstoff-Atom entstehen Säure-Gruppen (Carboxyl-Gruppen).



Bei allen Kohlenhydraten ist eine vollständige Oxidation – im Sinne einer Verbrennung - möglich. Bei ausreichendem Sauerstoffangebot entstehen nur Cohlendioxid und Wasser.

$$C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$$
 ; $\Delta_RG = -218 \text{ kJ/mol}$

Aufgaben:

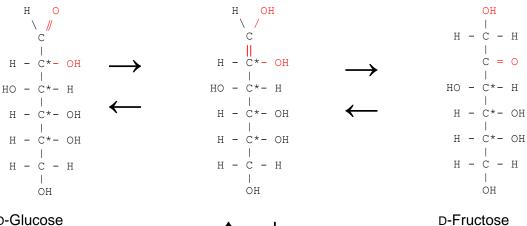
1. Stellen Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Saccharose auf!

für die gehobene Anspruchsebene:

2. Überlegen Sie sich, welche Oxidationsmöglichkeiten bei Fruchtzucker vorhanden sind! Stellen Sie passende Gleichungen auf! Benennen Sie die gebildeten Stoffe!

Die funktionellen Gruppen in Glucose-Molekülen können sich unter basischen Bedingungen innerhalb des Moleküls umlagern. Damit ist eine einfache Umwandlung in Fructose und Mannose möglich.

Endio-Form



D-Glucose

HO - C*- H HO - C*- H H - C*- OH H - C*- OH н - С - н ОН

D-Mannose

In saurem Milieu und unter Erwärmung kommt es bei Glucose zu einer molekülinternen Wasserabspaltung. Es entsteht eine heterocyclische Verbindung, deren Ringkörper an Furfural erinnert.

Furfurale sind allgemein giftig und reizend. Sie haben aromatische Gerüche. Die bräunlichen Öle riechen karamell- bis brotartig.

D-Glucose

Hydroxymethylfurfural

Das Reaktionsprodukt aus der Dehydratisierung von Glucose heißt exakt Hydroxymethylfurfural. Wird dieses in einem glucosehaltigen Lebensmittel nachgewiesen, dann ist dies ein Zeichen für eine Erhitzung bei der Zubereitung.

Bildung von zusammengesetzten Zuckern

Die Vielzahl funktioneller Gruppen legt den Verdacht nahe, dass Monosaccharide sehr reaktive Verbindungen seien. Dies ist nicht so. Zwar sind viele Reaktionen und Reaktionsarten möglich, aber vielfach werden spezielle Bedingen (saures / basisches Milieu) oder Enzyme / Katalysatoren benötigt. Einige der wichtigsten Reaktionen wollen wir hier vorstellen.

Besonders reaktiv sind die glycosidischen Hydroxyl-Gruppen. Aus den Reaktionen mit anderen Monosacchariden leiten sich die längerkettigen Kohlenhydrate ab.

Schauen wir uns die reagierenden Molekülteile noch etwas genauer an:

Das Reaktionsprodukt gehört zu den Vollacetalen. Es existieren keine weiter reaktionsfähigen funktionellen Gruppen. Zwischen den verschiedenen Resten kommen nur noch Sauerstoff-Brücken (Ether-Gruppen) vor.

Da im besprochenen Fall von beiden Ausgangsmolekülen die glycosidischen Hydroxyl-Gruppen reagieren, können sich diese auch nicht mehr zurück zu Aldehydgruppen wandeln. Somit sind auch keine Aldehyd-typischen Reaktionen – wie z.B. die Nachweise – möglich. Wir sprechen von einem **nichtreduzierend**en Disaccharid. Im Endprodukt ist das Cohlenstoff-Atom 1 (von Glucose) mit dem zweiten Cohlenstoff-Atom von Fructose über die Sauerstoff-Brücke verbunden.

Wir sprechen auch von einer 1,2 (sprich: eins zwei) glykosidischen Bindung (Dicarbonyl-Bindung). Manchmal findet man auch die Benennung als Disaccharid des Trehalose-Typs. Trehalose ist ein Disaccharid, dass in den Kokons verschiedener Insekten beobachtet wurde. Bei ihm sind 2 α -D-Glucose-Moleküle 1,1-glycosidisch verknüpft.

Nichtreduzierende Saccharide können auch nicht mehr aktiv weiterreagieren, da bei ihnen keine freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe mehr da ist. Eine gleichwertige Verknüpfung ist die 1,1 glycosidische Bindung, wenn z.B. zwei Aldosen entsprechend miteinander reagieren.

Mittels der gewonnenen Kenntnisse wird nun auch die systematische Benennung der Saccharose als Glucose- $\alpha(1 \rightarrow 2)\beta$ -fructose nachvollziehbar.

Nun kann man sich natürlich ernsthaft fragen, wieso von Glucose die α -Form und von Fructose die β -Form? Was ist mit den anderen möglichen Ringstrukturen und Kombinationsmöglichkeiten? Diese reagieren nicht zu Saccharose, weil die Bildung in der Natur von Zellen mit spezifischen Enzymen erledigt wird. Diese lassen nur den beschriebenen Weg zu. Außerdem würde eine andere Kombination ein anderes Disaccharid ergeben. Auch hierfür gibt es in der Natur Zellen (Mikroorganismen) mit passenden Enzymen.

Reagieren zwei α -D-Glucose-Moleküle miteinander (unter passender Enzym-Anwesenheit), dann reagiert die eine glycosidische OH-Gruppe mit einer ("normalen") Hydroxyl-Gruppe am vierten C-Atom der zweiten Glucose.

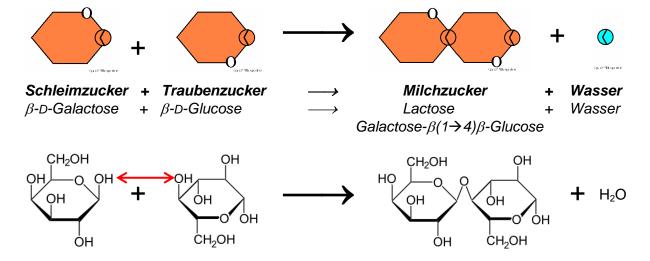
Auf den ersten Blick handelt es sich auch um den gleichen chemischen Vorgang – die Bildung eines Vollacetals.

Traubenzucker + Traubenzucker
$$+$$
 D-Glucose $+$ D-Glucose $+$ Wasser $+$ H₂O $+$ H₂OH $+$ H₂O $+$ H₂OH $+$ H₂O

Im Detail stellt man aber fest, dass die glycosidische Hydroxyl-Gruppe des zweiten Glucose-Moleküls unberührt bleibt. Diese kann in Lösung aufreißen und eine reduzierende Aldehyd-Gruppe entstehen lassen. Saccharide mit einer freien Aldehyd-Gruppe werden deshalb auch als reduzierende Zucker bezeichnet. Sie sind weiterhin reaktionsfähig.

Die Maltose ist, wie die Trehalose bei der Saccharose namensgebend für den Bautyp (Maltose-Typ, $\alpha(1\rightarrow 4)$ -Bindung).

Ein anderer wichtiger Zweifachzucker ist der Milchzucker (Lactose). Er entsteht aus je einem Molekül Schleimzucker (Galactose) und Traubenzucker (Glucose). Beachten Sie bitte unbedingt, dass wir hier zwar die gleichen Symbole für den Traubenzucker und den Schleimzucker (als Hexapyranosen) verwenden, dies aber verschiedene Zucker sind (siehe Stammbaum der Monosaccharide)!

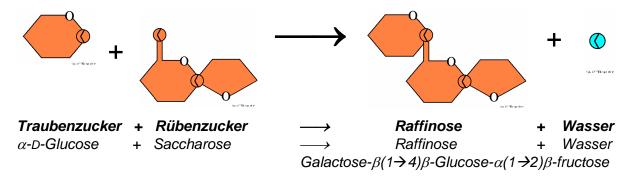


Lactose ist ebenfalls ein Disaccharid vom Maltose-Typ.

Weitere Bindungsvrarianten sind der Cellobiose-Typ ($\beta(1\rightarrow 4)$ -Bindung), Brachiose-Typ ($\alpha(1\rightarrow 6)$ -Bindung) und der Gentobiose-Typ ($\beta(1\rightarrow 6)$ -Bindung). Bei den Disacchariden spielen diese Verknüpfungen eine untergeordnete Rolle. Wichtiger sind sie dann bei den längerkettiger Sacchariden.

Dreifachzucker (Trisaccharide) und **Vierfachzucker** (Tetrasaccharide) spielen mit ihren 3 oder 4 Bausteinen nur eine unwesentliche Rolle in der Ernährungslehre. Sie werden deshalb mit anderen Kohlenhydraten, die ebenfalls nur wenige Bausteine (bis maximal 20) enthalten, zu den **Mehrfachzucker**n (Oligosacchariden) gezählt. Selten werden bei den Mehrfachzuckern noch die Pentasaccharide und die Hexasaccharide usw. unterschieden.

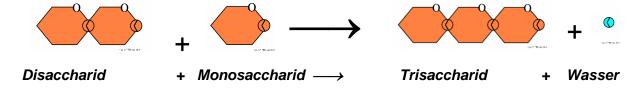
Zu den etwas häufigen Dreifachzuckern gehört die Raffinose. Die Saccharose ist gewissermaßen um einen Galaktose-Baustein ergänzt. Die Galactose ist a(1 \rightarrow 6)-glycosidisch am Glucose-Teil gebunden (entspricht Brachiose-Typ). Der systematische Name der Raffinose lautet deshalb auch Galaktose- $\alpha(1\rightarrow)$ 6-Glucose- $\alpha(1\rightarrow2)$ -Fructose.

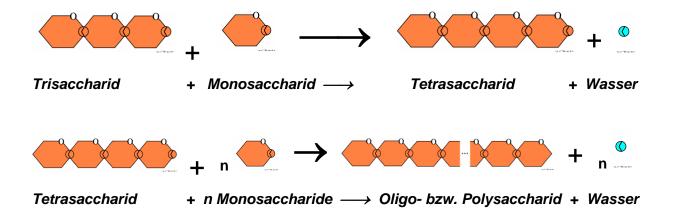


Raffinose ist eines der kleinsten Speicher-Kohlenhydrate. Es entspricht in der Funktion vielfach der Stärke. Besonders Erbsen und Bohnen enthalten viel davon (5 – 15 % in der Trockenmasse). In anderen Pflanzen ersetzt die Raffinose die Saccharose als Transport-Substanz. Hier sind vorrangig Kürbisgewächse und Linden als Beispiele zu nennen.

Alle Kohlenhydrate mit noch mehr Bausteinen, werden den **Vielfachzucker**n (Polysacchariden) zugeordnet.

Dabei läuft die Verlängerung der Kette in den besprochenen Reaktionsschemen ab.



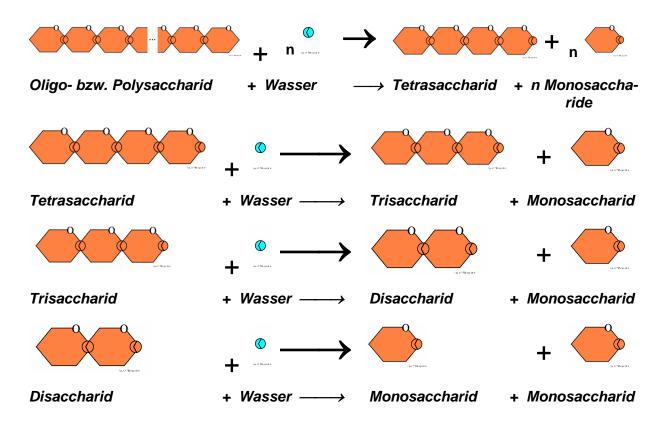


Zerlegung von zusammengesetzten Zuckern

Ab den Disacchariden sind Kohlenhydrate durch Säurehydrolyse in kleinere Baugruppen (mindestens Monosaccharid-Größe) spaltbar. Die Spaltung sind Hydrolysen, d.h. bei Anwesenheit und unter Verbrauch von Wasser werden die Ausgangsstoffe zerlegt. Im Prinzip laufen die besprochenen Reaktionen in umgekehrter Reihenfolge rückwärts ab. Die Reaktionen werden zusätzlich durch Amylasen (Stärke-abbauende Enzyme) katalysiert.

In Wasser - und noch besser bei Vorhandensein von Säuren und / oder Enzymen (z.B. α -Amylase (z.B. Ptyalin)) - vollzieht sich die Hydrolyse der längerkettigen Kohlenhydrate. Dabei werden letztendlich Einfachzucker-Reste abgespalten. Hydrolyse heißt der Vorgang deshalb, weil mittels Wasser (lat. hydro) die Stärke scheinbar aufgelöst (lat. lysis) wird. Praktisch ist hier nicht das physikalische Lösen sondern der Abbau der Stärke gemeint. Man bezeichnet den Vorgang deshalb im Deutschen besser auch als Stärke-Abbau.

Die Vielfachzucker werden schrittweise in kleinere Einheiten zerlegt. Am Ende werden die Vielfachzucker vollständig in Einfachzucker zerlegt.



Die Einfachzucker sind besser in Wasser löslich als die Vielfachzucker. Es scheint dann so, als würde sich der Vielfachzucker in der sauren Lösung auflösen. Richtig wäre es aber, zu sagen, dass sich der Vielfachzucker zersetzt und die Reaktionsprodukte sich dann auflösen Einige Enzyme des Mundspeichels (z.B. b-Amylase) spalten die Vielfachzucker nicht vom Ende her, sonder zerlegen diese in grobe Stücke (Dextrine, Oligosaccharide). Danach tun die anderen Amylasen ihre Arbeit von den Enden her. Beispielhaft könnte dies so aussehen:

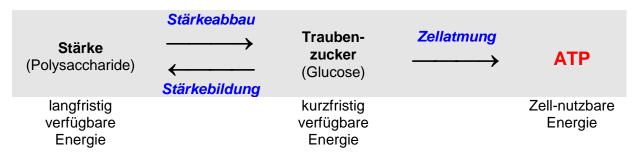


3.2.3.2. Biologische Eigenschaftung der Kohlenhydrate und ihre Bedeutung

Mit den Kohlenhydraten verbinden wir wohl sprichwörtlich den süßen Geschmack. Wegen diesem sind die betreffenden Vertreter auch bei den meisten Organismen sehr beliebt. Der süße Geschmack ist allerdings nicht bei allen Sacchariden anzutreffen. Viele besitzen überhaupt keinen eigenen Geschmack. Erst nach längerem Kauen oder Aufbewahren in diversen Lösungen, bekommen sie einen süßen Geschmack.

In den Lebewesen bzw. in den Zellen dienen Kohlenhydrate vor Allem der Energiebereitstellung und -speicherung. So ist Glucose der Stoff, der die kurzfristig benutzbare Energie darstellt. Im Bedarfsfall wird die Glucose in Cohlendioxid und Wasser (Zellatmung) abgebaut. Organismen, die der Zellatmung nicht mächtig sind (z.B. Mikroorganismen) betreiben statt dessen die Gärung. Infolge dieser Dissimilations-Prozesse werden organische Endprodukte (z.B. Milchsäure, Ethanol) freigesetzt. Die freiwerdende Energie (in Form von ATP) steht dann für andere Lebensprozesse zur Verfügung. Stärke dient als langfristiger Energiespeicher. Wird der Energiepool knapp, dann wird die Stärke schrittweise in Glucose zerlegt.

(Dieser Vorgang wird ausführlich im Abschnitt 4. Stoffwechsel der Zellen erläutert.)



Durch geregelten Aufbau und Abbau der Stärke wird die Konzentration der Glucose in der Zellflüssigkeit oder im Blut konstant gehalten. (siehe auch 4.3. Hormone (Blutzucker-Regulation)) Neben den energetischen Funktionen werden Kohlenhydrate auch als Baustoff verwendet. Hier sei vorrangig auf die Cellulose hingewiesen. Aber auch sonst sind Kohlenhydrate (sogenannte Pektine) in vielen Zellbestandteilen (z.B. Zellmembran, Mittellamelle) eingebaut. Cellulose wird von den ausgewachsenen pflanzlichen Zellen gebildet und nach außen abgegeben. Die Cellulose-Fasern lagern sich dann außen auf der Zellmembran ab und bilden so die Zellwand. Diese stabilisiert die Zelle. Erst durch den Aufbau von Zellwänden können Pflanzen außerhalb des Wassers gegen die Schwerkraft zum Licht wachsen. Viele Pflanzen lagern in die Zellwände noch zusätzliche Stoffe ein. Damit werden die Zellwände dann noch weiter verfestigt - die Cellulose-Fasern verkleben. Ein solcher eingelagerter Stoff ist der Holzstoff Lignin. Wie der Name es schon andeutet, ist er für die Verholzung von Zellwänden verantwortlich. Lignin ist ein abgewandeltes Kohlenhydrat. Abgewandelte Stoffe nennt man allgemein auch Derivate. Lignin ist also eine Derivat der Saccharide.

Im menschlichen Körper (und bei vielen höheren Tieren) spielen sich praktisch die gleichen energetischen Vorgänge ab. Einige Stoffe sind gegen andere ausgetauscht worden. Manche Stoffe haben einfach nur einen anderen Namen.

Leberstärke (Glykogen)	Glykogenolyse	Blutzucker (Glucose)	Zellatmung	ATP
langfristig verfügbare Energie		kurzfristig verfügbare Energie		Zell-nutzbare Energie

Interessant ist die unterschiedliche Nutzung des Blutzuckers bei der Energiebereitstellung z.B. bei größeren körperlichen Anstrengungen. Solange in den beanspruchten Muskeln genug Sauerstoff zur Verfügung steht, kann der Blutzucker in viel ATP-Energie umgewandelt werden. Die Endprodukte Cohlendioxid und Wasser werden über die Atmung (Lunge und Haut) ausgeschieden. Dieser Vorgang heißt Zellatmung. Wird der Sauerstoff aber knapp (z.B. durch unzureichende Atmung oder Überanstrengung), dann kann der Blutzucker nur zu sehr wenig ATP-Energie abgebaut werden. Im Ergebnis sinkt die Leistungsfähigkeit.

ZES ... Zuckerersatzstoff (im Sinne des Lebensmittelgesetzes) sind aus natürlichen Quellen stammende und künstlich abgewandelte Süßstoffe (zumeist Kohlenhydrate), meist weniger süß aber auch mit weniger physiologischer Energie, einige werden auch unabhängig vom Insulin-Regulations-System im Körper verwertet, was eine Verwendung für Diabetiker ermöglicht (z.B. Fruchtzucker)

Sionon (Gemisch aus 99,89 % Sorbit und 0,11 % Saccharin) besitzt eine Süßkraft von 50 % (gegenüber Saccharose)

SSt ... Süßstoffe (im Sinne des Lebensmittelgesetzes) künstlich / synthetisch gewonnene Stoffe, die als Süßmittel dienen und eine (deutlich) höhere Süßkraft als Saccharose haben.

keinen physiologischen Energiewert, weil in den Zellen kein Abbau der Stoffe erfolgt (fehlende Enzym-Bestecke)

Beispiele Saccharin (Süßkraft 30.000 – 50.000 im Vergleich zu Saccharose), Cylamate (1.500 – 3.000) und Aspartame (20.000)

im Handel Gemische aus Cyclamat und Saccharin (10 : 1), um den bitteren Nachgeschmack von reinem Saccharin besser zu gestalten (Süßkraft 9.000)

Stoff	Stoffart	Süßkraft [%]	physiologischer Brennwert
Saccharose	KH	100	16,8 kJ/g
Acesulfam K	SSt	20.000	-
Aspartam	SSt	15.000 – 25.000	28 kJ/g
Bienenhonig	(KH)	90	13,8 kJ/g
Cyclamat		3.000 - 5.000	-
Fructose	KH		16,8 kJ/g
Glucose	KH		16,8 kJ/g
Isomalt	ZES	45	
Lactit	ZES	35	
	ZES	75	16.0 k l/a
Lycasin	ZES	75	16,8 kJ/g
Maltit	ZES	78	16,8 kJ/g
Mannit	ZES	50 / 70	16,8 kJ/g
5 1 11 11	750		40.01.1/
Palatinit	ZES	85	16,8 kJ/g
Saccharin	SSt	30.000 – 50.000	-
Sorbit	ZES	50	10,0 kJ/g
L-Sorbose	KH / ZES	85	16,8 kJ/g
Xylit	ZES	100 / 90	10,0 / 16,8 kJ/g

Exkurs: Laktat-Test (Lactat-Test)

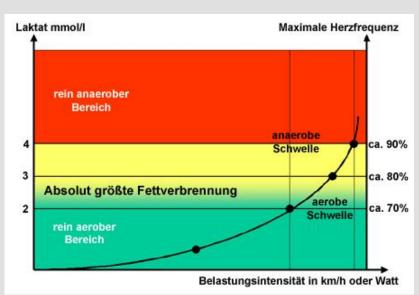
Zur Abschätzung der Leistungfähigkeit von Sportlern und zur Erkennung von Stoffwechsel-Erkrankungen (z.B. Diabetes) wird die Schwelle beim Umschalten zwischen Zellatmung und Milchsäure-Gärung in den Energie-Versorgung der Muskelatur gesucht.

Normalerweise (bei geringer Belastung) reicht der im Muskeln gespeicherte (an Myoglobin – einem roten Muskelfarbstoff) und mit dem Blut rantransportierte Sauerstoff für die Umwandlung der Glucose aus. Über die Zellatmung (Glycolyse → Citrat-Cyclus → Atmungskette) wird reichlich Energie (rund 36 ATP pro Glucose) bereitgestellt. Die Endprodukte Cohlendioxid und Wasser werden über das Blut abtransportiert und ausgeschieden.

Bei stärkerer Belastung reicht der Sauerstoff nicht mehr aus. Die Energieversorgung schaltet auf die Variante um, die keinen Sauerstoff braucht – die Milchsäure-Gärung. Nun wird statt Cohlendioxid und Wasser reichlich Milchsäure transportiert. Das Säurerest-Ion der Milchsäure ist das Lactat-Ion, welches nun reichlich im Blut nachgewiesen werden kann. Nachteilig an der Milchsäure-Gärung ist der eher bescheidene Energie-Gewinn von nur 2 ATP pro Glucose.

Leistungssportler haben – entsprechend ihrem Trainingszustand – mehr Sauerstoffreserven im Körper. Ihre Muskelatur hat mehr Myoglobin und Lunge und Blut können mehr Sauerstoff aufnehmen.

Bei schlechten Trainigszustand oder bei Stoffwechsel-Problemen wird eher auf Milchsäure-Gärung umgeschaltet. Dies kann bei Belastungstests durch einfache Bluttests schnell untersucht werden. Dabei werden über den gesamten Zeitraum der Belastung Blutproben genommen und auf Lactat getestet. Beim Umschalten von Zellatmung auf Milchsäure-Gärung steigt der Lactat-Gehalt im Blut relativ schnell an.



Q: www.dialaktmobil.de

normaler Wert / Ruhewert: 2 mmol/l aerobe Trainingssituation: < 2 mmol/l

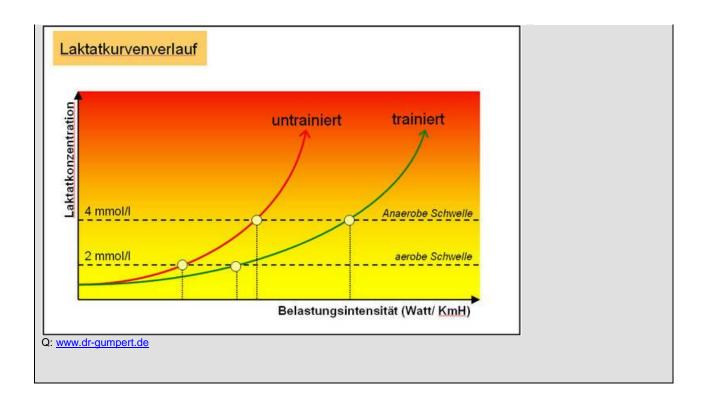
aerober-anaerober Grenzbereich: 2 - 4 mmol/l

anaerobe Trainigssituation: > 4 mmol/l

Ziel ist eine Leistungserbringung im grünen Bereich. Die Lactat-Werte sollten in der Wettbewerbs-Situation (Belastungs-Situation) im gelben Bereich verbleiben und der Herzschlag nicht über 90% des Maximums gehen. Zeitweise und kurzzeitig darf der Wert in den roten Bereich liegen.

Gelber Bereich für die Gewichtsabnahme und das Training normaler Menschen empfohlen. Optimal ist ein Lactat-Wert zwischen 2 und 3.

Liegt der der Lactat-Wert häufig bzw. dauerhaft im roten Bereich, dann ist dies ein Zeichen von mangelnder Fitness bzw. einer Überbelastung. Dies kann zu gesundheitlichen Problemen führen.



3.2.4. Wichtige Kohlenhydrate - kurz vorgestellt

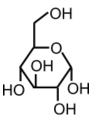
3.2.4.1. Einfachzucker

Traubenzucker (Glucose, Dextrose)

Bau, Vorkommen: Traubenzucker kommt in allen Zellen vor. Als Primärprodukt der Photosynthese nimmt es in der gesamten Pflanzenwelt eine besondere Rolle ein. Sie stellt gewissermaßen den Initialstoff für alle organischen Stoffkreisläufe dar. Im Prinzip ist Glucose der wichtigste Energieträger in der Geosphäre.

Glucose ist der wichtigste und universalste Grundbaustein für die meisten anderen Kohlenhydrate. In vielen Früchten (Weintrauben, Bananen, Apfel, Birnen) wird Traubenzucker als Speicherstoff verwendet. Außerdem wird er bei der Zerlegung von Speicher-Kohlenhydraten (Vielfachzucker) frei.





Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Traubenzucker ist gut in Wasser löslich und schmeckt mittelmäßig süß. Bei Messungen im Polarimeter findet man einen spezifischen Drehwert von 53°, der von α - und β -Form im Gleichgewichts-Verhältnis (37 : 63) gebildet wird. Reine α -D-Glucose hat einen Drehwert von +112° (daher auch der Name Dextrose, für rechtsdrehender Zucker), die reine β -D-Glucose wird mit +19° gemessen. Die Kristalle bestehen aus der α -D-Glucose.

Von Mikroorganismen kann Glucose leicht vergoren werden. Bakterien stellen die für sie notwendige Energie über die Milchsäure-Gärung her.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_3H_6O_3$$
 ; $\Delta E_{bio} = -2 ATP$ ΔE_{bio} ... biologischer Energie-Umsatz

Viele niedere Pilze (z.B. Hefen) verfügen über ein anderes Enzymbesteck zur Umwandlung der Glucose. Sie produzieren Ethanol (Alkohol). Der Prozess wird dementsprechend alkoholische Gärung genannt.

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$$
; $\Delta E_{bio} = -2 ATP$

Alkoholische und Milchsäure-Gärung laufen anaerob ab, d.h. es wird kein Sauerstoff benötigt. Die Milchsäure-Gärung ist als Stoffwechsel-Prozess praktisch in allen höheren Organismen und Einzelzellen erhalten geblieben.

Einige wenige Bakterienarten können Traubenzucker auch zu Citronensäure umsetzen. Dazu ist Sauerstoff notwendig. Der Prozess wird häufig als Citronensäure-Gärung bezeichnet.

$$C_6H_{12}O_6 + 1\frac{1}{2}O_2 \longrightarrow C_6H_8O_7 + 2H_2O$$
 ; $\Delta E_{bio} = -?$ ATP

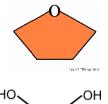
Im engeren Sinne ist es aber keine Gärung (diese laufen immer ohne Sauerstoff ab). Hier wird dann auch der etwas widersprüchliche Begriff der aeroben Gärung genutzt.

Alle höhreren Organismen sind zur Zellatmung fähig. Dabei wird die Glucose vollständig zu Cohlendioxid und Wasser abgebaut. Der biologisch relevante Energiegewinn liegt bei rund 36 Einheiten ATP.

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$
 ; $\Delta E_{bio} = -36 ATP$

Fruchtzucker (Fructose, Lävulose, Laevulose)

Bau, Vorkommen: Der Name Fruchtzucker deutet schon auf das Hauptvorkommen hin. Wohl jede süßliche Frucht besitzt einen mehr oder weniger großen Anteil an Fruchtzucker. Typische Vertreter fruchtzuckerhaltiger Früchte sind Kirschen und Pflaumen. Fructose ist ein Hauptbauelement der Saccharose – unseres Haushalts-Zuckers. Im Invertzucker und in Honig kommt Fructose zu fast 50 % des Zuckeranteils vor.



cker _F r als rau-

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Bei der Süßkraft ist Fruchtzucker einsame Spitze. Er schmeckt uns also besonders süß (rund 1,15x süßer als Haushaltszucker (Saccharose)). Seine Wasserlöslichkeit ist mit der von Traubenzucker vergleichbar gut.

Die bevorzugte Form in der wässrigen Lösung ist die β -D(-)-Pyranose (57%). In dieser Form liegen auch die Moleküle im Fructose-Kristall vor.

31% der gelösten Fructose-Moleküle liegen in der β-Furanose-Form, 9% in der α -Furanose- und die restlichen 3% liegen in der α -Pyranose-Form vor. Der spezifische Drehwert liegt bei -92° (und war namensgebend laevus = lat.: links).

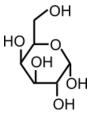
Fructose kann in den verschiedenen Lebewesen und Zellen – genau wie die Glucose – uneingeschränkt für alle Gärungen und die Zellatmung benutzt werden. Es ist ein Zwischenprodukt des einleitenden Prozesses - der Glycolyse (sowohl der Gärungen als auch der Zellatmung). Somit kann es unmittelbar und jederzeit eingeschleust und umgesetzt werden. Der Energiegewinn entspricht genau den Angaben, die schon bei der Glucose gemacht wurden. Auch die chemischen Gleichungen sind unberührt, da die Summenformeln für Fructose und Glucose übereinstimmen.

Schleimzucker (Galakose, Galactose)

Bau, Vorkommen: Galactose kommt im Wesentlich gebunden im Milchzucker (Lactose) bzw. in Oligosacchariden – wie Gummi arabicum (Latex, Milchsaft bestimmter Pflanzen (Wolfsmilchgewächse)) vor. Frei gelöst spielt es kaum eine Rolle in biologischen Systemen.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Die Süßkraft von Galactose ist sehr gering. Ein Lösen in Wasser ist nur schwer möglich. Schleimzucker wirkt reduzierend. Das Vergären ist nur von wenigen Hefen-Sorten möglich. Nur bestimmte Oberhefen (Hefen, die normal bei 18 – 25 °C arbeiten) können die Galactose überhaupt vergären. Die differenzierte Vergärbarkeit kann gut zur Unterscheidung genutzt werden. Eine Charakterisierung über den Drehwert von +80° des polarisierten Lichts ist ebenfalls möglich.



Mannose (Brotzucker)

Bau, Vorkommen: Mannose kommt als Bauelement in einigen Speicherkohlenhydraten diverser Früchte vor. Dies sind z.B. die Datteln, Johannesbrot-Früchte, Preiselbeeren und Steinnüsse.



Die Gewinnung erfolgt durch hydrolytischen Aufschluss von gemahlenen Steinnüssen.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Mannose wirkt reduzierend und ist in der α -Form am stabilsten. In Wasser ist Mannose gut löslich. In Lösung liegt Mannose vorrangig in der Pyranose-Form vor. Die Furanose-Form ist aber ebenfalls möglich. In Lösung ergibt sich ein Drehwert von +14° für das polarisierte Licht.



Ribose

Bau, Vorkommen: Die Ribose ist einer der wichtigsten Pentosen. Es kommt in jeder Zelle im genetischen Material (RNS und / oder DNS) als Baustein vor. In der DNS liegt die Ribose in einer desoxygenierten Form (eine –OH-Gruppe fehlt) vor. Der Zucker heißt dann Desoxyribose. Außerhalb des genetischen HO Stoffwechsels spielt die Ribose – wie auch die Desoxyribose kaum eine Rolle. In Oligosacchariden verbaut, ist die Ribose wesentlicher Bestandteil vieler Pektine und diverser weiterer Oligosaccharide.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Ribose und ihr Derivat lassen sich – ähnlich allen anderen Pentosen – nicht vergären. Eine Oxidation der Aldehyd-Gruppe ist möglich (wirkt also reduzierend).

weitere Monosaccharide (ganz ganz kurz)

	Zucker	Vorkommen	besondere Eigenschaften
C_5	L-Arabinose	in Kirschgummi (Araban), Holun-	reduzierend, nicht vergärbar
		dermark, Bauelement von Pektinen	_
C_5	D-Xylose	in Holzgummi (Xylan), Kleie und	reduzierend, nicht vergärbar
	•	Stroh	-

Aufgaben:

- 1. Vergleichen Sie Glucose, Fructose, Galactose und Mannose hinsichtlich fünf frei gewählter Stoffmerkmale!
- 2. Skizzieren Sie die ausführlichen Strukturformeln und die 795CHER-Projektion der unter 3.2.4.1. hauptaufgezählten Monosaccharide!

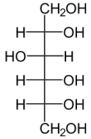
3.2.4.1.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Monosacchariden

Sorbit (Sorbitol,)

Zucker-Alkohol, sechswertiger Alkohol

kommt natürlich in einigen Früchten und selten auch in Gemüse vor, Edel-Eberesche mit 12 % Anteil Spitzenreiter

technisch wird aus Glucose durch Hydrierung an einem speziellen Katalysator hergestellt, bei Verwendung von Saccharose als Ausgangsstoff entsteht aus dem Fructose-Resten Mannit,



wird schwerer resorbiert; resorbiertes Sorbit wird im Körper in Fructose umgewandelt und in den Fructose-Stoffwechsel eingschleust; nicht resorbiertes Sorbit wird von Darb-Bakterien zu verschiedenen organischen Produkten umgesetzt, als Nebenprodukt entsteht auch gasförmiges Cohlendioxid (leicht blähend)

größere Mengen Sorbit wirken abführend

für Diabetiker nur dann sinnvoll, wenn auch Süße-reduziert gegessen wird, ansonsten muß um die gleich Süße wie Zucker zu erreichen die doppelte Menge verwedet werden. Da der halbe Brennwert von Zucker in Sorbit steckt, bringt der Ersatz praktisch nichts.

Glucoside

zusammengesetzt aus Monosaccharid (häufig Glucose) und verschiedensten Alkoholen, organischen Basen, Alkaloiden

Senföle

Nucleoside

Digitalisglycosid

Solanin

Amygdalin

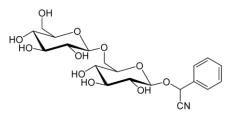
(Amygdalina, "Vitamin B₁₇", Laetril, Lätril)

kommt in bitteren Mandeln vor, auch in Kernobst-Kernen, Bohnen (besonders der Lima-Bohne)

innerhalb der Verdauungsvorgänge in Glucose, Benzaldehyd und Blausäure

100 g bitere Mandeln können bis zu 250 mg Blausäure enthalten ($LD_{50} = 1,5$ mg / kg)

ein Aprikosenkern kann bis 0,5 mg Blausäure enthalten → Verzehr von mehr als zwei Kerne ist gesundheitlich bedenklich



Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Linamarin

(Phaseolunatin), in den Samen von Lein, auch in (frischen) Samen und den (grünen) Hülsen von Bohnen enthält ebenfalls Blausäure als Baubestandteil, bei einfacher Fermentierung in Wasser entstehen Glucose, Aceton und Blausäure durch Kochen unwirksam

 $LD_{50} \approx 500 \text{ mg} / \text{kg}$

Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Glucosinolate

früher auch Senföl-haltige Glycoside genannt, rund 70 verschiedene Glucosinolate bekannt, bei Raps z.B. 7 (Gluconapin, Glucobrassicanapin, Progoitin, ...)

-S-C≡N -Gruppe

bestehen aus Glucose und Senföl; bei Verdauung in Glucose und die bitter-schmeckenden Senföle zerlegt

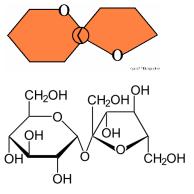
Senföle sind flüchtig, wirken abführend (laxierend)

3.2.4.2. Zweifachzucker

Rübenzucker / Rohrzucker (Saccharose, Sucrose)

Bau, Vorkommen: Ob es sich beim Haushaltszucker (Kristallzucker) um Rüben- oder Rohrzucker handelt, ist nur durch die Untersuchung von begleitenden Stoffen festzustellen. Chemisch sind beide Zucker exakt gleich. Je nach Zuckerquelle erhält der Zucker seinen Namen.

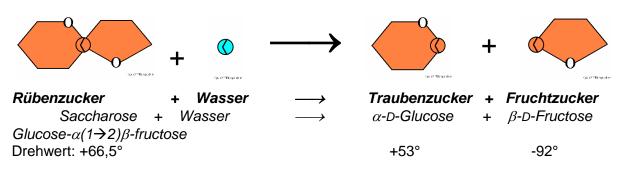
Zuckerrüben und Zuckerrohr sind nur zwei Beispiel-Pflanzen mit einem sehr hohen Zuckeranteil. Auch andere Pflanzen enthalten - z.T. auch noch größere Mengen - Saccharose. Bei ihnen ist aber eine industrielle oder Massen-Produktion schwieriger und / oder unökonomischer.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Weißer Zucker (Raffinade) ist ein sehr gründlich gereinigter Zucker. Brauner Zucker enthält dagegen noch Anteile des natürlichen Zuckersirups. Er ist dadurch aromatischer und auch gesünder.

Dadurch, dass bei der Bildung der Saccharose Glucose und Fructose mit ihren glycosidischen Hydroxyl-Gruppen reagieren, können sich keine freien Aldehyd-Gruppen mehr bilden. Die Saccharose ist deshalb nicht mehr reduzierend. Durch die Saccharose wird die Polarisationsebene des Lichtes um +68° gedreht.

Eine Vergärung ist direkt nicht möglich. Erst, wenn der Rübenzucker hydrolytisch in seine Bausteine Fructose und Glucose aufgespalten wird, können dies dann vergoren werden.



$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$$

Durch Säuren und / oder Enzyme wird diese Reaktion katalysiert. Die Reaktion verläuft relativ langsam. Erst nach 0,5 bis 3 Stunden stellt sich ein stabiles Gleichgewicht ein. Interessant ist es, während dieser Reaktion das Drehvermögen für polarisiertes Licht zu verfolgen. Der Drehwert wandert vom rechts- (+66,5°) nach linksdrehend (≈-20° (gleichgewichtsabhängig)). Es kommt also zur Umdrehung / Umkehr des Drehsinns. Dies nennt man Inversion.

Werden Fructose und Glucose anders herum gebunden (3->1 glycosidisch), dann heißt das Produkt Turanose.

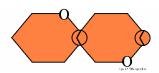
Aufgabe (zwischendurch) für das gehobene Anspruchsniveau:

1st Turanose ein Isomer, Enantiomer oder ein Isotop von Saccharose? Begründen Sie Ihre Aussagen!

BK_EL_Sek.II_LM-Bestandteile_T1.docx Seite - 122 - (c,p)1998-2010 lsp:dre

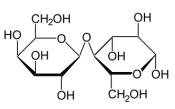
Milchzucker (Lactose)

Bau, Vorkommen: Auch bei diesem Zucker läßt sich das Vorkommen schon aus dem Namen ableiten. Die Milch aller Säugetiere enthält als Zuckerbestandteil vorrangig Milchzucker. Lactose ist einer der wenigen ausschließlich in Tieren vorkommende Kohlenhydrat.



Ein Lactose-Molekül besteht aus einen Galaktose- und einem Glucose-Baustein.

Der jeweilige Lactose-Anteil in der Milch der verschiedenen Säugetiere ist artspezifisch. Deshalb ist auch jeweils die arteigene Muttermilch für Säuglinge die günstigste Ernährungsvariante. Menschliche Milch enthält ungefähr 6% Lactose. In der Kuhmilch sind es 4 bis 5%. Für Säuglinge ist die Lactose in den ersten Monaten die Einzige verwertbare Nahrungs-Kohlenhydrat.



Industriell wird Lactose aus Molke hergestellt. Bei der Herstellung diverser Milcherzeugnisse (Käse, Quark, ...) fällt reichlich Molke als Nebenprodukt an.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Mit dem Milchzucker verbindet man allgemein eine schwache Süßkraft. In Wasser ist er schlecht löslich. Fällt Lactose nachträglich in Speisen (z.B. nach einer Temperaturabsenkung) aus, dann bilden sich feine Lactose-Kristalle. Beim Essen erhält man dann einen sandigen Eindruck.

Die Drehung des polarisierten Lichtes erfolgt um +54°. Eine direkte Vergärung des Milchzuckers ist nicht möglich. Erst nach Spaltung in Galactose und Glucose beginnt die Vergärung dieser Produkte durch die Hefen oder Bakterien.

Nur spezielle Bakterien (*Lactobaccillus acidophilus*) und Pilze (*Saccharomyces kefir*) sind in der Lage Lactose zu vergären. Sie benötigen dazu u.a. das Enzym Lactase. Ein typisches Produkt ist der leicht cohlensäure- und alkoholhaltige Kefir.

Eine Ernährung der Säuglinge mit Muttermilch bewirkt die Entwicklung einer gesunden Darmflora (enthält besonders Bifidus-Bakterien). Bei Verwendung anderer Kohlenhydrate können sich andere Mikroorganismen ansiedeln und die Entwicklung der natürlichen Darmflora entscheidend und nachhaltig stören. Erwachsene haben eine Coli-Bakterien-beherrschte Darmflora. Da nach dem Säugling-Stadium die Abbau-Enzyme im Kleinkindes-Darm verschwinden, kann es zu einer Lactose-Intoleranz (Lactose-Unverträglichkeit) kommen. Durch Veränderungen in der Darmflora (die den erhöhten – weil nicht genutzten Lactose-Anteil – abbauen) kommt es zu Durchfall-Erscheinungen, Bauchschmerzen und Blähungen. Unter (Mittel-)Europäern kommt die Lactose-Intoleranz bei 10 bis 15% der Bevölkerung vor. Bei Afrikanern zeigen 75 – 95% diese Unverträglichkeit.

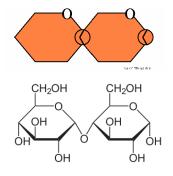
Das der Rest der Bevölkerung mit dem Milchzucker klar kommt, liegt an einem in den nördlichen Sphären besonders verbreiteten Erbschaden. Dieser konnte sich dadurch so stark durchsetzen, weil im Norden durch den Lichtmangel schnell ein Calcium-Mangel auftreten könnte. Milch ist hier als Calcium-Quelle aber sehr wichtig.

Malzzucker (Maltose)

Bau, Vorkommen: Malzzucker ist das letzte Zwischenprodukt beim Stärkeabbau in den Zellen. Über die Zwischenstufen der verschiedenen Oligosaccharide wird letztendlich Maltose gebildet. Besonders keimende Samen enthalten viel Malzzucker.

Beim der Biosynthese der Stärke ist es dementsprechend das erste Zwischenprodukt.

Die Konzentration ist in lebenden Zellen eher gering. Durch technologische Tricks (z.B. Rösten bei der Malzherstellung) kann der Anteil im Lebensmittel deutlich erhöht werden.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Malzzucker ist sehr gut in Wasser löslich und schmeckt leicht süß. Er ist sehr leicht zu Traubenzucker abbaubar. Erst in dieser Form ist er vergärbar.

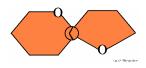
Die freie Carbonyl-Gruppe bewirkt den reduzierenden Charakter von Malzzucker. Maltose dreht das polarisierte Licht um +130°.

Während in der 1,4-Verknüpfung die OH-Gruppen α -ständig sind, bildet sich die endständige glycosidische Hydroxyl-Gruppe in Lösung eher in der β -Form.

3.2.4.2.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Disacchariden

<u>Läuterzucker (gereinigte Saccharose)</u>

Bau, Vorkommen: Läuterzucker ist eine gereinigte (geläuterte) Kristallzucker-Lösung (also Saccharose-Lösung). Die Reinigung erreicht man durch Aufkochen der Lösung. Die Verunreinigungen sammeln sich im – sich oben absetzenden – Schaum. Der Schaum wird einfach abgeschöpft. Übrig bleibt eine kristall-klare Lösung.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In seinen Eigenschaften entspricht er voll und ganz dem normalen Kristall-Zucker (Saccharose) Je nach Konzentration wird Läuterzucker in der Nahrungsmittel-Industrie vielfach verwendet.

Туре	Siedetempe- ratur [°C]	Verwendung
Schwacher Faden	100 – 103	
Starker Faden	106 – 109	
Perle	109 – 110	
Blase	110 – 112	
Leichter Flug	112 – 114	
Kettenflug (Ballen)	116 – 118	
Schwacher Bruch	132 – 135	
Starker Bruch	140 – 145	

Exkurs: Invertzucker

Invertzucker ist ein Gemisch aus gleichen Teilen Glucose und Fructose. Honig ist ein natürlich vorkommender Invertzucker. Kunsthonig stellt die künstliche Version dar. Ausgangsstoff für die natürliche und künstliche Herstellung ist dabei zumeist der Zweifachzucker Saccharose. Bei der Honigproduktion (der Bienen) stammt er aus dem Blütennektar. Die Saccharose wird durch Enzyme oder chemische Zusätze (Säuren) in ihre Bestandteile aufgespalten.



Dazu wird also Wasser benötigt. In Folge wird das Gemisch dickflüssiger, weil das vorhandene Wasser (z.B. aus dem Nektar) zunehmend verbraucht wird. Weiterhin wird durch geeignete Verdunstungsmaßnahmen (z.B. Flügelschlagen der Bienen) noch überschüssiges Wasser entzogen.

Invertzucker ist süßer als Saccharose und wird deshalb gerne in der Backwarenindustrie verwendet.

Den Namen Invertzucker verdankt er der Umkehrung des optischen Drehsinns während der Produktion. Der reine Ausgangsstoff dreht das polarisierte Licht im Polarimeter nach rechts ($[\alpha] = 66,55$). Das fertige Endprodukt dreht nach links ($[\alpha] \approx -20$).

- [α] ... spezifisches Drehvermögen
- I ... Schichtdicke im Polarimeter
- c ... Konzentration der Lösung
- α ... Drehwinkel $\alpha = [\alpha] \cdot I \cdot c$

Isomalt-Zucker (Isomalt)

Bau, Vorkommen: Isomalt-Zucker ist ein künstliches Saccharose-Derivat. Mittels Enzyme wird zuerst die Saccharose zu Isomaltulose (Palatinose) umgesetzt. Abschließend wird über eine Hydrierung Isomalt-Zucker gebildet. Isomalt ist ein Zuckeralkohol und in der EU als Zuckeraustauschstoff (E953) zugelassen.

Die Kristalle sind dem Haushaltszucker sehr ähnlich.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Isomalzzucker ist sehr gut in Wasser löslich und schmeckt nur halb so süß, wie Saccharose. Isomalt ist in dieser Form nicht vergärbar.

Q: de.wikipedia.org (Artur Disk)

Der physiologische Brennwert ist mit 8,4 kJ/g recht gering. Die vergleichbare Saccharose würde mit 16,8 KJ/g zu Buche schlagen. Somit ist Isomalt gut für Diabetiker geeignet. Positiv ist dabei, dass Isomalt nur schwer verdaut wird. Auf den Insulin- und Blutzucker-Spiegel hat es keine Wirkung. Isomalt-Zucker kann in der Nahrungs-Industrie die Saccharose direkt ersetzten (1:1). Isomalt hat die gleichen Struktur- und Körper-Eigenschaften. Andere Zuckerersatzstoffe bringen nur Süße.

Isomalt wird gerne als Ersatz für Läuterzucker zum Zuckerziehen usw. verwendet. Hergestellte Produkte sind länger stabil und haltbar.

3.2.4.3. Dreifachzucker

Raffinose (Melitose)

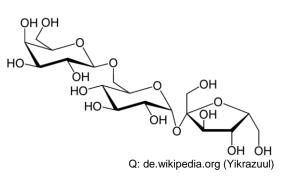
(α-D-Galactopyranosyl-(1→6)-D-α-glucopyranosyl-(1→2)-β-D-fructofuranosid) **Bau, Vorkommen:** Raffinose kommt in Dicken Bohnen, Soja, Baumwollsamen und Zuckerrüben vor. Es ist jeweils aus den drei Bausteinen Galaktose, Glucose und Fructose zusammengesetzt.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Der Geschmack von Raffinose selbst ist ganz schwach süß. Nach kurzem Einfluß

von kohlenhydratspaltenden Enzymen (z.B. im Mundraum) werden die einzelnen sehr süß schmeckenden Bausteine freigesetzt. Raffinose ist schwerer in Wasser löslich als das etwas kleinere Sacchanose-Molekül.

Raffinose ersetzt in einigen oben genannten Pflanzen die Stärke als Speicher-Kohlenhydrat.

In einigen Ländern wird Raffinose als Nahrungsergänzungsstoff genutzt. Sie soll die Darmflora positiv beeinflussen. Beim Transport von Organtransplataten wird Raffinose als Konservierungsmittel eingesetzt.



Weiterhin wird Raffinose in der Kosmetik-Industrie verwendet.

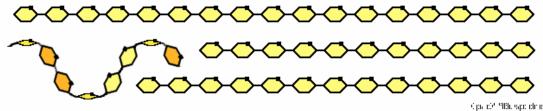
Da Raffinose der Saccharose recht ähnlich ist, stellt es ein großes Problem dar Haushaltszucker Raffinose-frei herzustellen. Eine Trennung beider Kohlenhydrate ist nur über aufwändige chromatographische Methoden möglich.

Weitere bekannte Dreifachzucker sind **Melezitose** (im Honigtau versch. Insekten) und **Umbelliferose** (in Doldenblütlern).

3.2.4.4. Mehrfachzucker

Dextrine

Der Name Dextrine deutet es schon an. Hierunter versteht man keinen einzelnen Stoff, sondern eine Gruppe von bauähnlichen Molekülen, die polarisiertes Licht nach rechts drehen. Dextrine sind die Spaltprodukte längerkettiger Vielfachzucker (Polysaccharide). Die Kettenlänge der Dextrine liegt zwischen 10 und 30 Einfachzucker-Bausteinen. Die Moleküle der Dextrine zeigen erste Ansätze zu einer spiraligen Gesamtgestalt.



Die Mehrfachzucker stellen bei vielen Eigenschaften einen Übergang zwischen Einfach- bzw. Zweifachzuckern und den Vielfachzuckern dar. So schmecken sie nur noch ganz leicht süß, aber auch noch nicht mehlig. Sie lösen sich noch teils (kolloidal) in Wasser und quellen aber auch schon beachtlich und verkleistern leicht. Dextrine sind optisch aktiv. Sie drehen die Polarisationsebene nach rechts.

Dextrine können direkt nicht vergoren werden. Erst nach enzymatischer oder Säure-Spaltung können die Monomere gut von den Bakterien oder Pilzen genutzt werden.

Da die Spaltung im Darm schneller vonstatten geht, als bei den viel längeren Stärke-Molekülen, werden Dextrine gerne für die Herstellung von Säuglings- und Diät-Nährmitteln verwendet.

Nach der Größe unterscheidet man Amylodextrine (30 – 35 Monomere), Erythrodextrine (8 – 12 Monomere) und die schon sehr kleinen Achrodextrine (4 – 6 Monomere). Letztere könnten wir, wenn sie rein vorliegen schon eher zu den passenden Sacchariden (Tetra-, Penta- und Hexasaccharide) zählen.

Amylodextrine bilden sich schon beim Mahlen von Getreide durch das "mechanische" Brechen der Stärke-Moleküle. Weiterhin werden sie durch enzymatischen Stärkeabbau gebildet. Dies erledigen die sogenannten β-Amylasen. Sie greifen die Stärke-Moleküle von der Mitte her an, während die α-Amylase vom Ende her arbeitet. Die Amylodextrine lassen sich recht gut in Wasser lösen. Es entsteht eine kolloidale Lösung (→ Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt). Viele Eigenschaften sind sehr Stärke-ähnlich. Mit Iod-Kaliumiodid-Lösung erhält man die typische Blau-Färbung als Stärke-Nachweis (→ 3.2.5. Nachweise für Kohlenhydrate).

Erythrodextrine ähneln in ihren Eigenschaften schon eher den Di- und Trisacchariden. So ist der Nachweis der nun schon häufiger vorkommenden reduzierenden Gruppen mittels der FEHLINGschen Probe möglich. Der Stärkenachweis gelingt nur noch selten und meist tritt nur eine rötliche bis violette Färbung auf. Der Grund dafür sind die nur kurzen helikalen Strukturen, in die wenig lod eingelagert werden kann. Hier kommt es nur zur Rot-Färbung.

Achrodextrine schmecken schon leicht süß. Schon nach kurzem Einfluss von Speichel werden sie in süß schmeckende Di- und Monosaccharide zerlegt. Bei ihnen sind die Nachweise mit oxidierenden Mitteln gut möglich. Die Probe mit Iod (LUGOLsche Lösung) fällt erwartungsgemäß negativ aus. Es wird aber auch eine Gelb-Färbung beschrieben.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Stellen Sie die chemische Gleichung der hydrolytischen Spaltung von Maltose auf! Verwenden Sie ausführliche Strukturformeln!
- 2. Stellen Sie die Summenformel für Raffinose auf! Erklären Sie, wie zu dieser Formel gekommen sind!
- 3. Von einem Kohlenhydrat sind folgende Eigenschaften bekannt:
 dreht polarisiertes Licht nach rechts (+); lässt sich in zwei Aldosen spalten; gut in
 Wasser löslich; indirekt vergärbar; schmeckt kaum süß
 Um welchen Stoff handelt es sich? Begründen Sie Ihre Entscheidung!

3.2.4.4. Vielfachzucker

Vielfachzucker od. Polysaccharide enthalten deutlich mehr als 10 Monomere (Monosaccharid-Bausteine). In den meisten Fällen sind es aber keine reinen Stoffe sondern Gemische aus Molekülen mit gleichen Bau, aber unterschiedlicher Anzahl Monomere im Molekül. Die Eigenschaften unterscheiden sich untereinander aber nur unwesentlich und gleichen sich im Stoffgemisch dann aus.

Sachlich kann man Homo- und Heteroglykane unterscheiden. Homoglykane enthalten immer gleiche Monomere. In Heteroglykanen kommen verschiedene Monomere – aber alles Saccharide – vor.

3.2.4.4.1. Homoglykane

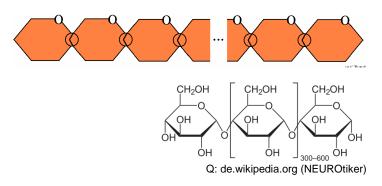
Je nach Grundbaustein unterscheiden wir bei den Homoglykanen Glucane, die nur aus Glucose aufgebaut sind und Fructane. Diese wiederum bestehen nur aus Fructose.

3.2.4.4.1.1. Glucane

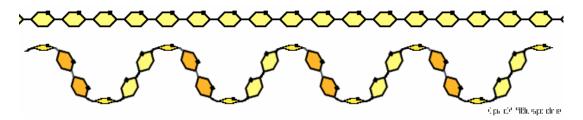
lösliche Stärke (Amylose)

Bau, Vorkommen: Amylose (Amylum) ist ein wesentlicher (rund 15 bis 20%) Bestandteil aller Stärken (Amyl; native / natürliche Stärke).

Es besteht aus spiralig aufgewundenen Traubenzucker-Molekülketten. In einem Molekül der Amylose sind normalerweise zwischen 250 und 300 Traubenzucker-Bausteine (α -D-Glucose) vereint. Es sind aber auch Ketten mit bis zu 1000 Resten bekannt geworden.

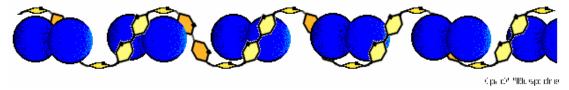


Die Verknüpfung erfolgt 1,4-glycosidisch und entspricht dem Maltose-Typ. Durch die immer gleiche Stellung der Sauerstoff-Brücken (α -1,4) kommt es zur Ausbildung einer Helix. Pro Windung sind 6 bis 8 Glucose-Bausteine verbaut.



Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In heißem Wasser ist die Amylose kolloidal löslich - d.h. sie schwimmt im Wasser. Der Name ist also etwas irreführend. In das Innere der Molekül-Spirale kann reichlich Wasser eingelagert werden - die Stärke quillt. Dieses Wasser kann dann auch nach dem Abgießen des Restwassers noch gut gehalten werden. Es entsteht eine gelartiger Zustand von verkleisterten Molekülen.

Mit Iod-Molekülen bildet Amylose eine tiefblau bis schwarz gefärbte Einschlussverbindung. Diese wird als Nachweis genutzt. In der Wärme verliert sich die Farbe. Die Moleküle bewegen sich zu stark, als dass dann eine stabile Einschlussverbindung entstehen könnte. In der Kälte verstärkt sich die Farbe aber wieder. Bei Zimmertemperatur ist der Nachweis aber sehr empfindlich.

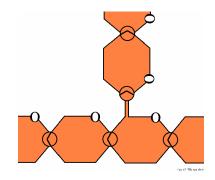


nichtlösliche Stärke (Amylopektin)

Bau, Vorkommen: Diese Stärke stellt mit 75 bis 80% den bedeutenderen Anteil im Stärkekorn. Der prinzipielle Bau ähnelt dem der Amylose. Nur sind ab und zu (etwa alle 25 Reste) Verzweigungen enthalten. Die Verzweigungen sind α -1,6-glycosidische Bindungen vom Gentobiose-Typ.

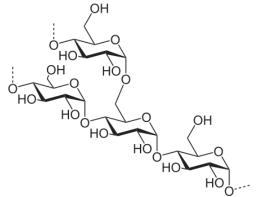
Von außen betrachtet wirkt das Molekül dann auch eher wie ein wirres Knäul. Amylopektin enthält wesentlich mehr Traubenzucker-Bausteine (normal 1000 bis 5000).

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Bedingt durch das große Molekülgewicht ist Amylopektin nicht mehr in Wasser löslich.



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Molekül-Ausschnitt (HAWORTH-Schreibweise)

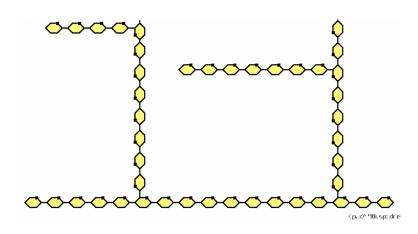


Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Molekül-Ausschnitt (Sessel-Schreibweise)

Im heißen Wasser ist eine gewisse Löslichkeit vorhanden. Es entsteht ein Gel, aus dem Amylopektin nach dem Abkühlen auch wieder auskristallisieren kann. Dabei wird das physikalisch aufgenommene Wasser abgegeben. Bei Gebäck und Brot ist dieser Prozess entscheidend am Altern (Altbackenwerden) beteiligt.

Quell-Stärke erhält man, wenn Stärke zuerst in heißem Wasser gelöst und dann getrocknet wird.

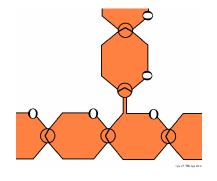


Diese kann auch schon mit kaltem Wasser zum Quellen gebracht werden.

Die kurzen Abschnitte zwischen den Verzweigungen können keine so schönen Schrauben ausbilden, wie die Amylose. Die Konsequenz ist eine ins (rot-)violette veränderte Färbung der Iod-Amylopektin-Verbindung.

Leberstärke / tierische Stärke (Glykogen)

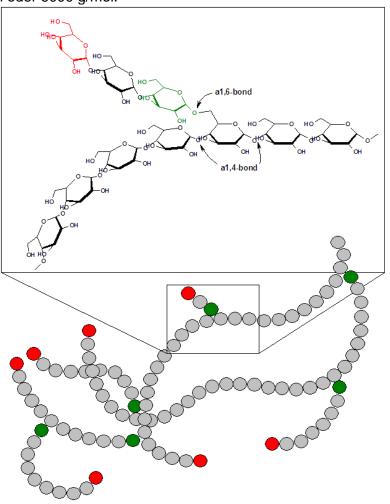
Bau, Vorkommen: Leberstärke ist die bei Tieren vorherrschende Stärkeart. Sie kommt außer in der Leber auch in der Muskelatur in größeren Mengen vor. Das Glykogen ist so wie das Amylopektin gebaut. Es ist aber noch stärker verzweigt. Schon alle 10 bis 14 Glucose-Bausteine tritt eine auf. Insgesamt kann ein Glykogen-Molekül aus 100000 Resten bestehen. Normal sind allerdings 5000 bis 10000. Glykogen bringt es bei der Molekülmasse auf beachtliche 10⁶ bis 10⁷ u – das entspricht rund 10⁻²¹ g / Molekül oder 6000 g/mol.



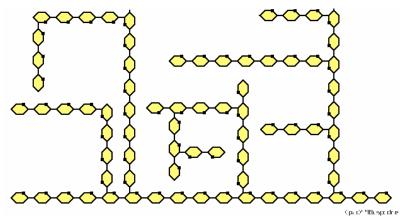
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Die Leberstärke ist in Wasser kolloidal löslich. Es bildet aber kein Gel oder Kleister. Dieses prädestiniert sie zu einem hervorragenden Speicherstoff. Traubenzucker würde in vergleichbaren Mengen das Blut und andere Körperflüssigkeiten so eindicken, das sie sirupartig wären. Ein effektiver Transport wäre schwerer möglich. Im Blut wird die Konzentration bei rund 0,1% konstant gehalten.

Das Hormon Insulin initiiert die Bildung von Glykogen aus Glucose, wenn diese z.B. nach einer Nahrungsaufnahme in größeren Mengen ins Blut übergeht. Bei Glucose-Bedarf z.B. in den Muskeln wird – gesteuert über das Hormon Glycagon – Glykogen zu Glucose abgebaut. Die eigentliche Arbeit machen Enzyme, deren Aktivität aber von den Hormonen gesteuert wird.

Die Einlagerung von Iod ist in die kaum noch vorhandenen Schraubenabschnitte fast nicht mehr möglich. Die Leberstärke zeigt mit Iod-Kaliumiodid-Lösung deshalb auch nur eine rötliche (bis rotbräunliche) Färbung.



Q: de.wikipedia.org (Maksim)



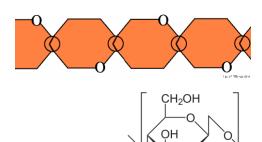
Verzweigungs-Struktur der Zellulose in 2D ausgebreitet

Zellstoff (Cellulose)

Bau, Vorkommen: Zellstoff ist mit 40 bis 50% neben dem Holzstoff (Lignin) der wichtigste Stoff im (trockenem) Holz. Cellulose ist auf der Erde das häufigste Kohlenhydrat und die häufigste organische Verbindung. Auch hier ist Glucose der Baustoff.

Zellstoff ist ein ausgesprochen kettenförmig gebautes Molekül aus bis zu 14000 Bausteinen. Im Zellstoff-Molekül sind die Moleküle (β-D-Glucose) aber immer abwechselnd angeordnet. Die Zellstoff-Moleküle sind im Wesentlichen langgestreckt. Sie bilden Fasern, die zur Zusammenlagerung neigen und dabei sogenannte Mikrofibrillen (unterer Teil in der unten folgenden Abbildung) bilden. Diese sind unter dem Mikroskop sichtbar (Länge 1,5 μm).

Zellulose ist Hauptbestandteil der pflanzlichen Zellen. Im Holz und der Baumwolle finden wir sehr beständige Bildungen der Zellulose

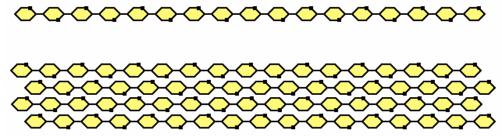


Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Einzelstrang (einzelnes Molekül)

Mikrofibrille (aus mehreren Cellulose-Molekülen)



Cpa de Alba spe de la

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Eigentlich sollten die lösliche Stärke und der Zellstoff doch gleiche Eigenschaften haben. Aber die unscheinbar andere Anordnung der Glucose-Moleküle bewirkt völlig andere Stoffeigenschaften. Zellstoff ist völlig wasserunlöslich. Erst in starker Natronlauge (Natriumhydroxid) läßt sie sich auflösen. Die enge Lage der Fasern zueinander erlaubt es auch nicht, viel Wasser einzulagern. Zellstoff ist im Prinzip nicht (Wasser) guellfähig.

Die Quellung von Cellulose läßt sich nur verdünnter Natronlauge erreichen. Für verschiedene Zwecke ist auch ein Lösen von Zellulose durch SCHWEITZERs Reagenz $(Cu(NH_3)_4*(OH)_2)$ möglich.

Unter Einwirkung von starken Säuren (41 %ig HCl oder 65 %ige H₂SO₄) wird Zellulose bis zur Glucose hydrolysiert.

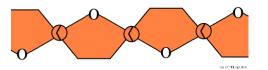
Cellulose kann vom Menschen nicht direkt verdaut werden. Dazu sind spezielle Mägen – wie die, der Wiederkäuer – notwendig. Im menschlichen Magen-Darm-Trakt leben aber einige Bakterien und Pilze, die kleine Teile der Cellulose spalten können. Die Mikroorganismen können sich dabei fortpflanzen und entwickeln so Biomasse. Diese wird von den Magensäften aber nach und nach aufgeschlossen. Besonders wichtig ist aber die verteilende und bindende Funktion der Cellulose im Darm. Nährstoffe werden im Darminhalt gleichmäßig verteilt und so schwerer zugänglich. Der Darm muss durch Bewegungen den Nahrungsbrei immer wieder durchmischen und weiter transportieren. Indirekt nutzt so die Cellulose unserer gesunden Ernährung.

Zum Nachweis nutzt man Chlorzinkiod-Lösung oder Schwefelsäure mit Iod. Zellulose färbt sich mit diesen Nachweismiteln blau bis violett (Iod-Zellulose).

3.2.4.4.1.2. Fructane

Alantstärke (Inulin)

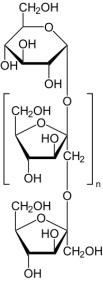
Bau, Vorkommen: Inulin kommt als Reservekohlenhydrat in der Tropinambur-Wurzeln vor. Weitere Vorkommen sind die Wurzeln von Schwarzwurzeln, Dahlien, Löwenzahn und Zichorien (Wegwarte).



Die Kettenlänge ist meist auf 100 Monomere begrenzt. Typisch werden 20 bis 40 Bausteine angegeben. Als Ketten-Bauelement wird die Fructose verwendet, die Enden sind mit Glucose abgeschlossen. Die Monomere sind $2,1-\beta$ -glykosidisch verknüpft.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In heißen Wasser löst sich Inulin relativ gut und ohne Kleister- od. Gelbildung.

In der menschlichen Ernährung wird es gerne als diätisches Nährmittel (Stärkeersatz) verwendet, da die wenige Fructose, in die es während der Verdauung zerlegt wird, etwas andere Stoffwechselwege geht, als die Glucose. Den Menschen fehlt das notwendige Enzym (Inulase) zur Zerlegung dieses Polysaccharids. Im Darm lebende Bakterien können es aber enthalten. Einige der Darmbakterien bauen das Inulin zu kurzkettigen Fettsäuren ab. Empfindliche Menschen leiden unter den, während der Bildung freiwerdenden, Gasen. Sie sind oft für ev. auftretende Blähungen verantwortlich. Weiterhin wird Inulin in der Lebensmittelindustrie als Fettersatz und Texturverbesserer genutzt



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

3.2.4.4.2. Heteroglykane

Hemicellulosen

Bau, Vorkommen: Das Bauprinzip der Hemicellulosen ähnelt, dem der Cellulose. Die Moleküle sind aber wesentlich kleiner und enthalten als Monomere Xylose, Arabinose, Galactose und Mannose. Desweiteren sind am Bau die abgeleiteten Uronsäuren dieser Zucker beteiligt. Der Polykondensationsgrad liegt bei maximal 200. Es gibt lineare und verzweigt sowie homogene und heterogene Hemicellulosen. Zusätzlich werden regelmäßige und unregelmäßige Hauptketten, Seitenglieder und Seitenketten unterschieden.

In der Natur machen Hemicellulosen rund 30 % der Nichtzellulose-Bestandteile des Holzes aus. **Besondere Eigenschaften, Bedeutung:** Hemicellulosen sind meist wasserunlöslich und nicht vom Menschen selbst verdaubar. Teilweise können die Moleküle von Darm-Bakterien verarbeitet werden. Da diese Bakterien wiederum vom Menschen verdaut werden, ist eine indirekte Nutzung möglich. Die stofflichen Umsätze sind aber sehr bescheiden. Hemicellulosen sind sehr wichtige Ballaststoffe für eine gesunde Ernährung.

Pektine

Bau, Vorkommen: Polygalacturonsäuren, teilweise mit Methanol verestert

Unreife Äpfel und Citrusfrüchte enthalten sehr viel Pektin. In reifen Früchten werden die Pektine durch zelleigene Enzyme abgebaut.

Technisch werden Pektine auch aus Zuckerrübensaft gewonnen.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: relativ gut in Wasser löslich

Stabilsierungssubstanz von Biomembranen, regulieren Wasser- und Salz-Haushalt bei Pflanzenzellen, Geliermittel im Haushalt, sehr gut quellfähig, bilden schnittfeste Gele, verantwortlich für die Trübung z.B. vieler Fruchtsäfte (Apfel), um der Trübung (naturbelassener Saft) entgegenzuwirken, werden Enzymen zugegeben, die Pektine zerlegen (klarer Saft). Um nachträglich den Eindruck eines "naturtrüben" Saftes zu erreichen, werden nachträglich wieder Trübungsmittel zugesetzt.

diverse Struktur-Ausschnitte für Pektine Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Bei der alkoholischen Vergärung der Pektine entsteht ein nicht zu vernachlässigender Anteil an giftigem Methanol.

Alginsäure (Algin)

Bau, Vorkommen: aus Braunalgen z.B. *Macrocystis*, β-1,4-glykosidisch-verknüpfte Gulund Mann-Uronsäuren; Moleküle bilden Faltblattstrukturen

Algen werden am Strand gesammelt oder von Trawlern aus geerntet.

Die Ernte wird getrocknet und an Land das Algin extrahiert, gefiltert und gereinigt.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: mit Ca-Ionen bilden sich feste Gele, Verwendung in Milchprodukten

in der Lebensmittelindustrie werden die verschiedenen Salze der Alginsäure (E 400) verwendet:

E 401: Natriumalginat E 402: Kaliumalginat E 403: Ammoniumalginat

E 404: Calciumalginat

sowie das Propylenglycolalginat

(PGA) als E 405.

werden vom menschlichen Körper nicht aufgenommen, gesundheitlich völlig unbedenklich; in großen Mengen senken sie die Eisen-Resorption und beeinflussen leicht die Eiweiß-Verdauung.

auch für Bio-Produkte zugelassen



Macrocystis-Alge Q: de.wikipedia.org (Shane Anderson)

Gummi arabicum

Bau, Vorkommen: ähnlicher Bau wie Pektine, im Detail aber kaum bekannt, aus *Acaria* senegal (Verek-Akazie);

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: unverdaulich, in warmen Wasserlöslich, bis 50 %ige Lösungen möglich, unlöslich in Ethanol, farbloses Pulver, fad schmeckend, Verwendung als Verdickungsmittel, Emulgator, Satbilisator und als Überzug von Dragees, zur Herstellung von gut haltbaren Aroma-Konzentraten (Emulgation von Aromen in Gummi arabicum, dann sprühgetrocknet)

allgemein nicht kennzeichnungspflichtig; Lebensmittelzusatzstoff (E 414)



Q: de.wikipedia.org (KÖHLER (Köhler's Medizinal-Pflanzen (1887)))

Traganth

Bau, Vorkommen: gehört zu den Pflanzen-Gummis (auch Gummen); aus asiatischem Strauch Astragalus gummifer gewonnen, besteht aus zwei Fraktionen Tragacanthin und Bassorin; allgemein aus D-Galactose und deren Urosäure sowie L-Fructose, D-Xylose und L-Arabinose aufgebaut, Gewinnung relativ aufwendig und teuer, daher selten verwendet

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Tragacanthin wasserlöslich, Bassorin unlöslich, u.a. weil Uronsäuren mit Methanol verestert sind, aber quellfähig, gummiartig,

Stabilisator, Verdickungsmittel, Geliermittel; Salatsaucen u. Majonäsen, Backwaren und Backfüllungen, Speiseeis und Desserts, Fertiggerichte Allergie-verdächtig; E 413

Wund-Gummis (Gummen)

Bau, Vorkommen: ähnlicher Bau wie Pektine, im Detail aber kaum bekannt; z.B. Kirsche, Pflaume

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In der Industrie als Dispersions- und Kolloidstabilisator; Leim-Charakter

Agar (Agar agar)

Bau, Vorkommen: Polygalactose aus Rotalge *Agar agar* ; durch Heißwasser-Extraktion gewonnen, hauptsächlich Galactose und deren Derivate enthalten,

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Geliert Wasser schon bei Agar-Konzentrationen von $1-2\,\%$

Verdickungsmittel für Süßspeisen (Marmeladen, Fruchtgelees), Milchprodukte, Wurstwaren; Nährböden in der Mikrobiologie

Carrageen (Carragen, Carrageenin)

Bau, Vorkommen: Polygalactose aus Rot-Algen *Chondrus crispus* (Knorpeltang, Irisches Moos) gewonnen; 1→3-verknüpfte Dund L-Galactose mit Kettenlängen; alle 10 bis 50 Monomere eine Sulfonsäuregruppe

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: bildet hitzeresistente Gele, gute emulgierende und stabilisierende Eigenschaften

Verdickungsmittel für Süßspeisen (Marmeladen, Fruchtgelees), Milchprodukte, Wurstwaren

verzögert das Altbackenwerden von Brot, weil Wasser besser gebunden und gehalten wird (hier z.B. in der Brotkruste)



Q: de.wikipedia.org (KÖHLER (Köhler's Medizinal-Pflanzen (1887)))

Johannesbrotkernmehl (Carubin)

Bau, Vorkommen: aus Samen mit sehr gleichem Gewicht gewonnen (rund 200 mg, hieraus leitet sich die Gewichtseinheit Karat für Edelsteine ab), Samen stammen aus der Schote des Johannesbrotbaum (Karubenbaum, Karobbaum) Ceratonia siliqua; Früchte werden zubereitet (Fruchtfleisch (Carob) leicht süß und getrocknet lange haltbar) oder zu Saft (Kaftan) und Sirup verarbeite t

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Verdickungsmittel, Carob kann Kakao-Pulver in allen Nutz-Eigenschaften ersetzen, Verwendung für Süßspeisen und Milchmixgetränke, für Nougat-ähnliche Brotaufstriche, Tierfutter



Q: de.wikipedia.org (Helx84)

Carubin ersetzt Guarkernmehl (lediglich etwas geringe Viskosität der Lösung); E 410; fünfmal quellfähiger als Stärke, kann das 80 – 100fache des Eigengewichts an Wasser aufnehmen, unterbindet Kristalbildung, Verwendung in Desserts, Speiseeis, Soßen, Milchprodukten

Allergie-verdächtig, in hohen Konzentrationen abführend, sehr guter Ballaststoff, behindert geringfügig die Eiweißverdauung, senkt Cholesterin-Spiegel im Blut, für Diät und Behandlung von Verdauungsstörungen, Erbrechen, Durchfall, Diabetes und Fettsucht geeignet, wirkt gewichtsreduzierend

Zusatz bei Gluten-freiem Brot (Backhilfsmittel) auch für Bio-Produkte als Zusatzstoff zugelassen

3.2.4.4.3. Polysaccharide aus Saccharidderivaten

Chitin

ähnlichen Tieren, Weichtiere (Muscheln + Schnecken) und in den Zellwänden von Pilzen; Cellulose-ähnlich mit glykosidisch gebundenem Acetylamin Besondere Eigenschaften, Bedeutung: kaum in üblichen Lösungsmitteln löslich, leicht anlösbar in konzentrierter Ameisensäure; entgegen der populä-

Bau, Vorkommen: Außenskelett von Insekten und

üblichen Lösungsmitteln löslich, leicht anlösbar in konzentrierter Ameisensäure; entgegen der populären Meinung Chitin wäre sehr hart, muss festgestellt werden, dass Chitin an sich eher weich ist; verfestigt wird es durch Ca-Einlagerung → Panzer- und Schalen-Bildun; einige Pilze besitzen Chitinasen, die Chitin abbauen können

$$\begin{array}{c|c} CH_3 \\ O \longrightarrow \\ OH \\ OH \\ OH \\ CH_3 \\ \end{array}$$

Q: de.wikipedia.org (Dschanz)

Hyaluronsäure

Bau, Vorkommen: z.B. Glaskörper des Auges; wichtiger Bestandteil des Bindegewebes;

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: hohe Wasserbindefähigkeit (Glaskörper 2% Hyaluronsäure + 98 % Wasser); bildet klare Gele; Schmiermittel in Gelenken; Modelliermittel in der plastischen Chirurgie

<u>Heparin</u>

Bau, Vorkommen: Blutgerinnungshemmstoff; kommt in vielen saugenden Insekten im Speichel vor; auch bei Blutegeln; molare Masse (4000 –) 15000 (– 40000) g/mol; Gewinnung aus Rinderlungen und Schweinegedärm

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: verhindert die Blutgerinnung, und ermöglicht damit das uneingeschränkte Saugen von Blut auch in kleinsten Wunden / Sauglöchern / Biss-Stellen

Q: de.wikipedia.org (Benjah-bmm27)

<u>Lignin</u>

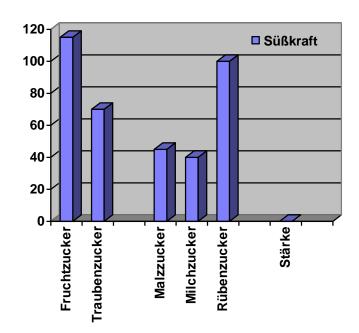
len Pilzen abgebaut werden

Bau, Vorkommen: Holzstoff; nur in Zusammenhang mit Zellulose vorkommend sachlich kein Polysaccharid-Derivat, sondern abgeleitet aus Coniferylalkohol (Phenylpropan-Derivat) **Besondere Eigenschaften, Bedeutung:** kann nur von speziel-

Q: de.wikipedia.org ()

3.2.5. Technologische Eigenschaften der Kohlenhydrate und ihre Nutzung

Süßkraft: Vor allem Einfach- und Zweifachzucker besitzen eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Süßkraft. Diese ist besonders von der Art der Sinneszellen auf unserer Zunge abhängig. Für bestimmte Zucker sind diese Sinneszellen besonders empfindlich vermitteln uns dann den intensiven. süßen Geschmack. lm nebenstehenden Diagramm ist zu einigen ausgewählten Zuckern die Süßkraft dargestellt.

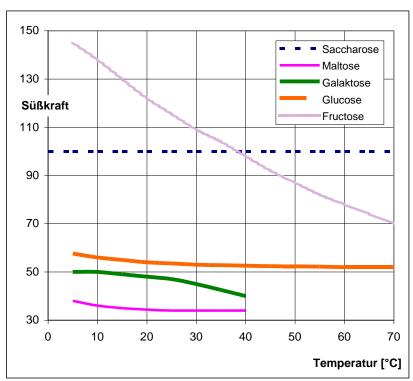


Für den Vergleich sind

die Werte auf den Rübenzucker (entspricht 100%) bezogen. Praktisch wird die unterschiedliche Süßkraft für verschiedene Zwecke genutzt. So bietet sich natürlich Fruchtzucker – als besonders süßer Zucker, bei gleichem Energiegehalt wie Traubenzucker – eher als Süßungsmittel an. Dagegen nutzt man die geringe Süße von Milchzucker z.B. u.a. bei der Herstellung von Tabletten. Der wesentliche Teil einer Tablette ist gepresster Milchzucker.

Für viele Anwendungen ist aber auch die Veränderung der Süßkraft in Abhängigkeit von der Temperatur interessant. Gerade für die Genußtemperatur einer Speise oder eines Getränkes muß die Süße stimmen. Besonders auffällig ist der Verlust der Süßkraft bei höheren Temperaturen für Fructose. Eine Temperatur-Absenkung würde dem entsprechend ein Zugewinn an Süßkraft bedeuten. Das Abschmecken einer Eismasse mit Fructose kann also nicht bei Zimmertemperatur erfolgen, sondern muß schon bei der empfoh-Genusstemperatur lenen erprobt werden.

Den Effekt kennt man auch bei Abschmecken von Süßspreisen in der Wärme. Sie schmecken meist dort wesentlich intensiver süß als im abgekühlten Zustand.



Temperaturabhängigkeit der Süßkraft verschiedener Kohlenhydrate (Saccharose als Bezugsgröße gleich 100)

Aufgabe:

Wie verändert sich die Temperaturabhängigkeit der Süßkraft von Fructose, wenn man auch die Veränderung der Süßkraft für Saccharose mit einbezieht? (Flacht die Kurve ab. bleibt si unverändert, wird sie steiler, ändert sie ihre Steigung?)

Insgesamt ist gerade die Süße auch der ausschlaggebende Faktor, warum eigentlich alle höheren Lebewesen (besonders Tiere) Zucker bei der Ernährung bevorzugen.

Bei Lebensmitteln für die menschliche Ernährung wird seit vielen Jahren tendentiell zu viel Zucker zugesetzt. Hier wird der Urtrieb nach süßen Produkten (Früchte usw.) wirtschaftlich ausgenutzt. Süße Produkte versprechen unserem Unterbewusstsein eine schnell verfügbare Energiequelle. Unser Körper reagiert auf süße Speisen deshalb auch unverzüglich mit Insulin-Freisetzung. Fatal ist dieser Reflex beim Essen von Süßstoffen, da nun ein Bedarf an Zucker im Körper bewirkt wird. Ergebnis ist ein Heisshunger. Statt weniger Kalorien (eigentlich natürlich Joule) zu sich zu nehmen, werden letztendlich mehr Kohlenhydrate gegessen, als gut oder gewünscht ist.

Karamellisierung, Dextrinbildung (Dextrinierung) und Bräunungsvermögen: Werden Einfach- bzw. Zweifachzucker erwärmt, verändern sie ihre Farbe. Diese Zuckerfarbe (Zuckercouleur) kann zum Anfärben von Nahrungsmitteln genutzt werden. Bei Temperaturen bis 180 °C wird der Zucker nur leicht gelb-bräunlich. Zwischen 190 und 210 °C wird der Zucker dunkelbraun. Ab 220 °C verbrennt der Zucker – wird dann schwarz bis dunkelbraun und schmeckt bitter. Den leicht gebräunten Zucker - eventuell mit wenig Wasser verkocht - nennt man Karamell. Um Krokant zu bekommen, mischt man noch gehackte Mandeln oder Haselnüsse dazu. Stärke zerfällt beim Erhitzen mit Butter in kleinere Moleküle. Diese entsprechen sehr kurzkettigen Vielfachzuckern. Sie werden Dextrine genannt und beinhalten 10 bis 20 Traubenzucker-Reste. Sie binden weniger klebrig und stellen die Grundlage für die Bindung von sämigen Soßen (Mehlschwitze). Dextrine werden auch beim Backen um die 220 °C an der Oberfläche der Gebäckstücke gebildet. Technologisch ist die Dextrinbildung bei der Herstellung von dunklen Mehlschwitzen von Bedeutung, da durch den stärkeren Abbau der Stärke auch mehr davon für die gleiche Bindung gebraucht wird. Vorteilhaft ist die Bildung von Geschmacksstoffen durch das Rösten.

Reagieren reduzierende Zucker mit Aminosäuren (→ 3.3. Eiweiße), dann entstehen ebenfalls braune und sehr aromatisch schmackhafte Reaktionsprodukte (Glycoside, MAILLARD-Produkte). Der Vorgang setzt verstärkt ab ungefähr 140 °C ein und ist im Prinzip zwar bekannt (über SCHIFFsche Base entstehen Heterozyklische aromatische Verbindungen, die weiter zu α-Dicarbonyl-Verbindungen reagieren können), aber die Palette der Reaktionsprodukte ist praktisch unendlich groß. Der französische Physiker und Chemiker Luis Camille MAILLARD (1878 - 1936) klärte den Reaktionsverlauf als erster auf. Von ihm bekamen Reaktion und Reaktionsprodukte ihre Namen. Neben der positiven Beeinflussung der Farbe und des Geschmacks werden den MAILLARD-Produkten auch geringe desinfizierende und verderbbehindernde Wirkungen zugesprochen. (Ausführlich zu MAILLARD-Reaktion: siehe entsprechenden Exkurs bei Eiweißen.) Karamellisierung und MAILLARD-Reaktion sind sogenannte Bräunungsreaktionen. Sie werden durch Erwärmen bzw. Erhitzen erreicht. Der Ablauf beider Vorgänge ist nicht von Enzymen abhängig (nichtenzymatische Bräunungsreaktionen). Sie gelten hier im Allgemeinen als erwünscht, da sie Geschmack und Aussehen von Speisen verbessern.

Hygroskopizität: Läßt man z.B. Fruchtzucker in offenen Gefäßen stehen, dann verklumpt er sehr schnell. Dies liegt daran, dass Fruchtzucker die Luftfeuchtigkeit anzieht und bindet. Man sagt Fruchtzucker ist wasseranziehend – hygroskop. Bei anderen Einfach- und Zweifachzuckern kommt diese Eigenschaft ebenfalls vor – ist aber nicht so stark ausgeprägt. Bei der Nahrungszubereitung spielt dies z.B. bei Gebäck mit Fruchtzucker oder Invertzucker eine Rolle. Bleiben diese an der offenen Luft liegen, dann verliert sich die Festigkeit und sie werden weich und pappig. Beim optimalen Mengen-Einsatz von hygroskopischen Zuckern kann aber auch die normale Austrocknung ausgeglichen werden. Es entsteht der Eindruck, dass das Gebäck immer frisch bleibt.

Die Hygroskopizität ist z.B. von der Oberfläche und dem Volumen der umströmenden Luft abhängig.

Löslichkeit in Wasser: Wir haben schon festgestellt, dass vor allem kurzkettige Zucker gut in Wasser löslich sind. So kann z.B. die "Süße" in Lösung gebracht werden und vielfältig verwendet werden.

Kristalliener Zucker oder Lösungen mit hohem Zuckeranteil sind sehr wasserliebend. Sie ziehen überschüssiges Wasser z.B. aus Früchten. Der Geschmack und die Süße werden dadurch verstärkt. Zum Anderen werden solche Früchte durch den Wasserentzug länger haltbar gemacht (kandierte Früchte). Bakterien und Pilze können bei so verringerten Wasseranteilen nicht überleben und damit auch nicht die Lebensmittel verderben. Auch die Herstellung von haltbaren Obstkonserven, Konfitüren und Marmeladen beruht auf den verringerten Wassergehalt - bzw. den höheren Zuckergehalt. Bakterien können in unter solchen – scheinbar wasserarmen – Bedingungen nicht überleben. Die osmotischen Verhältnisse sorgen dafür, dass selbst den Mikroorganismen das Wasser aus ihren Zellen entzogen wird. Sie trocken aus – bleiben aber, oft als Spore, noch länger lebensfähig. Nach Zugabe von Wasser können sie sich wieder voll entwickeln und dann die Lebensmittel verderben.

Längerkettige Kohlenhydrate sind meist nicht in Wasser löslich. Ihre Moleküle sind zu schwer. Sie können aber beachtliche Mengen von Wasser in die Moleküle einlagern. Dies nennt man dann Quellen.

Quellvermögen: Besonders die Mehrfachzucker sind mit einer enormen Quellfähigkeit ausgestattet. Das Wasser lagert sich in die Moleküle ein und erhöht dabei die Beweglichkeit der großen Moleküle. Die riesigen Ketten verwirren sich mit der Zeit immer mehr und bilden schließlich eine Art Kleister.

Marmeladen, Konfitüren und Gelee's sind Produkte, deren Festigkeit entscheidend von Pektinen und der hohen Konzentration an Zuckern abhängt.

Beim Kochen von Teigwaren nutzt man das Quellen von Stärke ebenfalls technologisch. So werden Nudeln besser in kochendes Wasser gegeben, da die äußeren Schichten sofort quellen und verkleistern. Die Form bleibt so beim weiteren Garen weitgehend erhalten. Das Kochen von Teigwaren kann man schon einige Minuten vor dem Garpunkt unterbrechen, da die Teigwaren noch nachgaren / nachquellen. Gerade bei vorlaufender Herstellung (z.B. Systemgastronomie) oder längeren Transportwegen (z.B. "Essen auf Rädern") muss dies beachtet werden, wenn nicht pappige, klebrige und zu weiche Nudeln ausgeliefert werden sollen.

Bindefähigkeit: Die Quellbarkeit und die fortschreitende Verkleisterung bewirken die Verfestigung des Nahrungsmittels. Durch Erwärmen wird der Effekt sogar noch verstärkt, da die Moleküle sich noch stärker bewegen und dementsprechend noch heftiger miteinander verwirren.

Auch beim Auflösen von Stärke z.B. zum Binden einer Soße oder Suppe, kann eine zu große Flüssigkeitstemperatur zum Verklumpen führen. Die äußeren Schichten nehmen die Flüssigkeit schnell auf und quellen entsprechend. Die inneren Bereiche werden dadurch von einer weiteren Flüssigkeitszufuhr abgeschnitten – ein Klumpen bildet sich. Deshalb sollte Stärke immer in kalter Flüssigkeit angelöst werden und vorsichtig der restlichen Flüssigkeit zugesetzt werden. Bei stärkehaltigen Bindemitteln, die großkörnig sind, kann die Flüssigkeit in die großen Lücken fließen. Bei ihnen ist ein direktes Einstreuen – in das zu bindene Gut – praktischer.

Abbaubarkeit: Stärke mit seinen charakteristischen Eigenschaften (nicht süß, wasserunlöslich, quellbar) kann durch Enzyme oder Säuren in kurzkettige Moleküle abgebaut werden. Interessant ist dabei, dass die entstehenden Stoffe, wie Dextrine, Zweifachzucker und Einfachzucker, genau entgegengesetzte Eigenschaften zur Stärke besitzen. Die Abbauprodukte sind zumeist süß, wasserlöslich und nicht mehr quellbar. Die gewünschten Eigenschaften einer Speise sind dann durch Produktions- oder Lagerzeiten bestimmt.

Stärkehaltige Lebensmittel sollten nach dem Zusatz von Säuren nicht mehr lange gekocht werden, da der Stärkeabbau so beschleunigt wird. Die Speisen verlieren ev. ihre Konsistenz und werden süßlicher. Besser ist also das Säuern erst kurz vor dem Servieren, bzw. eben auch dass Süßen von sauren Speisen zum Schluß.

Eine besondere Form des Zuckerabbaus ist die Umwandlung von Zweifachzuckern unter Enzymzusatz bei der Honigherstellung durch die Bienen. Die Zweifachzucker werden dabei in Einfachzucker (Frucht- und Traubenzucker) abgebaut. Da dabei Wasser verbraucht wird, sinkt der Wassergehalt. Durch Fächeln mit den Flügeln sorgen die Bienen für weiteres Verdunsten des Wassers. Letztendlich entsteht ein zähflüssiger Sirup - der Bienenhonig. Bei der Kunsthonig-

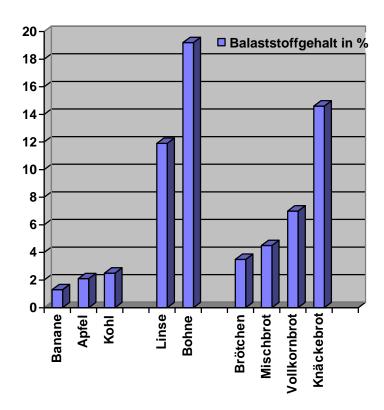
Produktion wird Rübenzucker durch zugesetzt Enzyme oder Säuren in Traubenzucker und Fruchtzucker abgebaut. (s.a. Exkurs: Invertzucker)

Schon aus hygenienischen Gründen sollte zum Probieren immer sauberes Besteck genommen werden oder die Probe indirekt gekostet werden (mit einem Proben-Löffel die Probe nehmen und mit dem Kost-Löffel / vom Kost-Teller probieren). Bei mehrfacher Verwendung des gleichen Löffels können (Speichel-)Enzyme in die Speise gelangen. Der Mundspeichel enthält besonders viele Kohlenhydrat-abbauende Enzyme. Besonders gefährdet sind halbwarme Speisen, da die Enzyme hier nicht gleich gerinnen (denaturieren).

Verdaubarkeit: In unserem Verdauungskanal passiert Ähnliches. Auch hier werden größere Moleküle von Vielfachzuckern solange zerlegt, bis Einfachzucker-Bausteine vorliegen. Nur diese können im Dünndarm ins Blut aufgenommen (resorbiert) werden.

Logischerweise lassen sich die kleinen Zucker (Rübenzucker, Dextrine) besser verdauen als die großen (Stärke). Einige andere Kohlenhydrate - wie z.B. der Zellstoff – können durch unser Verdauungssystem überhaupt nicht (direkt) verarbeitet werden. Sie füllen unseren Verdauungskanal nur aus und regen ihn zur erhöhten Tätigkeit an. Scheinbar können wir auf diese Stoffe bei der Ernährung verzichten, weshalb sie wohl auch den Namen Ballaststoffe bekommen haben. In Wirklichkeit sind sie aber für die normale Magen- und Darmtätigkeit und das Sättigungsgefühl unverzichtbar.

Viele Ballaststoffe haben außerdem die positive Eigenschaft Schadstoffe in sich oder an sich zu binden. Dies nennt man Adsorption. Der Entzug von Schadstoffen verbessert die Verdaulichkeit der Nahrung ungemein. (→ 3.4. Ballaststoffe)



Vergärbarkeit: Diese Eigenschaft ist wohl für viele die interessanteste. Vergärungsprodukte, wie Bier, Wein usw. spielen eine wichtige Rolle in unserem Leben. Aber mit der alkoholischen Gärung:

$$C_6H_{12}O_6$$
 \longrightarrow $2 C_2H_5OH$ + $2 CO_2$

Traubenzucker \longrightarrow Ethanol + Cohlendioxid

ist es nicht getan.

Es gibt auch andere Gärungen mit anderen Endprodukten. Einfachzucker (vorrangig Traubenzucker) lassen sich auch zu Milchsäure vergären:

 $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_3H_6O_3$ Traubenzucker \longrightarrow Milchsäure

Die hierbei entstehenden Milchprodukte (Quark, Käse, Joghurt, ...), oder auch Sauerkraut, saure Gurken usw. sind ebenfalls nicht mehr aus unserer Ernährung wegzudenken. Besondere Bedeutung haben beide Gärungen auch wegen der konservierenden Wirkung. Viele Lebensmittel wurden – vor allem früher – so lange haltbar und genießbar gemacht.

Weiterhin ist die Milchsäure-Gärungs in unseren Muskeln für die Bereitstellung von Start- und Reserve-Energie verantwortlich. Für die normale, andauernde Muskel-Bewegung wir die Energie über die Zellatmung (vollständige biologische Oxidation) gewonnen.

Reaktionsvermögen mit anderen Nahrungsbestandteilen: Durch die Vielzahl an funktionellen Gruppen erwartet man eigentlich sehr viele Reaktionen. Praktisch sind Kohlenhydrate recht reaktionsträge. Bei höheren Temperaturen reagieren verschiedene Kohlenhydrate mit Aminosäuren (s.a. 3.3. Eiweiße → MAILLARD-Reaktion).

3.2.5.1. technologische Süßmittel

Invertzucker

Kunsthonig

Isoglucose, Glucosesirup (Isomerose)

aus Stärke hergestellter Flüssigkzucker, Stärke (Mais, Weizen, Kartoffel) wird enzymatisch und z.T. auch unter Einsatz von Säuren gespalten

je nach verwendeten Enzymen entstehen reine Glucose-Lösungen oder Gemische mit einem

3.2.6. Nachweise für Kohlenhydrate

Bedingt durch die große Anzahl sehr verschiedener Kohlenhydrate gibt es auch entsprechend viele Nachweise. Aus praktischen Gründen und wegen der herausragenden Bedeutung beschränken wir uns hier auf den Nachweis von Traubenzucker und Stärke.

Der bekannteste Nachweis für Traubenzucker ist die FEHLINGsche Probe. Für diesem Nachweis werden zwei Lösungen (FEHLINGsche Lösungen I und II (hellblau und farblos)) im Verhältnis 1:1 gemischt. FEHLING I enthält CuSO4. Die FEHLINGsche Lösung II setzt sich aus Kaliumnatriumtartrat (Kalium- und Natrium-Salz der Weinsäure) und Natriumhydroxid (basisch) zusammen. Das fertige (dunkelblaue) Nachweismittel wird dann zur flüssigen oder festen Probe zugesetzt und vorsichtig erwärmt. Eine Farbveränderung nach Ziegelrot (eventuell über Grün, Gelb und Orange) zeigt das Vorhandensein von Traubenzucker an. Die Farbveränderung ist durch die Reduktion der Cupfer-lonen zu erklären.

(Eigentlich werden nur die freien Aldehyd-Gruppen nachgewiesen! Der Test ist also nicht sehr spezifisch und deshalb mit der gebotenen Vorsicht zu genießen!). Allgemein spricht man deshalb auch besser vom Nachweis eines reduzierenden Kohlenhydrates.

Das Versuchsschema für die FEHLINGsche Probe sieht so aus:

Nachweis von (reduzierenden) Kohlenhydraten durch die FEHLINGsche Probe:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	FEHLINGsche Lösungen I und II im Verhältnis 1:1 mischen und zusetzen	leicht erwärmen	Ziegelrotfärbung (Orange-, Gelb- bis Grünfärbung)	reduzierender Stoff z.B.: Aldehyd wahrscheinlich Glucose od.ä. KH
	(blau)		Farbe unverändert	keine reduzieren- den Substanzen vorhanden

Die TROMMERsche Probe basiert auf den gleichen chemischen Reaktionen, wie die FEHL-INGsche Probe. Nur die Zugabe der Chemikalien verläuft etwas anders.

Ein Nachweis für freie Aldehydgruppen ist auch die TOLLENS-Probe (TOLLENSsche Probe). Bei dieser Probe wird mit Silber-Ionen (Silbernitrat-Lösung) gearbeitet. Vor dem Benutzen der Lösung muss diese basisch gemacht werden. Dazu benutzt man Ammoniak-Lösung. Das fertige Nachweismittel wird deshalb auch ammoniakalische Silbernittrat-Lösung genannt. Die Silber-Ionen werden reduziert. Es entsteht Silber, welches sich am Glas absetzt (Kristallisationskeime) und einen charakteristischen Silberspiegel bildet.

Nachweis von (reduzierenden) Kohlenhydraten durch die TOLLENS-Probe:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	mit Ammoniak frisch basisch gemachte Silber- nitrat-Lösung versetzen	leicht erwärmen	Silberspiegel (selten grauer Niederschlag)	reduzierender Stoff z.B.: Aldehyd wahrscheinlich Glucose od.ä. KH
	(farblos – leicht milchig)		Farbe unverändert	keine reduzieren- den Substanzen vorhanden

Die NYLANDER-Probe nutzt eine ähnliche Reaktion zum Nachweis von (reduzierenden) Kohlenhydraten (od. anderen reduzierenden Substanzen). Statt Silber-Ionen werden Bismut-Ionen (Bi³⁺) genutzt. Auch die NYLANDER-Reagenz wird zur Unterstützung des Ring-Aufbruches basisch gemacht. Reduziertes Bismut ergibt einen schwarzen Niederschlag. NYLANDERS-Reagenz basiert ähnlich wie die FEHLINGsche Reagenz auf – mit Weinsäure Komplex-gebundene – Metall-Ionen (hier Bismut).

Ebenfalls auf die Reduktion von Bismut-Ionen setzt die BÖTTGERsche Probe. Im alkalischem Milieu wird mit Bismutnitrat gearbeit. Es bildet sich beim positiven Nachweis ein grau-schwarzer Bismut-Niederschlag.

In älterer Literatur findet man auch den Nachweis mittels Quecksilbercyanid im alkalischen Milieu. Es fällt metallisches Quecksilber aus. Die von KNAPP beschriebene Methode wird aber heute wegen der Giftigkeit von Quecksilber und vielen seiner Verbindungen nicht mehr benutzt.

Mit diversen Farbstoffen lassen sich auch optisch atraktive Nachweise realisieren. Immer wird die reduzierende Wirkung der betreffenden Kohlenhydrate genutzt.

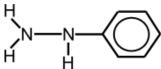
- Indigoblau (Indigokamin) wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zu Indigoweiß (HOFMANN)
- Safraninrot wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zu Safraninweiß
- Methylenblau wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zur Leukostufe (farblos) reduziert

Eigentlich sollte man auch die SCHIFFsche Probe zum Nachweis von Aldehyd-Gruppen verwenden können. Da diese Probe aber unter sauren Bedingungen arbeitet, stellen sich die Ring-Ketten-Gleichgewichte (Ring-Ketten-Tautomerie) eher in Richtung Ring ein. Da bleiben dann zu wenige freie Aldehyd-Gruppen für den eigentlich sehr empfindlichen Nachweis. Indirekt kann man durch Kombination mit basischen Nachweisen Aldehyde und reduzierende Zucker unterscheiden.

Sehr gut geeignet ist auch die Nutzung der Vergärbarkeit zum Nachweis von Kohlenhydraten. In kleinen, speziellen Kolben mit seitlichen Zusatzteilen wird die Probe-Lösung mit Hefe-Pilzen versetzt. Nach kurzer Zeit sollten sich in den seitlichen Zusatzteilen Gasbläschen sammeln. Das gebildete Cohlendioxid entstammt dann der alkoholischen Gärung. Diese benötigt bekantermaßen einen vergärbaren Kohlenhydrat. Bei Verwendung verschiedener Hefen und unterschiedlicher Bedingungen (z.B. unterschiedlicher Temperaturen) ist eine differenzierte Erkennung der Probe möglich.

Zur genaueren Differenzierung der verschiedenen Mono- und Disaccharide bedarf es aufwändigerer Tests.

Beim Zusatz von gelblichem Phenylhydrazin (überschüssig) zu einer Zucker-Lösung können sich im essigsauren Milieu gelbe Osazon-Kristalle bilden. Osazone entstehen bei der Reaktion der Aminogruppe (vom Phenyhydrazin) mit der Carbonyl- (Aldehydsowie der benachbarten Hydroxyl-Gruppe des Kohlenhydrates.



Phenylhydrazin

Phenylhydrazin ist giftig und umweltgefährlich. Deshalb sollte dieser Nachweis nur in Ausnahmesituationen durchgeführt werden.

Eine weitere Mögglichkeit zur Differenzierung verschiedener Monosaccharide ist der Umsatz mit Orcein-Farbstoffen (stammen aus Flechten).

Kohlenhydrat	Verfärbung des Orcein's
Glucose	keine Farbänderung (bleibt braunrot)
Fructose	warm: blau; kalt: gelbbraun
Xylose	warm: violett-blau; kalt: blau

Kohlenhydrat	Verfärbung des Orcein's
Arabinose	violett

Aus der Diabetes-Erkennung stammt der GOD-Test. Mit ihm wird eigentlich in Urinproben nach Traubenzucker gesucht. Dies ist ein Hinweis auf Diabetes (Zuckerkrankheit).

Die Teststreifen funktionieren auch in normalem Wasser. Somit sind sie sicher die einfachsten Nachweismittel. Wir "missbrauchen" die Teststreifen einfach für unsere Suche nach Traubenzucker in beliebigen Lösungen. Alle Chemikalien für den Test sind auf dem Papier- oder Plastestreifen aufgetragen. Man braucht die Teststreifen nur noch kurz in die Probe zu halten und nach ein paar Sekunden das Testergebnis ablesen. Die jeweilige Farbveränderung richtet sich nach dem Teststreifenfabrikat. Mit manchen Teststreifen kann man sogar einen annähernden Gehaltswert (semiquantitativer Nachweis) ermitteln. Ein weiterer Vorteil der GOD-Teststreifen ist ihre Stoffspezifität. Sie reagieren nur auf Traubenzucker.

Dies wird durch die Verwendung von Enzymen auf dem Teststreifen erreicht.

Nachweis von Traubenzucker mit Teststreifen (GOD-Test, Glucotest):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
flüssige Probe +	GOD-Teststreifen	(siehe Packung)	Verfärbung ent- sprechend Skala	Traubenzucker
			Farbe unverändert oder anders	kein Traubenzucker

Nicht ganz so spezifisch ist der Stärkenachweis mit Iod-Kaliumiodid-Lösung. Er kann aber als recht sicher eingestuft werden. Zur festen oder flüssigen Probe werden einige Tropfen der gelblich-braunen Iod-Kaliumiodid-Lösung (LUGOLsche Lösung) getropft. Verändert sich die Farbe nach Blau bzw. Schwarz, dann ist Stärke in Form von Amylose (lösliche Stärke) vorhanden. Eine Verfärbung nach Violett zeigt dagegen Amylopektin (nichtlösliche Stärke) an. Bei der

Leberstärke (Glykogen) kommt es – durch die kaum noch vorhandenen helikalen Strukturen – nur zu einer rötlichen Färbung.

Nachweis von Stärke mit LUGOLscher Lösung (lod-Kaliumiodid-Lösung):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
			Blaufärbung (ev. Schwarz)	Stärke (Amylose)
			Violettfärbung	Stärke (Amypektin)
Probe +	einige Tropfen LUGOLsche Lö- sung	(Zimmertempe- ratur)	Rotfärbung	Stärke (Glykogen)
	(hellgelb bis leicht bräunlich)		anderes	keine Stärke

Nachweis von Zellulose mit Chlor-Zink-lod-Lösung:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
			Gelbfärbung (ev. Braunfärbung)	lignifizierte od. suber- inisierte Cellulose (z.B. verholzte Zell- wände)
			Blaufärbung	Cellulose
Probe +	einige Tropfen Chlor-Zink-lod- Lösung	(Zimmertempe- ratur)	Violettfärbung	Cellulose (z.B. primäre Zellwand)
	0		anderes	keine Cellulose

Praktikums-Aufgaben:

1. Mono- und Disaccharide (45 – 60 min)

Prüfen Sie Fruchtzucker, Haushaltszucker, (lösliche) Stärke, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig) auf ihren Gehalt an reduzierenden Kohlenhydraten (Monosaccharide, qualitativ)! Gut geeignet sind die folgenden Lebensmittel (kein Muss, nur Empfehlung):

Milch, Sahne, Majonäse, Quark, Frischkäse, Marmelade, Säfte, Tomate, lockere Creme aus Riegeln oder Torten, ...

Bereiten Sie das Protokoll soweit vor, dass Sie sofort mit den praktischen Arbeiten beginnen können!

2. Polysaccharide (45 min)

Prüfen Sie Fruchtzucker, Haushaltszucker, (lösliche) Stärke, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig) auf ihren Gehalt an Polysac-chariden (qualitativ)!

Bereiten Sie das Protokoll soweit vor, dass Sie sofort mit den praktischen Arbeiten beginnen können!

3. Polysaccharide (60 - 90 min)

Mikroskopieren Sie ein Schabepräparat von einer Kartoffel (alternativ Feuchtpräparate von Getriede-Mehl, Kartoffelstärke, Reisstärke, Maisstärke, ...)! Zeichnen Sie 3 (typische) Stärkekörner!

Ziehen Sie dann ein bis zwei Tropfen Iod-Kaliumiodid-Lösung durch! Zeichnen Sie wiederum 3 Stärkekörner!

Hinweise zum Protokoll:

Die folgenden Fragen und Problemstellungen sollten in den Vorbetrachtungen abgearbeit werden:

- 1. Welche Test's sind für einen qualitativen Nachweis geeignet? Welche Aussage-Güte ist zu erwarten?
- 2. Wie funktionieren die einzelnen Test's?
- 3. Wieviele Einzel-Test's müssen Sie durchführen (Blindproben nicht vergessen!)?
- 4. Wieviele Thesen sind notwendig? Wie lauten die experimentellen Thesen?

3.2.7. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten

Mikroskopische Untersuchung und Unterscheidung von Stärke

Grundlagen / Prinzipien:

Stärkekörner besitzen je nach Pflanzenquelle und Gewinnungsverfahren unterschiedliche Merkmale. Diese lassen sich unterm Mikroskop gut beobachten und bei Vorlage von Vergleichsproben oder Vergleichsfotos sehr gut zuordnen.

Materialien / Geräte:

Mikroskop, Objektträger, Deckgläschen, Präparierbesteck (Präpariernadel, Lanzetnadel), verschiedene Stärken (reine oder als Samen), Wasser, LUGOLsche Lösung (lod-Kaliumiodid-Lösung), Tropfpipetten, saugfähiges Papier

Durchführung / Ablauf:

- Samen rund 12 h vorkeimen lassen
- einen Tropfen Wasser in die Mitte des Objektträgers geben
- eine Lanzetnadel voll Probe in den Tropfen geben, mit einem Deckgläschen abdecken und mikroskopieren
- direkt neben das Deckgläschen einen Tropfen LUGOLsche Lösung geben, auf der anderen Seite die Flüssigkeit mit dem saugfähigen Papier abnehmen, eventuell mit mehr LUGOLscher Lösung die Färbung verstärken oder mit Wasser entfärben
- nochmals mikroskopieren, eventuell Zeichnungen anfertigen
- für Vergleiche bietet sich z.B. das folgende Buch an:

GASSNER, Gustav: Mikroskopische Untersuchung pflanzlicher Lebensmittel.-Jena: Fischer Verl.

Untersuchung des Stärkeabbaus durch Speichel

Grundlagen / Prinzipien:

Die Stärkeverdauung beginnt im Mund durch mechanische Zerkleinerung und den Zusatz von Speichel.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Brot, Wasser, FEHLINGsche Lösungen I und II, LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Brenner

- 4 Reagenzgläser 2 cm mit Wasser füllen und jeweils einen Brotwürfel (5 mm Kantenlänge) dazugeben (Brot eventuell leicht zerdrücken)
- die Reagenzgläser durchnummerieren, entsprechend der nachfolgenden Tabelle Speichel zusetzen und die angegebenen Tests durchführen

Reagenzglas	Zusatz	durchzuführender Test	entspricht Situation
1	-	Stärkenachweis	vor Verdauung
2	-	Traubenzuckernachweis	vor Verdauung
3	Speichel	Stärkenachweis	nach erster Verdauung
4	Speichel	Traubenzuckernachweis	nach erster Verdauung

Untersuchung des Löslichkeitsverhaltens von Traubenzucker

Materialien / Geräte:

verschiedene Lösungsmittel (z.B. Wasser, Benzin, Aceton, Ethanol); Reagenzgläser; Reagenzglasständer, Traubenzucker

Durchführung / Ablauf:

- in je ein Reagenzglas gleiche Menge eines Lösungsmittels geben (ungfähr 3 cm hoch)
- in jedes Reagenzglas eine gleichgroße Spatelspitze Traubenzucker zugeben und schütteln
- Beobachtungen notieren
- wenn Traubenzucker vollständig gelöst wurde, noch einmal Spatelspitze Traubenzucker zugeben, umschütteln und Beobachtungen notieren; solange wiederholen bis Rückstand bleibt

Quellfähigkeit von Kohlenhydraten

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Glasstäbe, Wasser, verschiedene Kohlenhydrate

Durchführung / Ablauf:

- in die Reagenzgläser gleichviel Wasser füllen (ungefähr 5 cm hoch)
- je eine Probe in die Reagenzgläser geben (ungefähr 1 cm hoch)
- Höhe der Probe mit Stift markieren
- regelmäßig mit Glasstab umrühren
- alle 5 min Beobachtungen notieren (maximal 20 min lang) (Höhe der Probe, Farbe und Fließfähigkeit der Lösung)

Untersuchung des Stärkeabbaus durch Säure

Grundlagen / Prinzipien:

Unter sauren Bedingungen kommt es zur verstärkten Hydrolyse der Stärke. Die Stärke-Moleküle zerfallen in kleinere Einheiten (kleine Mehrfachzucker, Dextrine). Mit LUGOLscher Lösung ergeben Dextrine eine rotbraune bis gelbe Verfärbung.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Stärke, Wasser, LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung), Brenner, Säure (z.B. Zitronensaft), Becherglas, Dreibein, Drahtnetz

Durchführung / Ablauf:

- Wasser im Bechglas erhitzen (Wasserbad)
- 2 Reagenzgläser 2 cm hoch mit Stärke-Lösung füllen
- zu einem Reagenzglas Säure geben, 15 min im siedenen Wasserbad erhitzen
- abkühlen lassen (eventuell im kaltem Wasserbad oder unter fließendem Wasser)
- einige Tropfen LUGOLsche Lösung zusetzen

(eventuell kann auf das Erwärmen verzichtet werden, dann sollte das Gemisch aber rund 12 h stehen bleiben)

alternativ:

 alle 2 – 3 min eine kleine Probe (mit Pipette 3 Tropfen) entnehmen und auf einer Tüpfelplatte die LUGOLsche Probe durchführen

MAILLARD-Reaktion

Grundlagen / Prinzipien:

Aminosäuren (auch Peptide od. Eiweiße) reagieren im basischen Milieu und in der Wärme sehr gut mit Kohlenhydraten. In einem komplizierten und sehr variablen Reaktionsmechanismus entstehen farbige (vorrangig braune) und aromatisch riechende Stoffe. (Weitere Informationen im Kapitel \rightarrow 3.3. Eiweiße \rightarrow 3.3.3.3. Technologische Eigenschaften der Eiweiße und ihre Nutzung)

Materialien / Geräte:

Aminosäure-Lösung (auch Mischung; optimal 30 mg/ml); Zucker-Lösung (auch Mischung; optimal 60 mg/ml); Base (z.B. Natriumhydroxid); ev. Spektral-Photometer

Durchführung / Ablauf:

- Lösungen mischen und alkalisch machen
- 5 min sieden lassen
- Farb- und Geruchsveränderungen beobachten

Nachweis von Einfachzuckern nach BARFOED

Grundlagen / Prinzipien:

In schwach sauren Medien können Einfachzucker besser reagieren. Ansonsten entspricht der Test von BARFOED chemisch weitgehend der FEHLINGschen Probe. Einfachzucker lassen sich am roten Cupfer-Niederschlag erkennen.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, BARFOED-Reagenz, Brenner, Becherglas, Dreibein, Drahtnetz, Wasser, Probenmaterial (z.B. Traubenzucker, Fruchtzucker)

Durchführung / Ablauf:

- Wasser im Bechglas erhitzen (Wasserbad)
- Proben im Reagenzglas in wenig Wasser lösen und mit 4 ml BARFOED-Reagenz mischen
- 3 min im Wasserbad erhitzen
- Beobachtungen notieren

MOHRsche Probe (Nachweis von Glucose und Lactose)

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Natriumhydroxid-Lösung, ev. 2%ige Glucose- und Lactose-Lösung zum Vergleich

- Probe wird mit Natronlauge erhitzt
- gelbe Farbe zeigt Glucose bzw. Lactose an

Nachweis von Fructose (SELIWANOW-Reaktion)

Grundlagen / Prinzipien:

Durch starke Mineralsäuren wird dem Zucker Wasser entzogen. Die entstehenden Verbindungen (Furfuralderivate) können mit aromatischen Stoffen (z.B. Resorcin (Metadioxybenzol)) zu Farbstoffen reagieren. Der bei positiver SELEWANOW-Reaktion entstehende Farbstoff ist rot. Ketosen reagieren bei diesem Test wesentlich schneller als Aldosen.

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Brenner, Dreibein, Drahtnetz, Becherglas, Wasser, SELIWANOW-Reagenz, Probenmaterial (z.B. Fruchtzucker)

Durchführung / Ablauf:

- Wasser im Bechglas erhitzen (Wasserbad)
- Probe im Reagenzglas in wenig Wasser lösen, doppelte Menge SELIWANOW-Reagenz zusetzen
- 1 min in siedenem Wasserbad erhitzen

Unterscheidung von Monosacchariden mittels Orcein

Grundlagen / Prinzipien:

Orcein-Farbstoffe verfärben sich selektiv mit den verschiedenen Monosacchariden

Materialien / Geräte:

α-Aminoorcein Q: de.wikipedia.org (Shaddack)

Durchführung / Ablauf:

- zu 5 ml Eisessig werden einige Tropfen einer Probe (z.B. 10 Tropfen einer 2%igen Traubenzucker-Lösung) und einige Tropfen einer 5%igen Orcein-Lösung gegeben und gut durchgeschüttelt
- erhitzen bis zum Sieden
- vorsichtig tropfenweise konzentrierte Schwefelsäure (zu Anfang 2 3x 5 Tropfen, dann mit je 10 Tropfen fortsetzen) solange bis Verfärbung nach dem Umschütteln bestehen bleibt

Kohlenhydrat	Verfärbung des Orcein's
Glucose	keine Farbänderung (bleibt braunrot)
Fructose	warm: blau; kalt: gelbbraun
Xylose	warm: violett-blau; kalt: blau

Kohlenhydrat	Verfärbung des Orcein's
Arabinose	violett

Hinweise:

- Vorsicht beim Arbeiten mit konzentrierter Schwefelsäure → stark ätzend

Nachweis von Cellulose

Grundlagen / Prinzipien:

Chlorzinkiod-Lösung reagiert mit Cellulose unter Bildung einer Blau- bis Violett-Färbung.

Materialien / Geräte:

Chlorzinkiod-Lösung, Tropfpipette, Materialproben (z.B. Watte, Filterpapier, Zellstoff-Taschentücher, Viskose-Stoff, Weizenkleie, Vollkornmehl)

Durchführung / Ablauf:

- Probe mit einem Tropfen Chlorzinkiod-Lösung beträufeln

Nachweis von Milchzucker (Lactose) in Milch

Materialien / Geräte:

Frische Milch; Essigessenz; Feinsieb od. Küchenhandtuch; Glasstab; FEHLINGsche Lösungen I + II: Brenner

Durchführung / Ablauf:

- Milch mit einigen Tropfen Essigsäure versetzen (gut umrühren); etwas ruhen lassen
- mittels Feinsieb od. Küchenhandtuch Molke abfiltern (alternativ zentrifugieren)
- mit der Molke die FEHLINGsche Probe durchführen

TROMMERsche Probe

Grundlagen / Prinzipien:

gleiches Reaktionsprinzip wie die FEHLINGsche Probe, bildet sich beim Vorhanden von reduzierenden Zuckern ein ziegelroter Niederschlag

Materialien / Geräte:

10%ige Natriumhydroxid-Lösung, Cupfersufat-Lösung, Proben, ev. 2%ige Glucose-Lösung zum Vergleich

- Probe mit reichlich Natriumhydroxid versetzen
- nun wenige Tropfen Cupfersulfat-Lösung dazugeben (es bildet sich ein blauer Niederschlag an der Eintropfstelle) und umschütteln (Lösung muss klar tiefblau werden, Niederschlag muß sich auflösen!)
- erwärmen

Herstellung von Zuckercouleur

Versuch möglichst in einer Küche, einem Küchenlabor od.ä. durchführen!!!

Materialien / Geräte:

Reagenzglas; Haushaltszucker; Brenner

Durchführung / Ablauf:

- in das Reagenzglas (RG) 2 bis 3 cm hoch Zucker füllen; mit 10 bis 20 Tropfen Wasser (1 ml) benetzen
- RG langsam erhitzen, bis Schmelze schäumt
- abkühlen lassen
- 10 ml Wasser auffüllen und kräftig schütteln oder über Nacht stehen lassen
- ev. grobe Bestandteile abfiltern

Herstellung von Kandiszucker

Materialien / Geräte:

Haushaltszucker; ev. Zuckercouleur; Becherglas; Glasstab (od.ä.); Wollfaden

Durchführung / Ablauf:

- 20 bis 100 ml Wasser erhitzen und solange Zucker zugeben, bis eine gesättigte Lösung entsteht; ev. Zuckercouleur zusetzen
- abkühlen lassen; Bindfaden an Glasstab befestigen und in die Lösung hängen (ev. mit Glasstopfen am anderen Ende des Fadens beschweren) alternativ können auch kleine Kandisstücke als Impfkristalle genutzt werden
- ev. teilweise abdecken; mehrere Tage stehen lassen

Herstellung von Karamel

Materialien / Geräte:

Haushaltszucker; großes Reagenzglas; PETRI-Schale od. beschichtete Pfanne; verdünnte Natriumhydroxid-Lösung; verdünnte Salzsäure; Indikatorpapier; Glasstab

- 2 cm hoch Zucker in das Reagenzglas (RG) füllen; 20 ml Wasser hinzufügen; mit 5 ml Natriumhydroxid basisch machen
- langsam bis zur leichten Braunfärbung erwärmen
- abkühlen lassen und mit Salzsäure unter Rühren (mit Glasstab) neutralisieren
- Masse in PETRI-Schale od. beschichtete Pfanne überführen und sehr langsam und vorsichtig erwärmen (Wasser ausdampfen)
- es darf probiert werden

Herstellung von Kartoffelstärke

Materialien / Geräte:

Kartoffeln; Feinsieb od. Küchenhandtuch; Plastikfolie od. Backpapier

Durchführung / Ablauf:

- Kartoffeln schälen und reiben
- wenig warmes Wasser dazugeben und mehrfach rühren
- über Feinsieb od. Küchenhandtuch filtrieren; gut ausdrücken!
- Filtrat stehen lassen; Überstand dekantieren und Niederschlag mit wenig kaltem Wasser waschen
- Niederschlag auf Plastikfolie od. Backpapier trocken

Zusatzuntersuchung:

- etwas Niederschlag kann unterm Mikroskop mit anderen Stärken verglichen werden; ev. mit wenig LUGOLsche Lösung anfärben

Herstellung von Kunsthonig

Materialien / Geräte:

Haushaltszucker; Milchsäure; destillertes Wasser (Aqua dest.; demineralisiertes Wasser)

- 25 g Zucker in 50 ml dest. Wasser lösen; mit 10 Tropfen Milchsäure versetzen
- vorsichtig und langsam bis zur Hälfte eindampfen; abkühlen lassen
- es darf probiert werden

3.2.8. ausgewählte Kohlenhydrat-haltige Lebensmittel im Einzelnen

3.2.7.1. Haushaltszucker (Rübenzucker, Rohrzucker, Zucker)

Heute wird brauner Zucker nachträglich aus weißem hergestellt, indem Zuckersirup zum Anfärben dazugemischt wird.

Gelierzucker = 98 % Saccharose + 1 % Pektin + 1 % Wein- od. Zitronensäure

3.2.7.2. Getreide und Getreide-Mehl

mit einem Kohlenhydrat-Gehalt von 59-72~% sind Getreide und Mehle im Prinzip den Kohlenhydrat-haltigen Lebensmittel zuzuordnen

aber wegen der Besonderheiten im Zusammenspiel von Kohlenhydraten und Proteinen bei Teigen und Back-Produkten erst bei den Proteinen behandelt

3.2.7.3. Kartoffeln und Kartoffel-Stärke

3.2.9. spezielle Kohlenhydrate – modern genutzt

3.2.9.1. *Mais-Stärke*

Verpackungsmaterial recyclebares Einweg-Besteck (nachhaltiges Wirtschaften)

3.3. *Eiweiße*

<u>Aufgabe:</u>

- 1. Erstellen Sie eine Mindmap mit allen Ihren Gedanken und Assoziationen zum Thema Eiweiße!
- 2. Verknüpfen Sie Ihre Mindmap mit denen von anderen Kursteilnehmern!

Eiweiße - wissenschaftlich auch **Protein**e genannt - spielen für unser Leben eine entscheidende Rolle. Wie die Kohlenhydrate und Fette sind auch die Eiweiße Bau- und Betriebsstoffe. Eiweiße besitzen aber für die Existenz und Stabilität des Lebens auf der Erde die größte Bedeutung. Die Vielgestaltigkeit der Eiweiße ermöglicht den großen Variantenreichtum an Lebensformen auf unserer Erde. Jede Pflanzen- oder Tierart hat eigene Eiweiße. Selbst jeder Mensch besitzt individuelle Eiweiße. Deshalb gibt es unter Anderem so viele Probleme bei der Transplantation von Organen.

Eiweiße sind neben den Nucleinsäuren (RNS / DNS) ein wichtiges Standbein des Lebens auf unser Erde. Das Leben auf der Erde wird deshalb oft auch als Eiweiß-Leben bezeichnet. Die Eiweiße sind schenbar so wichtig, dass die Wissenschaftler sogar einen Begriff für die Gesamtheit aller Eiweiße in einer Zelle geprägt haben – das Proteom.

Jedes Eiweiß hat in einem Lebewesen mindestens eine wichtige Aufgabe. Z.B. ist das Eiweiß Amylase für die Zerlegung von Stärke in Einfachzucker verantwortlich. Für jeden chemischen Prozeß ist im Stoffwechsel der Zellen ein solches Eiweiß notwendig. Sie sind Hilfsstoffe (Katalysatoren) für die verschiedensten Vorgänge. Man nennt sie auch Enzyme oder Wirkstoffe (siehe auch Abschnitt 4.2. Wirkstoffe). Enzyme repräsentieren also hauptsächlich den Bereich Betriebsstoffe. Im Notfall können Eiweiße sogar zur Energiegewinnung genutzt werden.

Die Eiweiße Myosin und Actin sind die Bestandteile der Muskelfasern, die eine Verkürzung (Kontraktion, Zusammenziehen) der Muskeln ermöglichen. Hier handelt es sich also eher um Baustoffe. Andere Eiweiße mit Baustoff-Funktion sind u.a. Kollagen (Gelenke, Bindegewebe, ...), Kreatin (Horn, Haare, Nägel, ...), Seide (Insekten-Cocons, Spinnen-Netze, ...) und Tubulin (Geißeln, Flimmerhäarchen, Spindelapparat, ...). All diese Proteine nennt man auch **Struktur-Proteine** (Baustoffe). Das Protein Insulin dient in unserem Körper z.B. nur als **Botenstoff** (Hormon) bei der Blutzuckerregulation. Andere Protein- bzw. Peptid-basiserte Hormone sind z.B. Ocytocin und das FSH (Follikel-stimmulierendes Hormon (Follikel – Vorstufen der Eizellen)). Sie informieren den Organsimus über eine bestimmte Situation und lösen dann spezielle Stoffwechsel-Vorgänge (Signaleketten und Metabolismen) aus.

Einige Proteine wirken auch direkt in der Informations-Speicherung und –Verarbeitung mit. Dazu gehören Proteine und Peptide (Regulatoren), die z.B. die DNS blockieren, um ihre Ablesung zu verhindern.

Rezeptoren basieren ebenfalls vorrangig auf Eiweiß-Strukturen. Sie nehmen Informationen (z.B. die Anwesenheit anderer Stoffe) aus der Umgebung auf. Im Inneren der Zelle lösen sie dann zumeist Signalketten aus, die dann wieder bestimmte Stoffwechselvorgänge beeinflussen.

Wieder andere Eiweiße (z.B. das Pigment Melanin) dienen "nur" als **Farbstoffe**. Ihre Menge bestimmt z.B. über Augen-, Haar- und Hautfarbe. Der Farbstoff Opsin sorgt für die Möglichkeit des Sehens. Er ist einer der sogenannten Sehfarbstoffe. Bei diesen Eiweißen würde man wohl wieder eine Zuordnung in den Bereich Baustoffe vornehmen.

Eiweiße, wie das Hämoglobin oder andere Blutfarbstoffe, dienen vornehmlich dem Transport von verschiedensten Stoffen (**Transport-Proteine**). Im Blut sind dies meist die schwerer löslichen Gase Sauerstoff und ev. auch noch Cohlendioxid. In den Zellmembranen sorgen verschiedenste Proteine (Carrier, Tunnel- od. Kanal-Proteine, Pumpen) für einen Stoffaustausch mit der Zellumgebung.

Wieder andere Proteien speichern Stoffe und auch Energie für die Zellen bzw. den Organismus. Der rot-braune Muskelfarbstoff Myoglobin ist ein sehr effektiver Speicherstoff für Sauerstoff in den Muskeln.

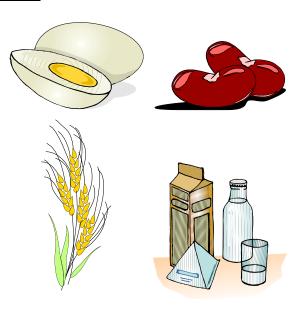
Weitere unzählige Eiweiße spielen als Gerinnungsfaktoren beim Blut, als Antikörper bei Immunreaktionen und Toxinen (von Schlangen, Insekten, Quallen, ...) eine große Rolle in der Natur. Sie werden zu den **Schutz-Proteinen** zusammengefasst.

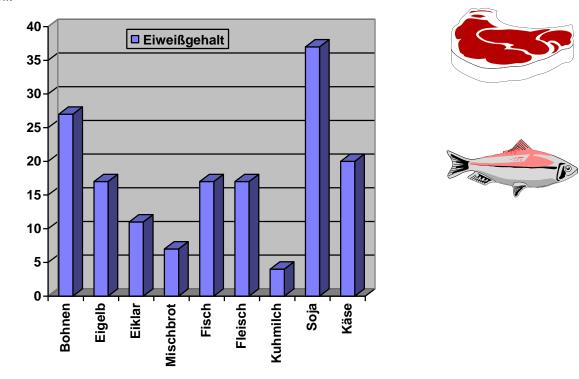
3.3.1. Eiweißhaltige Nahrungsmittel

Inbegriff eiweißreicher Nahrungsmittel ist sicher das mit namensgebende Hühnerei. Natürlich sind alle Eier besonders eiweißhaltig. Dabei sollte man beachten, dass nicht nur das Eiklar (Dotter) Eiweiße enthält. Auch das Eigelb besteht im Wesentlichen (neben Wasser) aus Eiweiß.

Wichtige andere Eiweißlieferanten sind Fleisch, Milch, Fisch, Getreide, Hülsenfrüchte und deren Produkte.

Der Gehalt an Eiweiß schwankt dabei in den einzelnen Nahrungsmittel sehr stark. Im Allgemeinen wird bei der Anteilsbetrachtung von der Trockenmasse einer Probe ausgegangen. Damit fällt der sehr schnell schwankende Wasseranteil weg. Die Verhältnisse zwischen den anderen Bestandteilen untereinander sind sonst recht stabil.



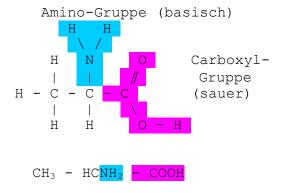


<u>Aufgabe:</u> Ermitteln Sie für fünf Lebensmittel den Eiweißgehalt laut Verpackungsetikett!

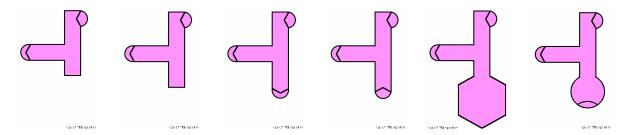
3.3.2. Aufbau der Eiweiße

Eiweiße bestehen aus Aminosäuren (Abk.: AS). Aminosäuren besitzen in ihrem Molekül zwei wichtige funktionelle Gruppen. An einem Ende des Moleküls haben sie eine Säuregruppe, wie die Fettsäuren. An der Seite befindet sich eine basische Aminogruppe.

Eine der einfachsten, eiweißbildenden Aminosäuren Alanin besitzt die Formeln:



Das andere Ende der Aminosäure-Moleküle ist sehr variabel. Diese Molekül-Reste können unterschiedlich lang ausfallen. Es gibt Aminosäuren mit sauren oder basischen Enden. Aber auch aromatische Enden oder schwefelhaltige Molekülreste sind bekannt.



Am Seltsamsten ist die Erkenntnis, dass es nur etwa 20 verschiedene Aminosäuren in allen Bakterien, Pilzen, Pflanzen und Tieren gibt. Wie es zur Vielgestaltigkeit der Eiweiße kommt, sehen wir uns später an. Hier wollen wir uns erst einmal einen Überblick über die Aminosäuren geben lassen:

Aminosäure	Abk.
Alanin	Ala
Arginin	Arg
Asparagin	Asn
Asparaginsäure	Asp
Cystein	Cys
Glutamin	Gln
Glutaminsäure	Glu
Glycin	Gly
Histidin	His
Isoleucin	Iso

Aminosäure	Abk.
Leucin	Leu
Lysin	Lys
Methionin	Met
Phenylalanin	Phe
Prolin	Pro
Serin	Ser
Threonin	Thr
Tryptophan	Try
Tyrosin	Tyr
Valin	Val

Die hervorgehobenen Aminosäuren sind essentiell. Genau, wie bei den essentiellen Fettsäuren sind wir auf die Aufnahme dieser Aminosäuren angewiesen. Unser Körper ist nicht in der Lage sie selber herzustellen.

Die genaue Struktur der Reste können Sie der Übersicht auf der nächsten Seite entnehmen. Aminosäuren mit aromatischem oder verzweigten aliphtischem Resten oder Resten, die besondere funktionelle Gruppen enthalten, sind zumeist essentiell.

3.3.2.1.1. proteinogene Aminosäuren

<u>Alanin</u> α -Aminopropionsäure, 2-Aminopropansäure Bau, Vorkommen: Q: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: **Arginin** Bau, Vorkommen: Q: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: **Asparagin** Bau, Vorkommen: Q: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: **Asparaginsäure** Bau, Vorkommen: Q: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: **Cystein** α -Aminothiopropionsäure, 2-Aminothiopropansäure Bau, Vorkommen: Q: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Glutamin Bau, Vorkommen: Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Baustein der Muskeln, sehr bedeutsam bei der Ernährung der Q: Nerven-Zellen; durch vermehrte Glutamin-Gabe oder -Anteile in der Nahrung soll Konzentrationsfähigkeit gesteigert werden können

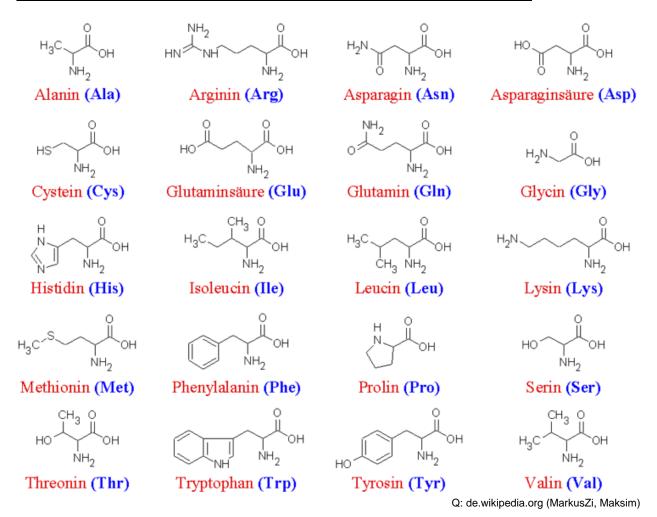
<u>Glutaminsäure</u>	
Bau, Vorkommen:	
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
Glycin	
α-Aminoessigsäure, 2-Aminoethansäure, Gykokoll Bau, Vorkommen:	
	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	
<u>Histidin</u>	
Bau, Vorkommen:	
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
<u>Isoleucin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	
<u>Leucin</u>	
Bau, Vorkommen:	
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
Lycin	
<u>Lysin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q.
<u>Methionin</u>	
Bau, Vorkommen:	
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:

<u>Phenylalanin</u>	
Bau, Vorkommen:	
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
<u>Prolin</u>	
Bau, Vorkommen:	0
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
<u>Serin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q.
<u>Threonin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q.
<u>Tryptophan</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	· ·
<u>Tyrosin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q.
<u>Valin</u>	
Bau, Vorkommen:	Q:
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q.

3.3.2.1.2. bedeutende nichtproteinogene Aminosäuren

Bau, Vorkommen:	0
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
Bau, Vorkommen:	_
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:
Bau, Vorkommen:	_
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:	Q:

3.3.2.1.2. Strukturformeln proteinogener 2-Aminosäuren (Übersicht)



Aufgaben:

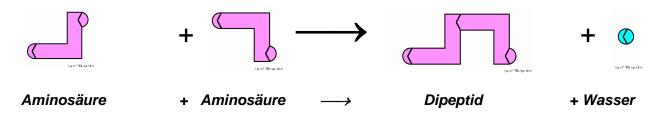
- 1. Zeichnen Sie sich die folgende 7abelle ab und ergänzen Sie die fehlenden Aminosäuren!
- 2. Füllen Sie die Tabelle (bis einschließlich Bemerkungen) mit Hilfe der Strukturformeln (aus der obigen Übersicht) aus!
- 3. Erschließen Sie sich die weiteren Spalten mit Hilfe Ihrer Kenntnisse aus den verschiedenen Naturwissenschaften!
- 4. Vergleichen Sie Ihre Einträge dann mit Fachbüchern und Lexika!

Aminosäure	3-Buchstaben-Code	Carboxyl-Gruppe(n)	Amino-Gruppe(n)	aliphatisch	aromatisch	sauer	basisch	Schwefel-haltig	weitere Elemente (außer C, H, O, N und S)	Bemerkungen	muss vom Mensch aufge- nommen werden	Vorkommen im Menschen	1-Buchstaben-Code	proteinogen	heterocyclisch	essentiell	kanonisch
Alanin																	
<u> </u>	! 										! [[
Valin																	

Wie Sie sicher schon geahnt haben, können Aminosäuren miteinander reagieren. Die saure Gruppe der einen reagiert dabei mit der basischen Gruppe der anderen Aminosäure.

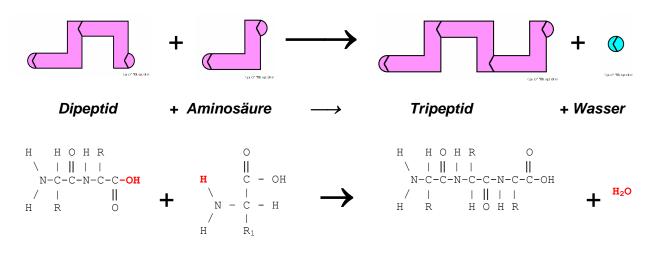
Da für die Reaktionen der Aminosäuren untereinander zuerst einmal die Reste keine Rolle spielen, lassen wir Sie weg. In den chemischen Gleichungen tauchen sie als frei durchnummerierte oder indexierte R auf. In den Schemata tauchen nur die bedeutsamen Molekülteile auf. Die Darstellung der Aminosäuren als Winkelstücke stimmt auch mit vielen Schulbüchern (Biologie des Menschen → Thema: Verdauung) überein.





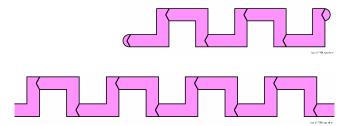
Schauen wir uns die reagierenden Molekülteile noch etwas genauer an:

Es entsteht ein Peptid und Wasser. Da das Peptid genau zwei Aminosäuren beinhaltet, wird es auch Dipeptid genannt. Peptide können an den Enden mit weiteren Aminosäuren reagieren.



So entstehen Tripeptide, Tetrapeptide, Pentapeptide usw. Etwas längere Peptide - mit bis zu 20 Aminosäure-Resten - heißen dann Oligopeptide

Noch längere Peptide werden als Polypeptide bezeichnet. Diese Polypeptide sind dann im Prinzip genau unsere Eiweiße.



Aminosäure	Mol. Masse [g/mol]
Alanin	
Arginin	
Asparagin	
Asparaginsäure	
Cystein	
Glutamin	
Glutaminsäure	
Glycin	
Histidin	
Isoleucin	
Leucin	
Lysin	
Methionin	
Phenylalanin	
Prolin	
Serin	
Threonin	
Tryptophan	
Tyrosin	
Valin	

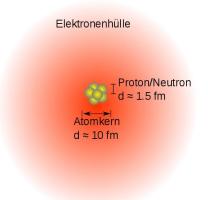
Eiweiß	Mol. Masse [g/mol]
Clupeïn	4.450
Edestin	310.000
Fibrinogen	400.000
β₁-Globulin	90.000
Hämoglobin	68.000
Insulin	5.700
Kreatin	68.000
Lactalalbumin	17.300
α_1 -Lipoproteïn	200.000
β₁-Lipoproteïn	1.300.000
Myoglobin	17.000
Myosin	3.900.000
Serumalbumin	69.000
Serumglobulin (γ-Globulin)	156.000
Thyreoglobulin	650.000
Trypsin	24.000
Urease	483.000

!!!zum Vergleich:

vergioion.					
Stoff	Mol. Masse [g/mol]				
Ammoniumsulfat	132				
Cohlendioxid	44				
Ethanol	46				
Glucose	180				
Harnstoff	60				

Stoff	Mol. Masse [g/mol]
Natriumchlorid (Kochsalz)	58
Phosphorsäure	98
Sauerstoff	32
Stearinsäure	284
Wasser	18

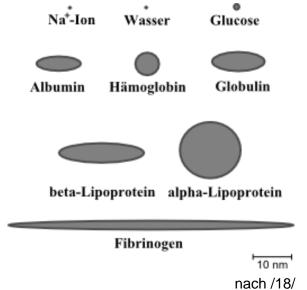
Die nebenstehende Abbildung vermittelt – wenigsten annäherungsweise – einen Eindruck von den Größenverhältnissen zwischen "normalen" anorganischen, sowie einfachen organischen Stoffen und den Proteinen. Wasser und Natriumlonen liegen mit ihrer Größe unter einem Nanometer (nm = 10^{-9} m = 10^{-6} mm = 10^{-3} µm).



Atom mit Atomhülle

 $d \approx 100 \text{ pm} = 1 \text{ Å}$

In älterer Literatur und vielen Fachbüchern wird auch die Einheit Å für ÅNGSTRÖM benutzt. Ein Å entspricht 0,1 nm.



Q: de.wikipedia.org (Cweiske)

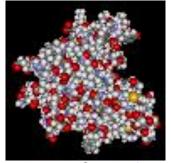
3.3.2.2. Systematik der Eiweiße (Bau-Typen)

3.3.2.2.1. Proteïne

Nach der äußeren Form der Eiweiße (Proteine) klassifiziert man zwischen **kugelförmige** (globuläre) und **faserförmige** (fibrilläre) **Proteïne**n.

Oft werden die **globuläre**n **Proteïne** noch in die Histone, Albumine und Globuline unterteilt. **Histone** binden sich als meist sehr basische Eiweiße besonders an Nucleinsäuren (salzartige Bindung). Sie sind z.B. am Bau des genetischen Materials beteiligt. Histone ermöglichen die starke Spiralisierung und Helikalisierung der DNS. Sie sind gewissermaßen das Verpackungsmaterial für die DNS.

Zu den **Albumine**n werden die wasserlöslichen Proteïne gezählt, die sich durch konzentrierte Ammoniumsulfat-Lösung ausfällen lassen. Die Lösung von Albuminen sind kolloidale – und meist neutrale – Lösungen. Das Eidotter und die Eiweiße aus der Molke sind Beispiele für Albumine. Bei den tierischen Eiweißen machen Albumine mit den Globulinen den Hauptanteil aus.



Q: <u>www.ud.com</u>

Albumine enthalten meist alle Aminosäuren. Einzig Glycin kommt in sehr geringen Anteilen vor. Schwefel-haltige Aminosäuren sind gehäuft vertreten.

Globuline sind primär nicht in Wasser löslich. Gibt man Neutralsalze (z.B. Natriumchlorid,) zur Mischung Globulin-Wasser dazu, dann lösen sich die Eiweiße zumeist in der (verdünnten) Neutralsalz-Lösung. Gluboline sind in den Zellen häufig an Biomembranen gebunden und erfüllen hier Enzym-Aufgaben. Ihre Wasser-Unlöslichkeit (unpolare Außenwirkungen) verhilft ihnen zu einer festen Einbindung in die Lipidschicht. Der Apoenzym-Teil (Eiweißteil eines Enzyms) ist im Allgemeinen ein Globulin.

Wie die Albumine gerinnen die Globuline schon ab 30 bis 70 °C. Diese bilden dann z.B. die Milchhaut oder den grauen Schaum beim Kochen von Muskelfleisch.

In "Lösungen" reagieren die Globuline vorrangig leicht sauer.

Wichtige Globuline sind die das Legumelin aus den Aleuronschichten der Leguminosen (Hülsenfrüchte). Auch die Gluteline und Gliadine – die als Kleber-Eiweiße eine große Bedeutung beim Backen haben – gehören zu den Globulinen.

Die <u>fibrillären</u>
Proteïne werden
nach Bau-Typen
unterteilt.





C pre-distribution appears as θ

Der **Kollagen-Typ** basiert auf dem Bauprinzip des Proteïns Kollagen. Bei diesem sind immer drei länglich gestreckte Bausteine (Monomere, Kollagen-Eiweiß) seilartig neben- und hintereinander angeordnet. Die Molekül-Helix ist etwas gestreckter als eine (normale) α -Helix und entsprechend linksgängig, die Helix aus den drei Einzelsträngen ist rechtsgewunden.

Kollagene kommen besonders im Stütz- und Bindegewebe vor. U.a. bestehen Sehnen und Bänder und Haut aus sehr viel Kollagen. Aber auch in Zähnen oder Knochen kommen sie als Bau-Bestandteile vor. Kollagen besteht vorrangig aus Prolin und Glycin und ein nachträglich modifiziertes Prolin − das Hydroxyprolin. (Sachlich gesehen, ist hier eine nicht protenogene Aminosäure in einem Eiweiß verbaut.) Da es dem Kollagen an essentiellen Aminosäuren mangelt, handelt es sich um ein ernährungspysiologisch minderwertigen Eiweiß (→ biologische Wertigkeit). In der nebenstehenden Abbildung sind die hintereinander aufgereihten Collagen-Moleküle einer Faser (Protofibrille) in jeweils einer Farbe gekennzeichnet. Mehrere Protofibrillen bilden dann eine Kollagen-Mikrofibrille (Kollagen-Faser).

Q: www.pdb.org

Kollagene wandeln sich im heißen Wasser – und noch besser unter Einfluß von Säuren – in Gelantine.

Elastine sind den Kollagenen recht ähnlich. Sie sind aber verzweigt und bilden eine netzartige Struktur. Auch die Monomere haben eine gewundene bzw. gebogene Form. Wegen dieser Bau-Eigenschaften sind Elastin-Fasern bzw. -Netze sehr flexibel und elastisch. Elastine quellen nicht in Wasser, Säuren oder Basen – sind schwerer von Enzymen angreifbar und wandeln sich nicht in Gelantine. Neben Kollagenen findet man Elastine in Sehnen, Bändern und Arterienwänden.

Keratine kennen wir in Form von Haaren, Horn und (Finger-)Nägeln. Auch Federn, Seide und die Hautschuppen von Kriechtieren sind Beispiele. Der aus dem Keratin abgeleitete Bau-Typ (Keratin-Typ) ist durch einen helikalen Bau charakterisiert. Im Keratin sind sieben Moleküle in einer Helix-Runde verbaut. Die Monomere selbst besitzen eine Faltblattstruktur (Sekundär-Struktur).

Keratine sind völlig unlöslich in Wasser, Säuren und Basen. Sie sind sehr stabil gegen einen enzymatischen Abbau. Die Stabilität ist durch eine sehr hohe Anzahl von Disulfid-Brücken zu erklären. (Krankhaft veranlagten Mädchen, die ihre eigenen langen Haare über längere Phasen essen, müssen oft operativ ganze Haarknäule aus dem Magen entfernt werden. Blinddarmentzündungen treten ebenfalls gehäuft auf.) Daneben existiert noch ein α -Keratin-Typ bei einigen Eiweißen aus Federn und Haaren. Hier liegen die Monomere in Helix-Form vor. Vertreter dieses Types sind Fibrin; Actin und Myosin aus den Muskelfasern, sowie die intercellulären Mikrofilamente (Zellskelett).

3.3.2.2.2. Proteïde

Abgeleitete Proteine mit weiteren (nichtproteinogen) Bausteinen werden den Proteïden zugeordnet. In vielen Enzymen sind dies prosthetische Gruppen oder Co-Enzyme. Die Nichtproteinanteile werden zur Klassifizierung genutzt, da sie die Funktionen der Protein-Abkömmlinge (Derivate) bestimmen.

Bei den **Phosphoproteïde**n sind Phosphorsäure-Reste an Hydroxyl-Gruppen des Serins oder des Threonins verestert. Ein Beispiel ist das Caseïn (Milch-Eiweiß), das als Calciumsalz in der Milch verliegt. Caseine umhüllen die Fett-Tröpfchen in der Milch. Sie bilden gewissermaßen eine Schutzhülle, die normalerweise ein Zusammenfließen der Fett-Tröpfchen verhindert und die Emulsion (Milch) stabilisiert. Ovovitellin ist das wichtigste Phosphoproteïd aus dem Eidotter. In der Photosynthese oder der Zellatmung, aber auch als Farbstoffe spielen die **Chromoproteïde** eine große Rolle in der belebten Welt. Hier kann man sich die Cytochrome oder die Redoxsysteme der Atmungskette (Zellhämine, Atmungsfermente) als Beispiele merken.

Nucleoproteïde wirken beim Bau und den Funktionen der Zellkerne und deren Plasma (Kernplasma) sehr entscheidend mit. Sie stellen den Hauptanteil (-wenn man das Wasser vernachlässigt-) im Protoplasma der Zellen. Ribosomen und auch Viren enthalten ebenfalls sehr viele Nucleproteïde. Basische Nucleoproteïde binden z.B. die verschiedenen Nucleïnsäuren. Sehr häufig sind Histone als Eiweiß-Anteil mit sehr vielen Nucleotiden assoziiert. Die DNS (DNA), RNS (RNA) sind bekannte Vertreter von Polynucletiden – also Strukturen mit 10.000 oder mehr Nucleotiden.

Glycoproteïde wiederum sind an der Immunabwehr und diversen Rezeptorfunktionen beteiligt. Sie kommen z.B. sehr häufig an der Außenseite der Zellmembranen (Glycokalyx) vor. Andere Glycoproteïde bilden den Glaskörper des Auges oder kommen in Schleimen vor (Schleimstoffe). Auch im Knorpel oder im Eiklar sind verschiedene Glycoproteïde anzutreffen.

Lipoproteïde bestehen aus einem Protein-Teil und einem Lipid oder dem Cholesterol (Cholesterin).

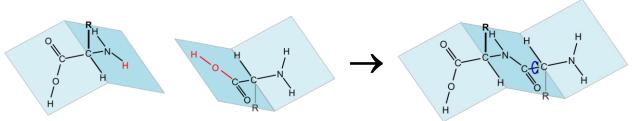
Eine weitere Klasse sind die Metallproteïde. Sie enthalten Metall-Ionen oder –Atome in Komplex-artigen Strukturen. Die Metall-Bestandteile sind oft im aktiven Zentrum angeordnet und dort sehr entscheidend an der Funktion des Proteïds beteiligt.

<u>Aufgaben:</u>

- 1. Erstellen Sie ein Klassifikationsschema der Proteïne und Proteïde! Finden Sie auch einen geeigneten Oberbegriff! An den Verzweigungen kennzeichnen Sie mit Bleistift die jeweiligen Unterscheidungskriterien!
- 2. Finden Sie mit Hilfe des Internets (z.B. WikiPedia) neue Beispiele für die einzelnen Stoffklassen!

3.3.2.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen)

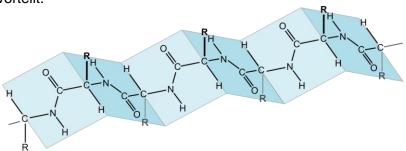
Ein Polypeptid – also die reine Aminosäurekette (Aminosäure-Sequenz) – bezeichnet man auch als **Primär-Struktur** eines Eiweißes (Ordnungstufe 1). Unter Berücksichtigung der Tetraeder-Strukturen und der Anziehungs- und Abstoßungskräfte kann man die die Bildung eines Dipeptids so darstellen (ohne das Nebenprodukt Wasser):



Die obige Struktur entsteht vor allem dann, wenn sich die beiden Reste in irgendeiner Form eher abstoßen oder nicht komplementär sind.

Im Prinzip kann im Rückgrat der Peptidstruktur (hellblaue Fläche) nur die Bindungen zu den α -ständigen C-Atomen noch frei gedreht werden. Die Peptid-Bindung selbst ist in der trans-Stellung sterisch / energetisch bevorteilt.

Setzt sich die nicht komplemetäre Verteilung der Reste-Eigenschaften über die nächsten Peptid-Stufen fort, dann entsteht eine durchgehende Zick-Zack-Struktur. Diese wird Faltblatt-Struktur genannt.



Die Aminosäure-Reste einer Faltblatt-Struktur haben also oberhalb und unterhalb des Rückgrat's jeweils nicht vereinbare Eigenschaften (immer abwechselnd in der Kette).

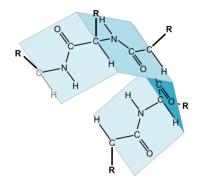
Sind dagegen die Eigenschaften der Reste eher komplementär, dann entsteht eher eine schraubenähnliche Struktur – die sogenannte Helix. Je Umgang sind 3,4 Aminosäuren verbaut. Die Helix wird durch Wasserstoff-Brückenbindungen zwischen den einzelnen Schraubengängen stabilisiert.

Helix und Faltblatt-Struktur machen die **Sekundär-Struktur** eines Proteins aus. Die Sekundär-Struktur (2. Ordnungsstufe) wird durch die Eigenschaften der Reste und durch Wasserstoff-Brückenbindungen stabilisiert.

Besonders deutlich wird dies bei der parallelen Aneinanderlagerung von zwei Faltblatt-Strukturen (praktisch schon nächste Ordnungstufe).

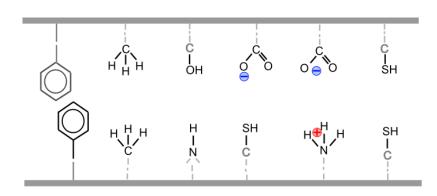
Nun liegen sich Peptid-Bindungen und verschiedene andere Reste so gegenüber (β-Mäander), dass sehr viele stabilisierende Brücken aufgebaut werden können.

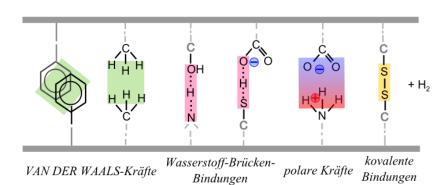
Die Wasserstoff-Brücken sind in der nachfolgenden Abbildung rötlich gekennzeichnet.



In der Tertiär-Struktur (Konformation, Ordnungsstufe Nr. 3) betrachtet man dann noch die innermolekularen Verbindungen und Reaktionen der verschiedenen Aminosäure-Reste. Unpolare Reste bauen über VAN DER WAALS-Kräfte (Adhäsions-Kräfte) recht lockere Brücken auf. Zwischen Gruppen mit Partial-Ladungen und ange-Wasserstoff bundenem können sich Wasserstoffbrücken-Bindungen ausbil-

Saure Aminosäuren reagieren mit basischen unter Ausbildung von Ionenbeziehungen (Salze). Sehr stabile Brücken bilden schwefelhaltige Aminosäuren-Paare. Die Disulfid-Bindungen sind sehr fest.





Immer werden also gewissermaßen Brücken zwischen den Seitenketten (Rückgrat der Polypeptidkette) ausgebildet. Diese verfestigen und stabilisieren die Raum-Strukturen.

Wie wir schon gesehen haben ordnen sich manchmal Faltblatt-Strukturen parallel zueinander. Man nennt dies auch Supersekundär-Strukturen. Solche Supersekundär-Strukturen treten auch bei Helices auf. Mehrere Helices winden sich dann umeinander. Auch Kombinationen aus Helix und Faltblatt sind bekannt geworden.

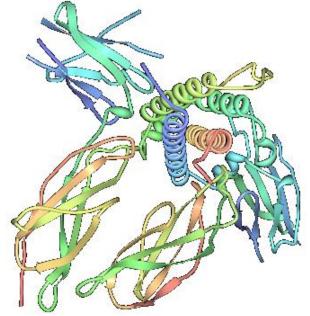
Zur übersichtlicheren Darstellung benutzt man häufig die Bänder-Modelle (Band-Modelle). Dabei stellt man sich das Rückrat (Peptid-Bindungs-Kette) als ein Band vor. Auf das Einzeichnen der Reste wird verzichtet. Ev. werden stabile chemische Brücken mit dargestellt.

Für faserförmige Eiweiße wird keine Tertiär-Struktur betrachtet, da hier auch im Allgemeinen keine molekülinternen Verknüpfungen vorliegen.

Bei globulären Eiweißen stellen die Tertiär-Strukturen die Bauelemente für das fertige Eiweiß dar.

Letztendlich lagern sich meist mehrere Tertiär-Strukturen zur endgültigen **Quartär-Struktur** zusammen (4. Ordnungsstufe). Sie stellt das funktionsfähige Eiweiß (Super-Protein) dar.

Für das Protein Hämoglobin – den menschlichen, roten Blutfarbstoff – sind die Strukturen sehr gut aufgeklärt:



menschliches Wachstumshormon G Q: www.rcsb.org

Das funktionsfähige Hämoglobin (Quartär-Struktur) besteht aus 4 Untereinheiten (Tertiär-Struktur).

In der nebenstehenden Abbildung sind die einzelnen Bausteine mit verschiedenen Farben gekennzeichnet. Jede Tertiär-Struktur besitzt mehr oder weniger zentral die sogenannte Häm-Scheibe (in der Abb. als atomare Strukturen eingezeichnet).

Diese ist für den Sauerstoff-Transport zuständig. Das zentrale Eisen(II)-Ion ist orange eingefärbt. An ihm lagert sich der Sauerstoff an (s.a. untere Abb.).

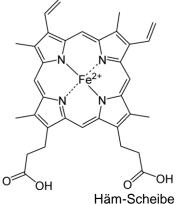
Q: www.rcsb.org

Die Häm-Scheibe selbst ist ein Nicht-Protein-Bestandteil (prosthetische Gruppe).

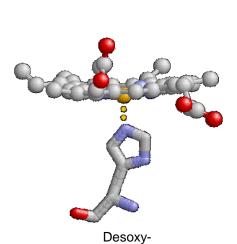


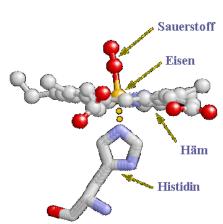
Zusatzinformation:

Das Eisen-Ion kann durch Cohlenmonoxid dauerhaft blockiert werden (feste Bindung, 26.000x stärker als O_2 , im Prinzip irreversibel). Dann ist keine Sauerstoff-Transport mehr möglich. Die Affinität des Eisen-Ions ist zu Cohlenmonoxid 325x größer, als zu Sauerstoff.



(Porphorin-Ring mit Eisen-Ion)
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)





Oxy-Form

Q: www.rcsb.org (geänd. drews)

3.3.2.4. Die Vielfalt der Eiweiße

Wie wir schon bei den Kohlenhydraten und Fetten gesehen haben spielt die Anordnung der einzelnen Bausteine (Einfachzucker bzw. Fettsäuren) eine entscheidende Rolle für die späteren Merkmale eines Stoffes.

Bei den Eiweißen ist die Variationsfähigkeit auf die Spitze getrieben. Betrachten wir als ein vereinfachtes Modell nur 3 der insgesamt 20 Aminosäuren. Wir bezeichnen sie mit A, B und C. Das entstehende Eiweiß soll nur aus einer viergliedrigen Kette bestehen. In der Natur sind Ketten mit bis zu einigen tausend Aminosäuren bekannt.

Wieviele Viererkombinationen (Tetrapeptide) lassen sich nun erzeugen?

Durch Probieren erhalten wir exakt 81 Möglichkeiten:

AAAA	AAAB	AAAC	AABA	AABB	AABC	AACA	AACB	AACC
ABAA	ABAB	ABAC	ABBA	ABBB	ABBC	ABCA	ABCB	ABCC
ACAA	ACAB	ACAC	ACBA	ACBB	ACBC	ACCA	ACCB	ACCC
BAAA	BAAB	BAAC	BABA	BABB	BABC	BACA	BACB	BACC
BBAA	BBAB	BBAC	BBBA	BBBB	BBBC	BBCA	BBCB	ввсс
BCAA	BCAB	BCAC	ВСВА	всвв	всвс	BCCA	ВССВ	BCCC
CAAA	CAAB	CAAC	CABA	CABB	CABC	CACA	CACB	CACC
CBAA	CBAB	CBAC	СВВА	CBBB	CBBC	CBCA	CBCB	CBCC
CCAA	CCAB	CCAC	CCBA	CCBB	CCBC	CCCA	CCCB	CCCC

Mathematisch berechnet sich die Anzahl der Möglichkeiten durch:

$$3 * 3 * 3 * 3 = 3^4 = 81$$
 Anzahl_der_Aminosäuren^{Kettenlänge} = Anzahl_Eiweiße

Für eine relativ kurze Kette mit nur 100 Aminosäuren beträgt die Zahl der möglichen Eiweiße schon:

$$20^{100} \approx 10^{130}$$

Die Zahl ist so groß, das die Teilchen unseres bekannten Universums nicht ausreichen, um alle Kombinationen auch nur einmal nachzubauen. Daneben existieren aber auch noch mögliche Ketten mit 99, 98, 97, ... und auch mit 101, 102, 103, ... Gliedern.

Exakterweise muß man sogar noch einschränken, dass dies nur die Zahl möglicher Polypeptide ist. Die Peptide ordnen sich intern auch noch zu unterschiedlichen Knäulen (Tertärstrukturen). Somit steigt die entgültige Zahl noch weiter.

Natürlich werden in der Natur nur "einige wenige" Millionen Kombinationen wirklich genutzt. Die meisten der – theoretisch möglichen – Peptide können entweder gar nicht weiter verbaut oder sie sind biochemisch nicht aktiv.

Jeder Mensch enthält tausende verschiedener Eiweiße. Diese sind zu rund 94% so ähnlich, wie die vom Haus-Schwein.

Jedes Eiweiß besitzt meist wenige – aber sehr spezielle – Funktionen / Aufgaben in unseren Zellen bzw. im Körper. Viele Eiweiße – vorrangig die globulären – sind Funktionseiweiße. Sie arbeiten als Enzyme (Biokatalysatoren) im Stoffwechsel (s.a.: 3.5. Vitamine; 4. Stoffwechsel).

Die Anordnung der Aminosäuren ist übrigens in der Erbsubstanz (RNS / DNS) gespeichert. (s.a.: Biosynthese der Eiweiße)

3.3.3. Eigenschaften der Eiweiße und ihrer Bauelemente

3.3.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften der Aminosäuren, Peptide und Eiweiße

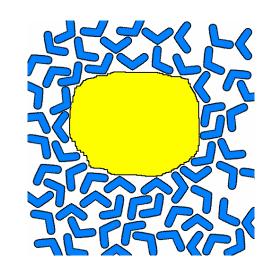
Für die unendliche Zahl von Eiweißen gemeinsame Eigenschaften anzugeben scheint irrwitzig. Tatsächlich gibt es aber doch einige recht ähnliche Eigenschaften.

Aminosäuren sind genau wie viele Kohlenhydrate optisch aktive Verbindungen. Nur hat sich die Natur hier für die L-Aminosäuren als Bauteile für alle Eiweiße "entschieden".

3.3.3.1.1. Verhalten in wässrigen Lösungen

Faserförmige Eiweiße sind meist nicht wasserlöslich. Auch die großen kugelförmigen Eiweiße können nicht mehr vom Wasser gelöst werden. Sie schwimmen mit den Wasserteilchen mit, weil sie eine fast gleich große Dichte besitzen. Die Wasserteilchen umgeben das Eiweiß-Molekül mit einer Wasserhülle (Hydrathülle). Das Eiweißmolekül wird von den Wasserteilchen wie in einem Netz gefangen gehalten. Dies nennt man eine kolloidale Lösung.

Viele Proteine quellen in Wasser auf. In die meist faserförmigen Strukturen können z.T. sehr große mengen an Wasser eingelagert werden. Oft werden sogar feste Gele gebildet.



Beim Aufquellen werden die Wasser-Moleküle im Wesentlichen im Inneren der Eiweiß-Moleküle (Quatär-Struktur) eingelagert.

Andere – überlicherweise gute – Lösungsmittel für Eiweiße sind Ameisensäure und Glycerol (Propantriol, Glycerin). Unpolare Lösungsmittel (Benzin, Tetra, ...) können nur in den wenigsten Fällen eingesetzt werden.

Kommen wir aber erst noch einmal auf die Bausteine der Proteine zurück – die Aminosäuren. Sie zeigen im Wasser ein sehr seltsam anmutendes Verhalten. Bei genauerer Betrachtung sind die Verhaltensweisen aber sehr gut mit dem Bau zu erklären.

Beim Lösen in Wasser dissozieren die Aminosäuren mehrfach. Die Carboxyl-Gruppe gibt ein Proton (H+) ab und die Amino-Gruppe kann ein Proton aufnehmen.

Da die gebildeten Hydronium- (H₃O⁺) und Hydroxid-Ionen (OH⁻) zu 2x Wasser weiterreagieren und wir genau 2x Wasser eingesetzt haben, wird das Wasser oft einfach weggelassen. In den Gleichungen entsteht dann aber auch schnell der Eindruck, das Proton wandere immer innerhalb des Moleküls. Praktisch sind es aber unabhängig voneinander ablaufende Vorgänge. Trotzdem kann natürlich das Proton von der Carboxyl-Gruppe über die umgebenden Wasser-Moleküle direkt zur Amino-Gruppe weitergereicht werden.

In Lösung liegt die Aminosäure als Zwitter-Ion (inneres Salz) vor – innerhalb eines Moleküls gibt es sowohl positive (Kation) als auch negative Ladungen (Anion).

Bei Zugabe von Säuren verhalten sich Aminosäuren wie Basen:

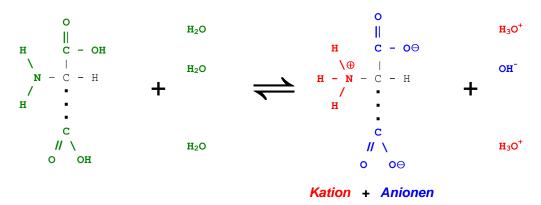
(Wir verwenden hier die Begriffe Säure und Base im Sinne von BRØNSTEDT (und / oder LOWRY). Säure sind danach Stoffe, die Protonen abgeben. Basen sind Stoffe, die Protonen aufnehmen.)

Gibt man dagegen eine Base zur Aminosäure, dann verhält sie sich wie eine Säure:

Aminosäuren können sich also wie Säuren und Basen verhalten. Solche Stoffe nennt man **Ampholyte**. Ihr Verhalten hängt vom Reaktionspartner ab.

In einer Lösung treten alle Formen der Aminosäure (nicht-ionisierte (neutrale) Form, Kation, Anion, Zwitter-Ion) in Gleichgewichten auf.

Sind weitere funktionelle Gruppen im Molekül enthalten, dann können diese ebenfalls mit Wasser reagieren. Im Ergebnis der Dissoziationen verändert sich der pH-Wert der Lösung.



Da sich die Hydronium- und Hydroxid-Ionen nach Möglichkeit wieder vereinen, bleibt in der obigen Gleichung ein Hydronium-Ion über. Die Lösung ist also sauer, was wir wohl auch beim Einsatz einer Aminosäure mit zusätzlicher Carboxyl-Gruppe (Säure-Gruppe) erwartet haben. Für basische Aminosäuren funktioniert es entsprechend. Die Lösung besitzt dan einen pH-Wert

Durch äußere Veränderung des pH-Wertes kann man die Ionen-Bildung am Aminosäure-Molekül beeinflussen. Der pH-Wert, an dem die Konzentration des Zwitter-Ions am größten ist (- also gleich viele Kationen, wie Anionen in Lösung sind -), wird **isoelektrischer Punkt** (IEP) genannt. Dieser ist für jede Aminosäure charakteristisch. Am isoelektrischen Punkt bewegen sich die gelösten Teilchen nicht mehr in in einem elektrischen Feld – sie richten sich nur noch aus. Die Anziehungskräfte zu den Polen sind gleich groß.

Aminosäure	isoelektr. Pkt. [pH]	M [g/mol]
Alanin	6,0	
Arginin	10,9	
Asparagin		
Asparaginsäure	2,8	
Cystein	5,0	
Glutamin		
Glutaminsäure		
Glycin		
Histidin	7,6	
Isoleucin		

größer 7.

Aminosäure	isoelektr. Pkt. [pH]	M [g/mol]
Leucin	6,0	
Lysin	9,8	146,2
Methionin	5,7	
Phenylalanin		
Prolin	6,3	
Serin		
Threonin	5,6	
Tryptophan		
Tyrosin		
Valin	6,0	

Um zu zeigen, wieso der isoelektrische Punkt z.B. einer sauren Aminosäure im sauren pH-Bereich liegt, schauen wir die obige Gleichung in vereinfachter (zusammengefasster) Form an.

Damit wir die Bedingung für den isoelektrischen Punkt erfüllen – also, dass der Stoff als Zwitter-lon vorliegt – müssen wir das chemische Gleichgewicht so beeinflussen, dass die zusätzliche Carboxyl-Gruppe nicht dissoziert. Laut Gleichung wäre dies durch Förderung der Rück-Reaktion machbar. Mit der Zugabe von Hydronium-lonen wird die Dissoziation der zusätzlichen Carboxyl-Gruppe verhindert. Die andere (obere) Carboxyl- und die Amino-Gruppe dissozieren unabhängig, wie oben beschrieben.

Da praktisch kein Unterschied zwischen der oberen und unteren Carboxyl-Gruppe besteht, wird natürlich auch diese in ihrer Dissoziation beeinflusst. Im isoelektrischen Punkt werden sowohl die obere als auch die untere Carboxyl-Gruppe jeweils teilweise dissoziert sein. In welchem Verhältnis zueinander, hängt auch von anderen Molekül-Eigenschaften ab. Insgesamt wird (theoretisch) aber eine dissoziert sein und die andere nicht.

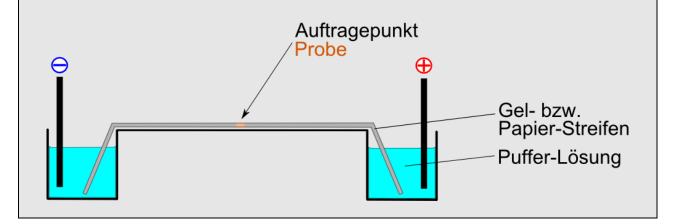
Die Löslichkeit der Aminosäuren ist an ihrem isoelektrischen Punkt immer am geringsten. Somit kann man diese Eigenschaft zum Ausfällen aus einer Lösung benutzen. Desweiteren kann man den isoelektrischen Punkt zu Analytik von Aminosäuren benutzen. Dabei nutzt man aus, dass Aminosäuren in einem elektrischen Feld unterschiedlich schnell wandern. Als weitere Eigenschaft bestimmt auch die molekulare Größe die Wanderungsgeschwindigkeit. Das analytische Verfahren heißt Elektrophorese.

Exkurs: Elektrophorese

Zwischen zwei Puffer-Lösungen ist eine nichtleitende Brücke aufgestellt. Über dieser liegt ein mit Puffer-Lösung getränkter Papier- oder Gel-Streifen. Die Puffer-Lösung dient als Elektrolyt zum Schließen des elektrischen Kreises. Zur Untersuchung wird die Probe und verschiedene bekannte Vergleichslösungen nebeneinander auf der Startlinie aufgetragen.

Nachdem das elektrische Feld angelegt ist wandern die verschiedenen Stoffe unterschiedlich schnell zum elektrisch anziehenden Pol. Nach einer bestimmten Zeit stopt man den Vorgang und fixiert den Streifen (z.B. durch Trocknen). Bei unsichtbaren (nicht gefärbten) Stoffen wird mittels Nachweis-Färbung oder z.B. auch durch UV-Licht eine optische Identifizierung durchgeführt. Als direkter Vergleich dienen die Vergleichslösungen.

Die Wanderungsgeschwindigkeiten lassen sich bei definierten Papier- oder Gel-Sorten tabellarisch als relativer Wert erfassen und ebenfalls zur Identifizierung verwenden.



Aufgaben:

- 1. Ordnen Sie die Aminosäuren in eine pH-Skala entsprechend ihrem isoelektrischen Punkt ein!
- 2. Zeigen Sie anhand von chemischen Gleichungen, wie beim Lösen einer "basischen" Aminosäure (z.B. Lysin) eine basische Lösung entsteht!
- 3. Basischen Aminosäure lösen sich meist als basische Lösung, aber auch der Punkt des schlechtesten Lösens (isoelektrischer Punkt) liegt meist im basischen? Erklären Sie dieses Phänomen!

Auch Eiweiße haben einen isoelektrischen Punkt. Prinzipiell gelten die oben gemachten Aussagen zu den Aminosäuren auch für die Eiweiße.

Eiweiß	isoelektr. Pkt. [pH]
a-Caseïn (Rind)	4,0
Hühner-Ei-Albumin	4,9
Gersten-Albumin	5,8
Weizen-Gliadin	6,5

Eiweiß	isoelektr. Pkt. [pH]
Globin (Mensch)	7,5

Am isoelektrischen Punkt eines Proteins ist dessen Löslichkeit am geringsten. Genau so verhält es sich mit der Viskosität der Lösung.

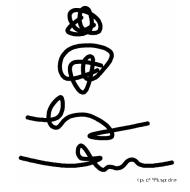
3.3.3.1.2. Denaturierung der Eiweiße

Bei höheren Temperaturen, Strahlung und hohen Druck entknäulen oder verknäulen die Eiweiße immer stärker. Dadurch verlieren die Eiweiße ihre Eigenschaften - sie können ihre natürlichen Aufgaben nicht mehr erfüllen.

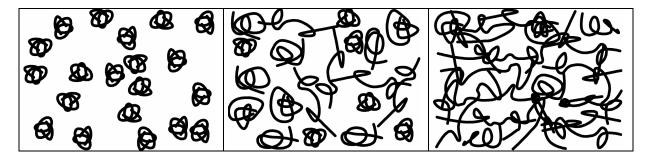
Man spricht deshalb auch von Denaturierung oder Gerinnung. Auch durch Ultraschall, saure, basische oder salzige Lösungen können Eiweiße denaturieren.

Was passiert genau, wenn Eiweiße denaturierenden Einflüssen, wie Hitze, Strahlung, Druck oder bestimmten chemischen Stoffen ausgesetzt werden?

Durch Energiezufuhr (Wärme, Strahlung, Druck, ...) kommen die Peptidketten immer stärker in Bewegung. Zuerst brechen die schwachen Wasserstoffbrückenbindungen, die dem Eiweiß die Struktur erhalten haben. Bei weiterer Energiezufuhr lösen sich dann auch die festeren Kontaktstellen und die Eiweiß-Struktur geht verloren.



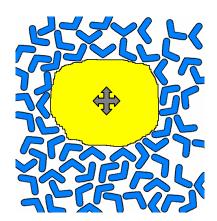
Die Peptidketten liegen letztendlich in lang gestreckter Form in der Lösung (Zellsaft, Kochwasser, ...) vor. Die Peptidketten verwirren sich mit anderen. Andere Peptidketten brechen.



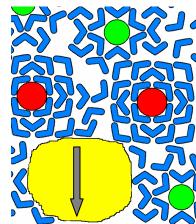
Die zugeführte Energie macht nun auch das Knüpfen neuer chemischer Bindungen möglich. Fremde Peptidketten verbinden sich an irgendwelchen zufälligen Stellen. Die neuen Kontaktstellen sind z.T. chemisch sehr fest. Das Geflecht aus verwirrten Peptidketten wird durch diese Kontaktstellen verfestigt. Als Ergebnis erhält man geronnenes (od. auch gestocktes) Eiweiß in fester Form.

Etwas anders verläuft die Denaturierung durch chemische Substanzen. Durch die Vielzahl der chemischen Substanzen sind verschiedene Mechanismen der Denaturierung möglich. In einfa-

chen Fällen verlieren die schwimmenden Eiweiß-Moleküle einfach ihre Schwimmfähigkeit. Normalerweise sind die Eiweiß-Moleküle von einer Hydrathülle umgeben. Diese wird von den elektrischen Ladungen der Eiweiß-Moleküle gehalten.



Im umgebenen Wasser wird diese Hydrathülle wie in einem riesigen Netzwerk festgehalten. Die Eiweiße scheinen aufgelöst, was wegen der Größe aber gar geht. nicht Vielmehr schwimmen die Moleküle im Wasser. Diese kolloidale Lösung wird durch bestimmte Zusätze - z.B. Säuren, bestimmte Basen. Harnstoff - zerstört.



Den Eiweiß-Molekülen werden durch die Zusätze die Wasser-Moleküle der Hydrathülle entrissen (Aussalz-Effekt). Die Eiweiße verlieren ihre Schwimmfähigkeit und fallen als Niederschlag auf dem Boden aus. Andere Eiweiße schwimmen abhängig von ihrer Dichte auf der Oberfläche. Geringe Konzentrationen von Salzen (0,5 – 1 M) befördern im Allgemeinen die Löslichkeit der Proteine (Einsalz-Effekt). Dies liegt zum einen an den noch relativ kleinen Cluster (Ionen mit Hydrat-Hüllen), wie auch an der etwas vergrößerten Dichte der Lösung. Weiterhin spielt die Auflösung bzw. Kompensation der elektrostatischen Anziehungs-Kräfte zwischen den Protein-Molekülen (Auflösung der kristallartigen Strukturen) eine Rolle.

Eine Denaturierung durch Neutralsalze oder polaren organischen Lösungsmitteln, wie Trichloressigsäure und Sulfosalicylsäure, führen zu einem reversiblen (umkehrbaren) Effekt. Erst bei höheren Konzentrationen oder aktiveren / aggressiveren Stoffen erfolgt die Denaturierung irreversibel (unumkehrbar).

Die Schwefelbrücken (Tertiärstruktur) zwischen den verschiedenen Abschnitten der Polypeptide werden schon bei Temperaturen ab 74 °C zerstört. Dabei bildet sich Schwefelwasserstoff – ein stark riechendes Gas (Verwesungsgeruch).

Viele Chemikalien zerstören zudem die inneren Bindungen zwischen den Peptidketten (Sekundär- und Tertiär-Struktur). Der normale Zusammenhalt ist nicht mehr gewährleistet und die Funktionsfähigkeit ist reduziert oder verschwindet ganz.

Schwermetalle – wie Cadmium, Blei, Quecksilber – aber auch andere Metalle () bewirken die irreversible Denaturierung. Besonders die Ionen aus den verschiedenen Salzen lagern sich in den aktiven Zentren der Enzyme an oder verdrängen die normalen Metall-Ionen dort. In der Konsequenz können die Enzyme ihre "normale" Tätigkeit nicht mehr ausführen. Die Enzyme sind in der veränderten Form nicht mehr nutzbar (aktiv) – mit anderen Worten, sie sind denaturiert.

für die Schlagfähigkeit von Eiklar sind Albumine (rel. kleine, wasserlösliche Proteine) verantwortlich

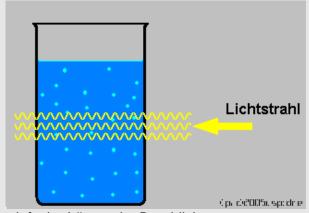
Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt

Ein **Kolloid** ist eine extrem feine Verteilung eines Stoffes (Dispers) in einem anderen (Dispersionmittel). Es handelt sich um keine Lösung – sondern um eine Mischung. Die dispergierten Teilchen sind sehr klein. Typische Größen liegen zwischen 10 und 100 nm (1 nm = 10^{-9} m; frühere Angabe: 100 – 1000 Å (ÅNGSTRÖM)). Kolloide sind für feste, flüssige und gasförmige Dispersionsmittel bekannt. Die dispergierten Stoffe können ebenfalls in den drei Aggregatzuständen vorliegen.

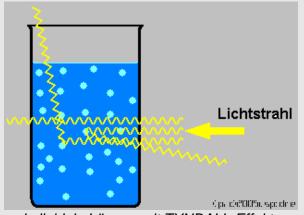
		Dispersionsmittel						
Dispers	fest		flüssig		gasförmig			
fest	festes			` ,		z.B.:	Rauch od. festes A	e-
	schwarzer Diamant		Gold-Wasser		rosol			
flüssig	feste	Emulsion	z.B.:	Emulsion z.	B.: Mi	lch	flüssiges Aerosol z.E	3.:
	Butter						Nebel	
gasförmig	fester	Schaum z.E	3.:	gasförmige	r Scha	ıum	Gasgemisch z.B.: Luf	t

Einfache ("normale") Lösungen enthalten Teilchen, deren Größe – auch mit Hydrathülle – relativ gering (0,3 – 1 nm) ist. Das Licht (Die Lichtwellen (Wellenlänge zwischen 390 und 770 nm)) werden von so kleinen Teilchen nur unwesentlich beeinflusst. Ein Lichtstrahl kann eine einfache Lösung fast ungehindert durchdringen.

Anders bei den größeren Teilchen in **kolloidale**n **Lösung**en (Scheinlösungen). Hier ist die Beeinflussung so stark, dass Lichtwellen gebrochen und reflektiert werden. Für den Beobachter sieht es dann so aus, als wenn die Teilchen leuchten würden. Man kann quasi die Teilchen erkennen.



einfache Lösung im Durchlicht



kolloidale Lösung mit TYNDALL-Effekt

Der Effekt wurde von J. TYNDALL entdeckt und erklärt. Er ist z.B: auch bei Nebel im Wald sehr gut zu beobachten. Die Wassertröpfchen reflektieren – die durch die Baumkronen dringenden – Lichtstrahlen. Aber auch wenn durch ein Fenster Lichtstrahlen ins Zimmer fallen, kann man schwebende Staubteilchen "sehen".

Eine echte und eine kolloidale Lösung unterscheiden sich auch aus energetischer Sicht. Beim Zerfallen eines sich lösenden Stoffes und beim Bilden der Hydrat-Hüllen wird Energie umgesetzt (Lösungswärme (kann endotherm od. exotherm ausfallen)). Das Mischen der Stoffe zu einem Kolloid ist nur von sehr geringen oder keinen energetischen Umwandlungen begleitet.

Typische Beispiele für kolloidale Systeme sind Emulsionen (flüssig-flüssig), Suspensionen (flüssig-fest) und Aerosole (gasförmig-flüssig).

Im griechischen Restaurant gibt's zum Abschluss oft noch einen Ouzo. Auch hier lässt sich der TYNDALL-Effekt sehr schön beobachten. Schon bei normalem Licht treten optische Reflexe auf, die von scheinbar im Ouzo schwimmenden "Kristallen" stammen. Nun sind aber im Ouzo gar keine großen Teilchen oder kristalline Stoffe enthalten. Wie kommt es aber zu diesem Effekt? Ouzo enthält – wie andere anishaltige Branntweine (z.B. Absinth, Sambuca und Raki) – ätherische Öle. Bei Verdünnung mit Wasser und noch besser bei starker Kühlung bilden sich schlagartig Öl-Tröpfchen (Öl-in-Wasser-Emulsion). Bei tiefen Temperaturen und bei Zugabe von Wasser sinkt das Lösungsvermögen für die ätherischen Öle. Nur bei ausreichendem Alkoholgehalt sind die Öle löslich. Diesen Effekt nennt man Louche-Effekt (frz. louche: undurchsichtig, verdächtig, anrüchig). Die Tröpfchen sind so groß, dass sie Licht-Strahlen sichtbar reflektieren (TYNDALL-Effekt).

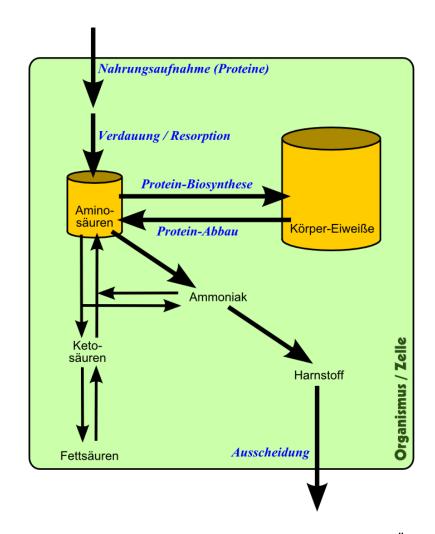
<u>Aufgaben:</u>

- 1. Prüfen Sie eine Kochsalz-, Cupfersulfat-, Zucker- und eine Eiweiß-Lösung, sowie eine frische Emulsion (3 5 Tropfen Öl auf 5 ml Wasser) auf den TYNDALL-Effekt! Als Lichtquelle kann ein scharfer (gebündelter) Lichtstrahl oder ein Laser-Pointer (möglichst weißes Licht) verwendet werden.
- 2. Kühlen Sie einen Uozo (od.ä.) sehr stark! Prüfen Sie, ob der Louche-Effekt auftritt! Weisen Sie mit Hilfe eines Laser-Pointers oder eines anderen Lichtstrahls den TNNDALL-Effekt nach!
- 3. Versuchen Sie den Louche-Effekt durch Verdünnung eines Uozo zu erzielen! Prüfen Sie ebenfalls auf den TMDALL-Effekt!

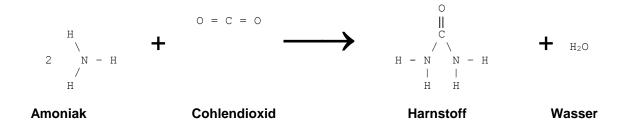
3.3.3.2. Biologische Eigenschaftung der Eiweiße und ihre Bedeutung

Eiweiße aus unserer Nahrung werden bei der Verdauung in ihre Bauteile - die Aminosäuren zerlegt. Nur diese können vom Darm aufgenommen werden. Außerdem können die Zellen Aminosäure-Ketten die anderer Lebewesen nicht zur Herstellung der individuellen Eiweiße nutzen. Die freigesetzten Aminosäuren werden in den Zellen zu neuen Eiweißen kombiniert (Biosynthese der Eiweiße).

Viele Aminosäuren können im Körper selbst hergestellt oder ineinander umgewandelt werden. Andere müssen mit der Nahrung aufgenommen werden, weil für sie keine Produktionsmöglichkeiten bestehen. Diese essentiellen Aminosäuren sind weiter vorn schon aufgezählt worden.



Der Abbau der Eiweiße über die Aminosäuren erzeugt am Ende sehr giftiges Ammoniak. Über die Reaktion mit dem Abfallprodukt Cohlendioxid aus der Zellatmung wird relativ ungiftiger Harnstoff gebildet.



Dieser wird dann vorrangig mit dem Urin ausgeschieden.

Für jede einzelne Aminosäure haben wir einen unterschiedlichen – ganz speziellen – Bedarf. Angegeben wird dieser allgemein immer bezogen auf das Kilogramm Körpermasse.

Am Günstigsten wäre natürlich eine exakt gleiche Verteilung der Aminosäuren in der Nahrung, wie ein Bedarf in unserem Körper vorliegt.

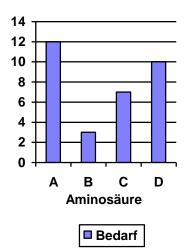
Dies kann man nicht erwarten, da zum Einen der Bedarf u.a. auch vom Geschlecht, der Entwicklungsstand und vom Alter abhängt.

Jede Nahrung hat zudem ihre eigene – ganz spezielle Zusammensetzung – was ja auch ihren charakteristischen Geschmack usw. usf. ausmacht.

Ein Mangel an Aminosäuren führt oft zum direkten Mangel von bestimmten Körper-Eiweißen. Als Folge können die unterschiedlichsten Krankheitsbilder auftreten. Nicht immer muß dabei aber die falsche Ernährung der Auslöser sein. Einige krankhafte Zustände sind z.B. genetisch bedingt. Mit Medikamenten kann man den Eiweiß-Stoffwechsel ebenfalls beeinflussen. Erinnert sei hier z.B. an die Melanin-Mangel-Krankheit **Albinismus**.

Da wir uns von verschiedenen Pflanzen- oder Tierarten ernähren, ist ein Mangel selten gegeben. Je näher die Verteilung der Aminosäuren in der Nahrung dem menschlichen Ideal kommt, umso besser ist die Nahrung verwertbar.

Im nebenstehenden Diagramm soll dies vereinfacht (nur für 4 Aminosäuren) verdeutlicht werden. (Angaben in Gramm Eiweiß pro Kilogramm Körpergewicht)



Beim Essential Amino Acid Index (EAA-Index) verwendet man das Voll-Ei als Vergleichs-Basis. Voll-Ei enthält ungefähr alle essentiellen Aminosäuren im richtigen Verhältnis (für menschliche Bedürfnisse). Zur Berechnung des EAA-Index werden für alle Aminosäuren die im untersuchten Protein vorhandenen Mengen zu den "optimalen" Mengen im Voll-Ei ins Verhältnis gesetzt und diese dann miteinander multipliziert. Im Idealfall erhält man den EAA-Index = 1.

$$IAA - Index = \frac{AS_{A}[Probe]}{AS_{A}[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_{B}[Probe]}{AS_{B}[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_{C}[Probe]}{AS_{C}[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_{D}[Probe]}{AS_{D}[Voll - Ei]}$$

Hinweis: Diese Formel gilt nur für das 4-Aminosäure-Beispiel in diesem Skript! Für eine reale Rechnung müssen alle 8 essentiellen Aminosäuren betrachtet werden!

Aufgabe:

Stellen Sie die Formel zur Berechnung des exakten EAA-Index auf!

Enthält nun z.B. eine Nahrung die nebenstehenden Mengen, dann würde sich der folgende EAA-Index errechnen:

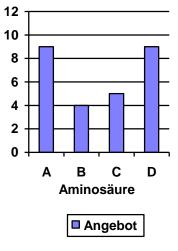
$$EAA - Index = \frac{12}{12} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{5}{7} \cdot \frac{9}{10} = 1,0 \cdot 1,33 \cdot 0,7 \cdot 0,9$$

$$EAA - Index = 0.86$$

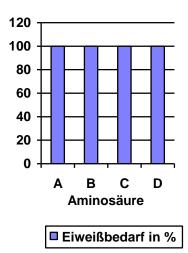
Der EAA-Index hat aber nur einen eingeschränkten Wert, da er suggeriert, dass fehlende Aminosäuren durch andere ersetzt werden könnten. So ergibt folgende Beispiel einen optimalen Wert, obwohl die Aminosäure D deutlich im Mangel liegt:

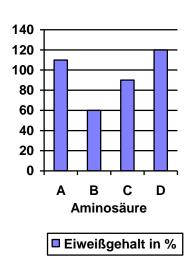
$$EAA - Index = \frac{12}{12} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{9}{7} \cdot \frac{6}{10} = 1,0 \cdot 1,33 \cdot 1,3 \cdot 0,6$$

$$EAA - Index = 1,03$$



Einen etwas anderen und problemorientierteren Ansatz entwickelte der Ernährungswissenschaftler Karl THOMAS (1883 – 1969).





Um besser und vergleichbarer arbeiten zu können, wird der Bedarf zuerst einmal für alle essentiellen Aminosäuren auf 100 % gesetzt. Von den einzelnen Aminosäuren werden also immer 100 % benötigt. Dabei ist es egal, ob 12, 3, 7 oder 10 g der Aminosäure pro kg Körpermasse gebraucht werden. (siehe Abbildung links oben)

Eine ideale Eiweißnahrung müßte nun genau so eine Verteilung der Aminosäuren aufzeigen – also 100 % bzw. die jeweiligen Gramm-Mengen.

Wie schon erwähnt, ist bei einer Ernährung mit irgendwelchen Pflanzen- und Tier-Produkten immer eine Abweichung gegeben, da die artspezifischen Eiweiße immer ihre jeweils eigentümliche Zusammensetzung haben. Bei einer künstlichen Ernährung / Nahrungszusammenstellung wäre eine vollständige Abdeckung des Bedarfs natürlich machbar.

Für ein beliebiges Nahrungseiweiß soll sich z.B. das nächste Diagramm ergeben.

Wie man schnell sieht, weichen einige Anteile doch beträchtlich vom Ideal ab. Bei einer ausschließlichen Ernährung über dieses Nahrungseiweiß würden wir bei den Aminosäure A und D ein Überangebot haben. Diese könnten zur Energiegewinnung genutzt werden. Ungünstiger ist das Fehlen der Aminosäuren B und C. Sie sind nur durch eine verstärkte Nahrungsaufnahme oder durch körpereigene Bildung zu ersetzen.

Ist aber eine der Aminosäuren essentiell, dann bleibt nur die vermehrte Nahrungsaufnahme. Nehmen wir an, die Aminosäure C wäre essentiell, dann könnten wir das Nahrungseiweiß nur zu jeweils 90 % zur Bildung von Körpereiweiß nutzen.

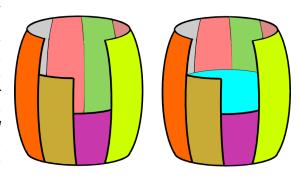
Die biologische Wertigkeit gibt als Maß genau diesen Sachverhalt wieder. Sie gibt den prozentualen Anteil des nutzbaren Eiweißes an. Die biologische Wertigkeit dient uns zur Einstufung der Eiweißqualität. Ist von einem Eiweiß z.B. nur die Hälfte der Aminosäuren nutzbar, dann besitzt dieses Eiweiß die biologische Wertigkeit 50 %.

Aus 100 g des Nahrungseiweißes können in diesem Fall dann 50 g Körpereiweiß produziert werden. Bei der Bestimmung des Wertes gilt das Minimumgesetz. Immer der kleinste verfügbare Wert bestimmt den Gesamtwert. Dabei werden nur die esentiellen Aminosäuren betrachtet, da die anderen ja auf anderem Wege bereitgestellt werden können. Unser Beispieleiweiß hätte also eine biologische Wertigkeit von 90%.

Eiweiß	limit. AS	Biologische Wertigkeit
Bohnen (grün)	Met	63 %
Bohnen (weiß)	Met	46 %
Cornflakes	Lys	32 %
Dorsch	Thr	92 %
Eierteigwaren	Met	30 %
Emmentaler (Käse)	Thr	85 %
Gelantine	Trp	1 %
Haferflocken	Lys	62 %
Haselnüsse	Met	50 %
Hering	Trp	81 %
Hülsenfrüchte	Met	31%
Kartoffeln	Met	67 %

Eiweiß	limit. AS	Biologische Wertigkeit
Kuh-Milch	Thr	87%
Reis (poliert)	Lys	66 %
Reis (Vollkorn)	Lys	64 %
Rind-Fleisch	Phe	80%
Roggen-Vollkornbrot	Lys	68 %
Schweine-Schnitzel	Phe	84 %
Sojabohnen	Met	74%
Speisequark	Thr	98 %
Voll-Ei		94%
Weißbrot	Lys	44 %
Weizen (Vollkorn)	Lys	45 %
Weizen-Mehl (Typ 405)	Lys	37%

Als Modell zum Verständnis des Minimumgesetzes soll uns ein alter Holzbottich zum Wassersammeln dienen. In dem Bottich wollen die Bewohner eines Hauses möglichst viel Wasser sammeln. Der Bottich ist aber (sehr unfachmännisch) aus verschieden langen Leisten gebaut. Wird wenig Wasser eingefüllte, spielt die Länge der Leisten keine Rolle. Erst wenn man versucht mehr einzufüllen, wird man den begrenzenden Faktor erkennen. Die kürzeste Leiste bestimmt die Füllhöhe. Das überschüssige Wasser läuft über und ist eigentlich schon beim Eingießen verschwendet.



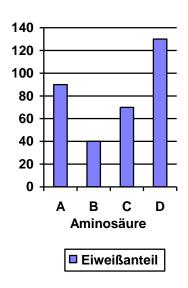
Die Bottich-Leisten im Modell verdeutlichen die zugeführten Aminosäuren. Die kleinste Leiste (violett) bestimmt die Wasserhöhe (mögliche Eiweiß-Produktion).

<u>Aufgabe:</u>

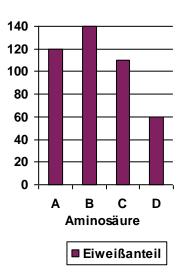
Suchen Sie praktische Anwendungen und Realisierungen des Minimum-Gesetzes!

Nun ist aber eine einseitige Ernährung der Ausnahmefall. Normalerweise ernähren wir uns abwechslungsreich. Hierbei ergänzen sich die einzelnen Eiweiße in ihren Zusammensetzungen. In Magen und Darm ist ja nicht mehr zu unterscheiden, von welchem Eiweiß die eine oder andere Aminosäure stammt.

Betrachten wir im folgenden - wieder vereinfachten - Beispiel nur die essentiellen Aminosäuren. Wir schauen uns drei Ernährungsfälle an. Der Erste ernährt sich ausschließlich von Eiweiß 1. Im zweiten Fall wird nur das Eiweiß 2 zur Eiweißernährung genutzt. Der dritte Esser soll im gleichem Maße Eiweiß 1 und 2 zu sich nehmen.



Für den ersten Fall (linke Abbildung) stellen wir schon eine relativ schlechte Bereitstellung der essentiellen Aminosäuren A, B und C fest. Die biologische Wertigkeit beträgt lediglich 40%, da die Aminosäure B nur in dieser relativen Menge zur Verfügung steht. Für das zweite Eiweiß sieht es prinzipiell nicht besser aus. Auch hier ist die biologische Wertigkeit nur 60%, obwohl viele essentiellen Aminosäuren (A, B, C) in ausreichendem Maße vorhanden sind.

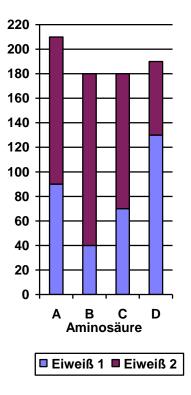


Interessant ist nun der dritte Ernährungsfall. Durch die Ernährung von beiden Eiweißen können die Defizite bei den einzelnen Eiweißen schon beachtlich ausgeglichen werden. Für beide Eiweiße zusammen ergäbe sich die biologische Wertigkeit 90%. Beim Berechnen muss man beachten, dass die doppelte Menge Eiweiß gegessen wurde.

Man spricht wegen der Kombination verschiedener Eiweiße dann vom Ergänzungswert. Exakterweise stellen wir für die dritte Ernährungsart also den Ergänzungswert 90% fest. Durch geschickte Kombination von Eiweißen kann man eine vollständig ausgewogene Eiweißnahrung zusammenstellen.

Ein Teil der Aminosäuren wird auch zur Energiegewinnung genutzt. Das sind vor allem die Überzähligen. Aminosäuren haben ungefähr die gleiche Energiedichte (Energie pro Masse [17 kJ/g]) wie Kohlenhydrate.

Praktisch ist das etwa die Hälfte der Energiedichte von Fetten.



<u>Aufgaben:</u>

- 1. Welche biologische Wertigkeit hätte das Eiweiß (vom Beginn dieses Abschnittes), wenn alle Aminsäuren essentiell wären?
- 2. Wieviel Gramm Körpereiweiß können aus 250g Bohnen erzeugt werden?
- 3. Welche biologische Wertigkeit und welchen Ergänzungswert haben die nachfolgenden Eiweiße? (die Aminosäuren 2, 3 und 5 sind essentiell)

	AS 1	AS 2	AS 3	AS 4	AS 5
Eiweiß 1	3	24	47	6	20
Eiweiß 2	22	12	23	20	23
Eiweiß 3	10	27	24	17	22

Muttermilch ist leichter verdaulich als Kuhmilch. Das liegt daran, dass Kuhmilch mehr Eiweiße enthält. Diese gerinnen im Magen durch die Magensäure. Geronnene Eiweiße sind schwerer verdaulich. Milch ist als Calcium-Quelle insgesamt sehr wichtig.

Neben der Zusammensetzung der Eiweiße spielt natürlich auch die aufgenommene Menge eine Rolle. Leider ist dies nicht so selbstverständlich, wie wir das bisher mehr oder weniger vorausgesetzt haben.

Besonders die Menschen in den Entwicklungsländern kämpfen mit einer Eiweiß-Unterversorgung. Neben dem Minimumeffekt der biologischen Wertigkeit der angebotenen Eiweiße erzeugen hier auch die Mengen einen limitierenden Faktor.

Bei der Mangelernährung (angebote Nahrung deckt nicht den Bedarf) unterscheiden wir:

 quantitative Mangelernährung (mengenbezogener Mangel einzelner oder mehrerer Nährstoffe und / oder Nährstoffgruppen, selten einzelner Stoffe)

und

qualitative Mangelernährung (Mangel an einzelnen oder mehreren Aminosäuren, Vitaminen und / oder Mineralstoffen)

Die Ursachen und Ausprägungungen der Mangelerscheinungen sowie die daraus resultierenden Krankheitsbilder bestimmen die weitere Gruppierung in:

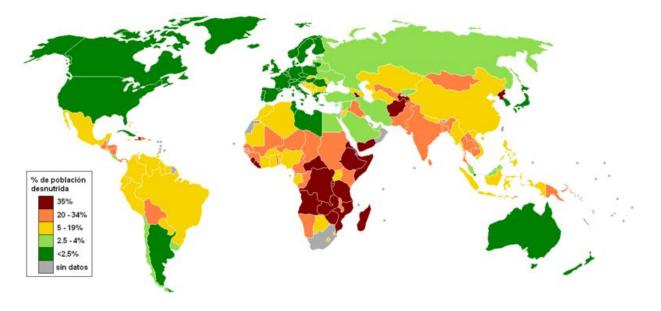
- Fehlernährung (Mangel an (einem) bestimmten Nährstoff(en))
- Mangelernährung im Alter (Riskogruppe: ältere alleinlebende Menschen, die mehrere Medikamente einnehmen müssen, eine geringe Bildung besitzen oder an geistigen Defiziten leiden)
- Unterernährung (Auszehrung der Energiespeicher des Körpers)
- Sarkopenie (physiologischer Muskelabbau)
- Kwashiorkor (Proteinmangel-Ernährung)
- Wasting (durch schwere Krankheiten indzierter Verlust an K\u00f6rpersubstanz)
- Kachexie (durch tiefgreifende Organstörungen verursachte Auszehrung des Organismus (betrifft fast alle Organsysteme))

und

 Marasmus (extremer Mangelernährungszustand durch langfristigen und starken Mangel an Nahrung)

Mangelernährung ist aber nicht nur ein Problem der Entwicklungsländer. Bis auf die Industriestaaten in Nordamerika und Europa, sowie einzelnen Länder auf anderen Kontinenten ist Unterernährung ein globales Problem.

In den nächsten Jahren ist mit einer Verstärkung der Problematik zu rechnen.



Anteil der unterernährten Bevölkerung (2008) Q: de.wikipedia.org (Lobizón + Belgrano)

Aufgaben:

- 1. Analysieren Sie den aktuellen Ernährungszustand in Deutschland! Gehen Sie dabei auch auf die verscheidenen Bevölkerngsgruppen ein!
- 2. Informieren Sie sich z.B. im Internet über die aktuelle globale Ernährungssituation! Sammeln Sie Schlüsselfakten und Schlagzeilen usw. zum Thema!
- 3. Zeigen Sie einige Wirkketten zur Stützung und Verstärkung der aktuellen Welternährungssituation auf!
- 4. Welche Wege sind zur Verringerung der Mangelernährung in der Welt denkbar? Machen Sie begründete Vorschläge!

Unter Extrembedingungen können rund 25 % des Körpereiweißes eines gesunden Menschen als Protein-Reserve genutzt werden. Bestimmte Stoffwechsel und physiologische Vorgänge werden aber schon bei recht geringen Abweichungen vom Normalen beeinflusst.

Ein direkter Nachweis der Abhängigkeit eines Symptoms von einer Protein- oder Aminosäure-Mangelernährung sind schwierig. Experimente am Menschen fallen aus ethischen Gründen natürlich aus. "Freiland-Beobachtungen" in Entwicklungsländern sind wissenschaftlich nicht exakt genug. Hier sind es meist systhemische Mangelernährungen, so dass ein Nachweis für eine einzelne Aminosäure oder ein Protein schwer fällt.

Durch Proteinmangel können die folgenden Veränderungen auftreten:

- Haarausfall, Pigmentmangel
- Muskelschwäche (Muskelatrophie), geringe allgemeine und k\u00f6rperliche Leistungsf\u00e4higkeit
- Blutarmut
- Wachstums- und Entwicklungsstörungen, Entwicklungsverzögerung (Redardierung)
- Veringerung der Immunität, Erhöhung der Krankheitsanfälligkeit, längere Krankheitsdauer
- Fettleber
- Ödeme (Wassereinlagerungen)
- psychische Veränderungen: Teilnahmslosigkeit, Apathie, geistiger Verfall
- Aussetzen der Fertilität (Aussetzen der Menstruation, Veringerung der Spermienzahlen)

Haare bestehen im Wesentlichen aus Proteinen (Kreatin). Fehlende Rohstoffe für die Haarwurzeln bewirken eine Einstellung der Haarnachbildung. Bei gleich bleibender Belastung kommt es zu erhöhtem Verschleiß – die Haare brechen / fallen aus usw. Eine Neubildung setzt erst mit dem Ausgleich des Aminosäuredefizites ein.

Die funktionellen Stoffe der Muskeln sind zumeist Eiweiße (Myosin, Actin, Myoglobin). Diese Eiweiße bauen sich in ungefähr 50 bis 60 Tagen zur Hälfte ab, wenn es keinen Neuaufbau gibt. Die Muskelatur wird solange abgebaut, bis ein Gleichgewicht zwischen (machbaren) Neuaufbau und Abbau erreicht ist.

Besonders dramatisch ist Aminosäuremangel für die Herzmuskelatur. Hier liegt die Halbwertzeit bei 10 bis 14 Tagen. Da eine ausreichende Blutversorgung wesentliche Voraussetzung für einen leistungfähigen Organismus ist, sind Defizite hier schnell sichtbar.

Da für den Muskelaufbau außer der stofflichen Voraussetzung – Proteine – auch noch eine entsprechende Belastung / passendes Training usw. notwendig ist, haben Mangelernährte hier kaum eine Chance.

Blutarmut meint nicht wirklich weniger Blut. Die Probleme sind in der Menge des roten Blutfarbstoffes – und damit in der Anzahl der roten Blutkörperchen zu suchen. Auch die weißen Blutkörperchen und die Antikörper auf ihrer Oberfläche basieren auf Eiweißen. Die in der dritten Welt problematische Hygenie und prinzipiell höhere Verbreitung von Infektionskrankheiten (optimaleres Klima für Parasiten, Bakterien und Pilze) erhöhen die Gefahr einer Erkrankung. Da der Schutz (Anikörper) fehlt und die Vernichtung (weiße Blutkörperchen) nicht klappt, dauern

Krankheiten länger, verlaufen dramatischer und richten größere Schäden an. Viele – eigentlich nur akuten – Krankheiten werden zu chronischen, da sie das geschwächte Immunsystem niemals vollständig bekämpfen kann.

Die Fettleber als Krankheitsbild würde man eigentlich eher der Wohlstandsernährung zuordnen. Bei Proteinmangelernährung tritt sie auf, weil abbauende und Transport-Proteine nicht gebildet werden (können). Überschüssige Fette werden in der Leber abgelagert und lassen sie pathologisch anschwellen.

Die mangelnde Eiweißproduktion macht sich auch im Gehirn bemerkbar. Hier sind oft schon geringe Proteindefizite relevant. Leider ist eine wissenschaftliche Erfassung hier sehr schwierig und ethisch sehr bedenklich.

Bei längerfristiger Proteinmangel-Ernährung wird man mit dem Krankheitsbild **Kwashiorkor** konfrontiert. Eine Ableitung des Namens der Krankheit geht von der Bedeutung "erste" und "zweite" in der ghanesischen Sprache aus. Dies deutet auf das Auftreten der Krankheit beim ersten Kind hin, wenn das zweite geboren wurde und gesäugt wird (das erste wird zu früh od. überhaupt entwöhnt). Eine andere Erklärung gibt die Übersetzung "roter Knabe". Hier kommt die auftretende Veränderung der Hautpigmentierung ins Spiel.

Die traditionelle Ernährung in vielen Entwicklungsländern sorgt zwar für genügend Energie, Vitamine usw. – es fehlen aber die Eiweiße. Exakterweise sind es nur bestimmte Aminosäuren (), die fehlen.

Bestimmte Traditionen – wie Männer und männliche Nachkommen bekommen vor den weiblichen Familienmitglieder ihr Essen und auch die besten Teile oder aber bestimmte Nahrungsmittel seien nichts für Mädchen – verstärken die Probleme weiter.

Die üblichen Nahrungmittel (z.B. Mais-Suppen) mit – für die Situation – falscher Zusammensetzung (süß, energiereich, aber eiweißarm) stützen die Unterernährung und vertuschen das Problem weiter. Fisch und Fleisch sind in den meisten Entwicklungsländern Luxusprodukte.

Kwashiorkor ist ein Mangelsyndrom. Es kommt verstärkt zu Wassereinlagerung (Ödemen).



Kind mit Kwashiorkor Q: www.flickr.com (Sokwanele - Zimbabwe)

Das weithin sichtbare Zeichen ist der Wasserbauch. Grund sind weniger Blut-Albumine. Dadurch sinkt der osmotische Druck des Blutes und es wird mehr Wasser ins Gewebe abgegeben (hier Konzentrationsausgleich). Überschüssiges Gewebewasser kann nicht in das zu verdünnte Blut zurückdiffundieren. Durch die verstärkte Wasseraufnahme wird Mangelernährung meist erst sehr spät erkannt, da die Kinder zuerst wohlgenährt (rundlich) aussehen.

Es folgen Durchfälle. Die typische Reaktion der Mütter – Nahrungsreduktion zur Behandlung des Durchfalls – verstärkt abermals die Unterernährung.

In den folgenden Krankheitsphasen kommt es zur Vergrößerung der Leber, die Pigmentierung (Melanin) reduziert sich (→ sekundäre Hautschädigungen durch das typisch stärkere UV-Licht der Tropen), Knochenschwund (Osteoporose) und zur Verlangsamung der geistigen Entwicklung. Alle anderen Eiweißmangelzeichen können infolge dann ebenfalls beobachtet werden. Die Lebenserwartung der betroffenen Kinder ist deutlich verringert.

Diskutiert wird im Zusammenhang mit Kwashiorkor auch eine erhöhte Aufnahme und eine verstärkte Konzentration von Pilzgiften (Aflotoxinen) im Körper. Aflotoxine gelten als sehr kanzerogen (karzinogen, krebserregend) und toxisch.

Unter extremen (längerfristigen) Ernährungsbedingungen (Kriege, Vertreibungen, Naturkatastrophen, ...) kommt es zu einer systhemischen Unterernährung dem Marasmus.Marasmus wird auch auch PEM (protein energy malnutrion, Protein-Energie-Unter- bzw. Fehlernährung) genannt. Es handelt sich also um einen über Monate und Jahre anhaltenden Entkräftungs- und Auszehrungsprozeß. Alle schon beschriebenen Protein-Mangel-Zeichen treten auch hier auf. Zusätzlich kommen erniedrigte Körpertemperatur (→ Veringerung der Stoffwechselaktivität, sinkende Immunität), allgemeine Schwäche und sehr häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten dazu. Bei den Gliedmaßen ist die Muskelatur völlig unterentwickelt (nur noch Haut und Knochen). Eine Gesundung ist nur mit sehr hohem Aufwand und sehr gesunder Ernährung möglich. Trotzdem muss mit nachhaltigen geistigen und körperlichen Schäden gerechnet werden.



Q: www.flickr.com (Teseum)

3.3.3.3. Technologische Eigenschaften der Eiweiße und ihre Nutzung

Wasserlöslichkeit: Die Fähigkeit vieler Eiweiße direkt oder indirekt (kolloidal) in wässrige Lösung überzugehen, haben wir schon erwähnt. In der Lebensmittelzubereitung wird dies z.B. bei der Erstellung von Brühen genutzt. Der Anteil gelöster Eiweiße bestimmt die "Kraft" einer Brühe. Die gelösten Eiweiße machen den charakteristischen Geschmack einer (entfetteten) Brühe entsprendend dem Ausgangsmaterial aus.

Dadurch, dass bestimmte Eiweiße (z.B. Kollagen) in Lösung gehen, werden z.B. Fleischstücke leichter genießbar. Die Lösung und Zerstörung des Kollagens kann durch die Verwendung von Säuren oder Basen (z.B. beim Marinieren) beschleunigt werden. Beim Auskochen von Knochen und Knorpel wird das Kollagen in der Brühe gelöst. Übrig bleibt vorrangig das unlösliche Calciumphosphat der Knochen. Durch das Abkühlen können sich die Kollagen-Moleküle wieder zusammenlagern und die Brühe zu einem Gel (Aspik) verfestigen. In der vernetzten Struktur der Kollagen-Moleküle werden bis zum 10fachen des Eigenvolumens an Wasser-Molekülen gebunden. Kollagen ist die Basis für weiche Gelatine (geringerer Schmelzpunkt als harte Gelantine (wird z.B. als Kapsel-Hülle bei Medikamenten verwendet)).

Geronnenes Eiweiß in der Lösung machen diese trüb. Bei Brühen bedeutet dies, dass sie u.U. geklärt werden muss.

Denaturierbarkeit: Durch verschiedene Zubereitungsverfahren (Kochen, Braten, Marinieren, ...) wird das Eiweiß bewußt zur Denaturierung (Gerinnung) gebracht. Die sonst relativ feste Struktur der faserförmigen Eiweiße wird dadurch zerstört. Globuläre Proteine verlieren ihre Funktions-Struktur. Vorhandene zwischenmolekulare und innermolekulare Bindung werden aufgebrochen und teilweise wieder neu geknüpft. Eiweiße werden dadurch z.B. besser kaubar und leichter verdaulich. Viele Konservierungsmethoden nutzen eine mehr oder weniger schonende Denaturierung der Eiweiße, um die Lebensmittel länger haltbar zu machen. Die eiweißzerstörenden Enzyme von Bakterien usw. sind besonders auf natürliche Eiweißstrukturen eingestellt. Für sie ist geronnenes Eiweiß schwerer verarbeitbar.

Genutzt wird die Gerinnung der Eiweiße auch bei der Wurstherstellung (Proteine in der Wurstmasse). Bei Brühwurst wird die Denaturierung durch Wärme (über 65 °C) erzielt. Bei Hartwurst (Salami, ...) und Schinken erreicht man die Gerinnung durch Salz und Wasserentzug.

Der Zusatz von Säuren, Basen oder Salzen bewirkt bei vielen Eiweißen ebenfalls eine Denaturierung. In der Milchverarbeitung nutzt man dies bei der Ausfällung des Kaseïns. Die überschüssigen Wasserstoff- oder Natrium-Ionen binden sich an das negative Kaseïn-Ion. Der gebildete Komplex verliert seine Schwimmfähigkeit und sinkt auf den Grund.

Wasserbindefähigkeit, Quellvermögen: Die vielen Sauerstoff- und Stickstoff-Atome in den Peptid-Bindungen sind wasserfreudliche Molekülbereiche. Besonders im Innern von kugelförmigen Eiweißen ist viel Platz für Wasser-Moleküle. Einige Eiweiße quellen bei Wasseranwesenheit stark auf. Ein gutes Beispiel ist Gelatine oder das Kollagen aus den Knochen. Gelantine enthält verschiedene lösliche Eiweiße, die besonders gut Wasser aufnehmen können. Das Quellen der Gelantine erzeugt ein Zustand, den man als Gel bezeichnet. Er ist sowohl flüssig als auch fest. In der Ernährung bezeichnet man das Gel auch als Gelee, Aspik usw. Solche Gele enthalten sehr viel Wasser in gebundener Form. Das gebundene Wasser kann von Mikroorganismen nur schwer genutzt werden. Sie finden also schlechtere Lebensbedingungen und die Lebensmittel bleiben länger haltbar. Gele befinden sich in einem umkehrbaren (reversiblen) Gleichgewicht. Bei Temperaturerhöhung (schon ab 30 °C) sinkt das Wasserbindevermögen. Die Gele verflüssigen sich. Bei sinkenden Temeraturen kristallisieren die Kollagen-Moleküle wieder aus und bilden eine wirres Geflecht. Die Gele werden wieder fest und stabil.

Auch gekochtes Eiweiß ist ein guter Speicher für Wasser. Es trocknet insgesamt langsamer aus, als rohes Eiweiß.

Die Wasserbindefähigkeit beschreibt die Gesamtheit der Wasseran- und -einlagerung in einen Stoff. Die Anlagerung von Wasser (Adsorption) wird durch polare und große Oberflächen bestimmt. Das Aufnehmen (Einlagern, Absorption) von Wasser in die Moleküle eines Stoffes beschreibt man vorrangig durch das Quellen. Im Allgemeinen kann eingelagertes (absorbiertes) Wasser schlechter (schwerer und langsamer) wieder abgegeben werden, als adsorbiertes.

Bindefähigkeit für andere Stoffe: Die von uns weniger betrachteten Molekülreste der einzelnen Aminosäuren (Reste) bestimmen ganz wesentlich ihre individuellen Eigenschaften. Die unterschiedlichen Enden sind Andockpunkte für die unterschiedlichsten Stoffe. An diesen

Punkten können die Stoffe verschieden stark gebunden werden. Manche Bindungen sind so leicht, dass der andere Stoff sofort wieder abwandert. Andere Bindungen sind so stark, dass sie nicht wieder aufzubrechen sind. Oft verlieren die Eiweiße mit solchen Anbindungen dann ihre biologischen Eigenschaften. Sie können ihre eigentliche Funktion nicht mehr erfüllen - sie sind gewissermaßen vergiftet worden.

Das Bindevermögen wird zum Einen zum Klären von Flüssigkeiten genutzt. Nach dem Einrühren von Eiklar in eine warme Brühe binden sich die verschiedenen Stoffe an den Eiweißen. Erhitzt man nun weiter, dann gerinnen die Eiweiße zu Flocken und binden die angedockten Stoffe fest an sich. Die Flocken lassen sich leicht abfiltern oder abschöpfen und die Brühe ist geklärt. Das Klären von Butter beruht ebenfalls auf den Gerinnungseffekt der wenigen enthaltenen Butter-Eiweiße. Sind diese bei großer Hitze geronnen, verlieren sie ihre Fähigkeit den emulgierten Zustand von Wasser und Fett in der Butter zu stabilisieren. Das reine Butter-Fett (Butter-Schmalz) und eine Wasser-Eiweiß-Schicht setzen sich ab - die Butter ist geklärt.

Zum Anderen nutzt man die Bindefähigkeit beim Legieren von Soßen und Suppen. Hier bilden die noch nicht geronnenen Eiweiße ein weites Geflecht. Dies gibt die Bindung. Wird dann aber zu weit erhitzt, denaturieren die Eiweiße und sie verlieren ihre Beweglichkeit - die Bindung geht verloren.

Auch bei der Verwendung als Emulgator nutzt man die ganz unterschiedliche Bindefähigkeit aus. Ein übliches Öl-Wasser-Gemisch kann man zwar zeitweise durch starkes Rühren zu einer einheitlichen Flüssigkeit (Emulsion) machen. Aber schon nach kurzer Zeit trennen sich Fett und Wasser wieder voneinander. Mit einem Emulgatur wird das Gemisch stabilisiert.

Die Bindefähigkeit der Proteine für Wasser haben wir schon den Peptid-Bindungen und den polaren Resten zugeordnet. Die langgestreckten Molekül-Reste der einfachen Aminosäuren sind dagegen besonders gut fettlöslich. Gibt man bestimmte Eiweiße (z.B. Eigelb) in ein Wasser-Öl-Gemisch, dann lagert sich das Eiweiß an der Öl-Wasser-Grenze an. Die Eiweiß-Moleküle ordnen sich dann so an, dass besonders viele hydrophile Molekülteile in die wässrige Richtung zeigen, während z.B. kovalente Aminosäure-Reste mit den Fettsäuren Kontakt aufnehmen. Fette und Wasser werden auf einmal durch eine Eiweißbrücke verträglich zueinander. Das Eiweiß stabilisiert die Verbindung zwischen den beiden Stoffen. Ein so gebildetes Lebensmittel-Produkt ist z.B. die Majonäse. Sie bildet mit ihren wässrigen unf fetten Bereichen fast allen Geschmacksstoffen eine Heimat.

Ähnliche Verhältnisse finden wir in einer Vinaigrette (engl.: French Dressing). Neben Essig und diversen Kräutern od. anderen Zutaten ist bei einer Vinaigrete ungefähr die dreifache Menge Öl enthalten. Öl und Essig werden zu einer Emulsion (Wasser-in-Öl-Emulsion) verschlagen. Zur Stabilisierung werden als Emulgatoren Senf oder hartgekochtes Eigelb verwendet.

Kleberbildung: Viele Mehle lassen sich zu Teigen verarbeiten. Damit der Teig aber zusammenhält und gehen kann, müssen bestimmte Eiweiße anwesend sein. Der Kleber (Gluten (lat.: gluten = Leim)) ist ein Gemisch, das nach dem teilweisen Entfalten des Eiweißes Glutenin (und weiterer Glutenine) durch Kneten und im Zusammenspiel mit anderen faserförmigen Eiweißen (Gliadin und anderer Gliadine) sowie einigen Fetten und Kohlenhydraten eine dichte, klebrige Masse ergibt. Diese ist gasdicht. Das gebildete Cohlendioxid z.B. der Hefezellen (od. künstlicher Triebmittel (Backpulver, Hirschhornsalz)) wird dann festgehalten und läßt den Teig aufgehen. Gluten kann ungefähr das zwei- bis dreifache seines Eigengewichtes an Wasser an sich binden. Der Kleber (mit dem gebundenen Wasser) hält den Teig elastisch, weich und feucht (er lässt sich ziehen).

Das Gluten selbst kann z.B. für die Sorten- oder Mehlprüfung aus einem Teig mittels Salzwasser von Stärke gereinigt werden (bis die Probe mit Iod-Kaliumiodid ungefärbt bleibt). Es bleibt ein kaugummiartiger Rest – das Kleber-Eiweiß-Gerüst. Man kann den Kleber auch mit Kaliumhydroxid lösen und dann nachfolgend mit einer Säure ausfällen. Hierbei kommt es aber schon zu Zerstörungen an den Schwefel-haltigen Gruppen. Es entweicht deutlich riechbarer Schwefelwaserstoff (Geruch nach verfaulten Eiern).

Gliadine sind Alkohol-unlöslich. Die Glutenine dagegen sind in einfachen Alkoholen löslich. Beide Eiweißarten sind in Säuren und Basen gut löslich. Sie enthalten sehr viel Glutaminsäure und relativ wenig Lysin.

Im fertigen Gebäck ist das geronnene (denaturierte) Kleber-Eiweiß-Gerüst für die Stabilität und Festigkeit verantworlich.

Weizen enthält besonders viel Gluten (rund 80 % des Gesamt-Eiweißes). Bei anderen Getreiden – wie Roggen, Dinkel, Grünkern, Einkorn, Emmer usw. - ist weniger Gluten enthalten. Durch Teig-Säurerung quellen noch andere spezielle Proteine, die dann zusätzlich am gasdichten Teig-Gerüst beteiligt sind. Andere Getreidemehle (z.B. Hafer, Mais, Reis, Hirse) enthalten kein Kleber. Werden Sie einzeln verbacken, dann sind die Produkte meist Fladen-artig und wenig fluffig.

Färbung: Nur die wenigsten Eiweiße sind farbig. Oft spielen aber gerade diese dann eine wichtige Rolle in der Küche. Wer mag schon blasses oder graues Fleisch. Viel angenehmer ist Fleisch mit roten bis braunen Farbtönen. Das Eiweiß Myoglobin sorgt entscheidend für die rote Fleischfarbe. In den Muskeln ist es der Sauerstoffspeicher. Schweinefleisch enthält weniger Myoglobin als Rindfleisch. Somit ist Rindfleisch logischerweise dunkler gefärbt. Der Farbton des Myoglobin wird vom Sauerstoffgehalt bestimmt. Frisches Fleisch mit noch genügend Sauerstoff im Gewebe ist rot ("frische Fleischfarbe"). Je mehr der Sauerstoff in den Zersetzungsprozessen verbraucht wird, um so dunkler wird das Fleisch. Braunes Metaglobin steht dann für älteres (ev. verdorbenes) Fleisch.

Eine schöne und gewünschte Verfärbung entsteht beim Kochen von Krustentieren. Die frisch eher gelb, blau bis grünlichen Tiere besitzen in der Haut einen Farbstoff-Komplex, der beim Erhitzen in seine Bestandteile zerfällt. Die rote Farbe stammt vom Eiweiß Astaxanthin.

In Verbindung mit Kohlenhydraten können Eiweiße beim kräftigen Erhitzen auch braune Farbstoffe bilden. Diese entstehen über die MAILLARD-Reaktionen (nach Louis Camille MAILLARD [sprich: *mejar*], 1878 - 1936). Bei diesen Reaktionen bilden sich eine Vielzahl aromatischer und zumeist dunkler (brauner) Stoffe, die der Speise zusätzlichen Geschmack und eine angenehme Farbe geben.

Bei der MAILLARD-Reaktion reagieren die Aldehyd-Gruppen der (reduzierenden) Kohlenhydrate mit den Amino-Gruppen der Eiweiße. Im Reaktionsverlauf sind verschiedene Zufälle enthalten, so dass sehr viele verschiedene Reaktionsprodukte gebildet werden können. Derzeit sind noch nicht alle Abläufe wissenschaftlich geklärt.

Einige Produkte erzeugen bittere Geschmacksempfindungen. Dann ist die MAILLARD-Reaktion u.U. nicht erwünscht. Um die Reaktionsabläufe einzuschränken oder gart zu unterdrücken, bleiben nur die Arbeit bei möglichst geringeren Temperaturen oder eine niedrigerer pH-Wert (saureres Milieu). Desweitern können nicht-reduzierende Zucker eingesetzt werden oder die Menge an freiem Wasser reduziert werden.

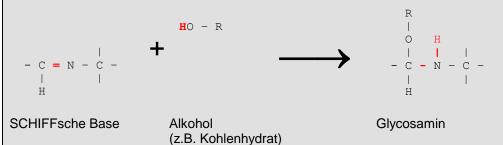
Ein weiteres Reaktionsschema, dass die Bildung diverser geschmacksrelevanter Stoffe beschreibt – ist der STRECKER-Abbau. Hier sind es die entstehenden Aldehyde (STRECKER-Aldehyde), die den Geschmack einer Speise beeinflussen. Die STRECKER-Reaktionen laufen vorrangig bei hoher Temperatur und hohem Druck (z.B. diverse Konservierungsverfahren, Grillen, Braten, Rösten, ...) sowie vielen freien Aminosäuren ab.

Exkurs: MAILLARD-Reaktion und AMADORI-Umlagerung

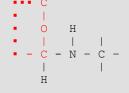
MAILLARD-Reaktionen finden zwischen reduzierenden Kohlenhydraten (Carbonyl- / Aldehyd-Gruppe) und der Aminogruppe z.B. einer Aminosäure unter Hitzeeinwirkung statt. Besonders häufig und vielgestaltig laufen diese Reaktionen ab 140 °C ab. Aber auch schon bei Temperaturen unter 0 °C können sie beobachtet werden. Den zugrundeliegenden Reaktionsmechanismus hat der französiche Chemiker Louis Camille MAILLARD (1878 – 1936) zuerst beschrieben. Im 1. Reaktionsschritt reagiert die reduzierende Aldehyd-Gruppe (Carbonyl-Gruppe) mit der basischen Amino-Gruppe. Es kommt zu einer Addition.

Als nächster Schritt erfolgt die Abspaltung von Wasser (Kondensation). Es entsteht eine sogenannte SCHIFFsche Base. SCHIFFsche Base sind organische Verbindungen, die im Bau an ein Keton – ev. auch ein Aldehyd – erinnern. Statt dem Sauerstoff-Atom ist aber ein Stickstoff-Atom eingebaut. Die dritte Bindung kann durch Wasserstoff oder einen Alkyl-Rest belegt sein. Die "funktionelle Gruppe" der SCHIFFschen Basen ist also die Atom-Konstellation –CH=N– .

Nachfolgend kommt es zumeist zu Cyclisierung. Molekülintern reagiert die SCHIFFsche Base mit einem Alkohol (Hydroxyl-Gruppe).



Die alkoholische Hydroxyl-Gruppe und die Carbonyl-Gruppe (1. Teilreaktion; Aldehyd) stammen häufig aus dem gleichen Kohlenhydrat-Molekül. Es enstehen also ringförmige Strukturen, die über ein Sauerstoff-Atom im Ring verfügen. Chemiker sprechen von einem heterocyclischen Ring. Der besprochene Reaktionsschritt ist durch die Vielzahl von OH-Gruppen in den Kohlenhydraten recht variabel, was z.T. die Vielzahl beobachteter Reaktionsprodukte erklärt.



Die letztendlich sehr vielgestaltigen heterocyclischen Ringe bedingen die unterschiedlichsten aromatischen Geschmacksnoten und Färbungen.

Die gebildeten, hochreaktiven, funktionellen Gruppen sind nun in der Lage molekülintern weiter zu reagieren (AMADORI-Umlagerung). Der – ev. bei der Glycosamin-Bildung entstandene – hetrocyclische Ring kann nun aufbrechen und es entsteht ein Molekül-Struktur mit Doppelbindung und zwei Hydroxyl-Gruppen. In diesem Fall sind die Hydroxyl-Gruppen räumlich recht weit voneinander entfernt.

Eine strukturelle Stabilisierung tritt erst mit den sogenannten AMADORI-Produkten (Aminodesoxyketosen) ein.

Auch das AMADORI-Produkt kann durch Hitze wieder in die Endiol-Form isomerieren. Diesmal

liegen die beiden Hydroxyl-Grupen dicht beieinander an der Doppelbindung.

AMADORI-Produkt

[Endiol-Form]

(Aminodesoxyketose)

Wie wir schon gesehen haben, ist ein solches strukturelles Konstrukt nicht lange stabil. Unter Eleminierung der ursprünglichen Amino-Struktur, kann z.B. ein Hydroxy-Ketenon entstehen.

Durch erneute intramolekulare Umlagerungen – das Wasserstoff-Atom der Hydroxylgruppe wandert zum anderen Cohlenstoff-Atom der Doppelbindung – bildet sich ein Diketon. Diketone sind ebenfalls reaktionsfreudige Substanzen. Mögliche Reaktionsprodukte dieser Linie können dann Hydroxyketone oder Furanone (Ketone mit heterocyclischen Rest) sein.

Hydroxyketenon

Desoxy-Verbindung z.B.: 1-Desoxyhexoson

Aber auch schon die Endiol-Form des Glycosamin's, welche zwischenzeitlich vor dem AMADORI-Produkt gebildet wurde, kann andere Reaktionswege einschlagen. Über ein instabiles Zwischenprodukt hinweg wird die – ursprünglich addierte – Amino-Verbindung abgespalten. Übrig bleibt eine Desoxy-Verbindung – ein Ketanal.

Unter Eleminierung von zwei Wasser-Molekülen (Dehydratisierung) kann sich z.B. eine hetrocyclische aromatische Verbindung bilden – ein sogenanntes Furfural.

3-Desoxyhexoson

Hydroxymethyfurfural

Die Vielzahl möglicher Zwischenverbindungen und Reaktionsprodukte machen die unterschiedlichen Aromen und Farben von gebratenen, gegrillten, marinierten und wie auch immer behandelten Lebensmitteln aus. Anders herum ergibt sich hieraus aber auch die Gefahr, dass sich darunter gefährliche Stoffe (giftig, krebserregend, ...) befinden können. Da die Menge aber praktisch sehr gering ist, geht bei normalem Genuß nur eine schwache Gefahr aus.

Wir sprechen bei den MAILLARD- und AMADORI-Reaktionen sowie den weiteren ablaufenden chemischen Vorgängen von nicht-enzymatische Bräunungsreaktionen, da hier keine Enzyme beteiligt sind. Die Bräunung ist in den meisten Fällen gewünscht.

spezielles Beispiel: Umwandlung von Asparagin in Acryleïn

Acrylein als besonders gefährlicher Stoff (gilt als kanzerogen; s.a. → Fett-Verderb) kann ebenfalls das Reaktionsprodukt einer MAILLARDweitergeführten Reaktion sein. Reagieren Glucose und Asparagin (eine Aminosäure) miteinander, dann kann das gebildete Glycosamin einmal Cohlendioxid eleminieren. Diese Verbindung kann jetzt - wie oben mehrfach gezeigt - wieder in den Amino-Teil und den Zucker-Teil zerfallen. Der Amino-Teil ist nun aber nicht mehr die unbedenkliche Aminosäure – sonder das hochgefährliche Acroleïn. Acroleïn wird mitlerweile auch als sehr giftig und umweltschädlich eingestuft.

Q: de.wikipedia.org (Pixeltoo)

3.3.4. Nachweise für Eiweiße

Am Einfachsten ist in der Praxis der Nachweis durch Verbrennen einer Probe durchzuführen. Bei einem starken Geruch nach Schwefelwasserstoff kann man sicher auf ein Eiweiß schließen. Besonders gut funktioniert dieser Nachweis bei festen und trockenen Eiweißen, wie z.B. Haare, Fingernägel, Federn usw.

Für feuchte, flüssige oder gelöste Eiweiße bieten sich die Xanthoprotein- oder die Biuret-Reaktion an. Aber auch mit Denaturierungsversuchen (z.B. mit Säuren) kann man schon wichtige **Hinweise auf Eiweiße** bekommen.

Einen kontrollierten Denaturierungsversuch nimmt man an – möglichst klaren – Eiweiß- bzw. Probe-Lösungen vor. Wenn nach Zugabe von Säure (z.B. Zitronensäure, Essigsäure) eine Trübung auftritt, kann man mit dem Vorhandensein von Eiweißen rechnen. Sicher ist dieser Test aber nicht, da auch einige andere Stoffe mit Säuren trübe Lösungen bilden. Man nennt einen solchen Test deshalb auch nur **Hinweisreaktion**.

Bei der Xanthoprotein-Reaktion wird die Probe mit konzentrierter Salpetersäure versetzt **(Vorsicht! Ätzend!)**. Kommt es nach einer kurzen Erwärmung zur Ausflockung und Gelbfärbung, dann enthielt die Probe Eiweiße.



Probe auf Eiweiß mit Xanthoprotein-Reaktion:

Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
konzentrierte ev. verdünnt auf 24%ig) Salpetersäure	leicht erwärmen	Gelbfärbung Ausflockung	Eiweiß
(farblos)		anderes	wahrscheinlich kein Eiweiß
•	ev. verdünnt auf 24%ig) Salpetersäure	ev. verdünnt auf leicht erwärmen 24%ig) Salpetersäure	konzentrierte ev. verdünnt auf 24%ig) Salpetersäure (farblos) Ausflockung Ausflockung

Zur weiteren Absicherung kann man anschließend noch konzentrierte Ammoniaklösung (bis zur basischen Reaktion der Lösung) zugeben. Eine Orangefärbung bestätigt sicher das Vorhandensein von Eiweißen. Die Xanthoproteinreaktion klappt nur bei Eiweißen, die mindestens eine der Aminosäuren Tyrosin, Tryptophan oder Phenylalanin enthalten. Das sind die Meisten.

Die Biuret-Reaktion testet nicht das Vorhandensein von einzelnen Aminosäuren, sondern auf Peptidbindungen (ev. auch der Phenol-Gruppen). Mit diesem Test haben wir eine allgemeingültige Reaktion zum Nachweis von Eiweißen. Die Probe wird zuerst mit 10%iger Natriumhydroxid-Lösung (Natronlauge) basisch gemacht. Nun werden einige Tropfen einer 10%iger Kupfersulfat-Lösung (auch FEHLING I-Lösung möglich) zugegeben. Die Lösung ist normalerweise hellblau gefärbt. Im alkalischen Milieu bildet sich ein tiefblauer Cupfer-Komplex. Nun wird leicht erwärmt. Eine Verfärbung nach Violett zeigt Peptidbindungen (als umgebildete Biuret-Verbindung) an.

Achtung! Die Violettverfärbung bei Anwesenheit von Peptiden kann aber auch schon bei Zimmertemperatur auftreten!

Probe auf Eiweiß mit Biuret-Reaktion:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	gleiche Menge 10%ige Natronlauge zusetzen + einige Tropfen 10%ige Kupfersulfat-Lösung	leicht erwärmen	Violettfärbung	Eiweiß
	(hellblau)		anderes	kein Eiweiß
			anderes	KOIII EIWOIIS

Sehr empfindlich – aber auch nicht hundertprozentig spezifisch – ist die Ninhydrin-Reaktion. Mit ihr werden Aminogruppen in den Proteinen nachgewiesen.

Probe auf Eiweiß mit Ninhydrin-Reaktion (MOBERG-Test):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
			Blau- / Violett- färbung	(Aminosäure Peptid)
Probe +	1%ige Ninhydrin- Lösung	leicht erwärmen		Eiweiß
	(farblos)		anderes	kein Eiweiß

In der Praxis lassen sich mit Ninhydrin schon Spuren von Aminosäuren (Proteinen) nachweisen. Macht man einen Handabdruck auf Filterpapier oder hat man Chromatogramme von ev. Eiweiß- od. Aminosäure-haltigen Lösungen, dann reicht ein leichtes Einsprühen und nachträgliches Erhitzen (z.B. auch mit einem Bügeleisen), um die typische blaue bis violette Färbung zu erhalten.

Weiterhin werden in der Literatur verschiedene Reaktionen beschrieben, die ebenfalls als Nachweis für bestimmte Aminosäuren oder Stoffgruppen in Eiweißen dienen.

Mit der Blei-Reaktion lassen sich die Schwefel-haltigen Gruppen nachweisen. Dazu wird die Probe mit Bleiacetat (Bleiessig) und Kalilauge versetzt und erhitzt. Beim Vorhandensein von Schwefel-Gruppen entsteht eine Braunfärbung.

Die Phenol-Gruppen – z.B. vom Phenylalanin – lassen sich mit der MILLONschen Reaktion nachweisen. Desweiteren kann man mit ihr p-Hydroxyphenyl-Reste nachweisen, wie sie in Tyrosin vorkommen.

Hier wird Quecksilber(II)-nitrat (salpetersaures Quecksilberoxid, Merkurinitrat) in Anwesenheit von salpetriger Säure zugesetzt.



Beim positiven Nachweis entsteht eine Rot-Färbung. Wegen der starken Giftigkeit von Quecksilber-Verbindungen wird dieser Test nur in Ausnahmefällen unter speziellen Schutzbedingungen verwendet!

Desweiteren sind unbedingt die Vorschriften der einzelnen Länder zum Umgang mit Cemikalien in Bildungseinrichtungen zu beachten!!!



Probe auf Eiweiß mittels Quecksilber (MILLONsche Probe):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
			Rot-Färbung	(Tyrosin) (Phenylalanin)
Probe +	einige Tropfen MILLONs-Reagenz	erwärmen		Eiweiß
	0		anderes	kein Eiweiß

Zum Nachweis der Indol-Gruppen – z.B. aus dem Tryptophan – dient die ADAMKIEWICZ-HOPKINsche Reaktion. Im schwefelsauren Milieu entsteht mit Ethanalsäure (Oxoessigsäure, Glyoxylsäure) eine Purpur-Färbung.

Aus der Urin-Analytik gibt es diverse Teststreifen für spezielle Eiweiße. Mit ihnen werden z.B. Albumine (im Urin) mit einem recht einfachen Farbstoff-Indikator nachgewiesen. Dabei nutzt man eigentlich einen Effekt aus, der in der Säure-Base-Analytik als Indikator-Fehler beschrieben wird. Normalerweise zeigen Säure-Base-Indikatoren eine bestimmte für einen bestimmten pH-Wert. Durch bestimmte Eiweiße – eben z.B. die Albumine – entsteht ein fehlerhafter Farbeindruck. Genau diesen nutzt man für die Teststreifen. Praktisch reagieren die Aminogruppen von Proteinen bzw. Aminosäuren direkt mit dem Indikator (Tetrabromphenolblau). Der Indikator übernimmt dabei Wasserstoff-Ionen und reagiert – wie gewöhnlich (bei seinen Säure-Base-Reaktionen) – mit einer Verfärbung.

Moderne Streifen lassen eine semiquantitative Aussage über den Eiweiß-Gehalt in der Lösung zu. (Da die Teststreifen normalerweise für Urin-Proben gedacht sind, ist eine Eichung auf andere Lösungen aber unbedingt erforderlich. Die abgelesenen Werte sind ohne Eichkurve mit Vorsicht zu genießen!)

Nachweis von löslichen Eiweißen (Albuminen) mit Teststreifen:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
flüssige Probe +	Eiweiß- Teststreifen	(siehe Packung)	Verfärbung ent- sprechend Skala	Eiweiß (Albumin)
			Farbe unverändert oder anders	kein Albumin

Aufgaben:

- 1. Bereiten Sie ein Protokoll (Aufgabe, Vorbetrachtungen, Durchführung) für die Aufgabe 2 vor!
- 2. Prüfen Sie, ob in Milch und einer Eiklar-Lösung sowie in drei angebotenen Proben (vom Kursleiter gestellt) Eiweiße enthalten sind!
- 3. Vervollständigen Sie das Protokoll (Beobachtungen, Auswertung) während und nach dem Versuch!

weitere Praktikums-Aufgaben:

1. Verhalten von Proteinen unter verschiedenen Umgebungsbedingungen (45 min) Untersuchen Sie das Verhalten einer Eiklar-Lösung unter folgenden Bedingungen bzw. bei folgenden Zusätzen:

- Temperaturerhöhung (auf rund 90 °C)
- Ethanol (Brennspiritus (96%ig, vergällt)); 1:1
- Essigessenz; 1:1
- · gesättigte Ammoniumsulfat-Lösung
- Cupfersulfat; Spatelspitze (auf 2 ml Lösung)
- 0,5 min Mikrowellen 150 W (mind. 5 ml Lösung)
- 0,5 min Mikrowellen 300 W (mind. 5 ml Lösung)

???:

• ev. den Versuch bei gleicher Lösungs-Menge (neue 5 ml) und nochmals erhöhter Watt-Zahl (450 W) nochmals durchführen!

Prüfen Sie jeweils auch auf die Reversibilität ev. ablaufender Vorgänge! (z.B. Abkühlen, Verdünnung der Zusätze mit Wasser)

2. Nachweis von Proteien (45 min)

Prüfen Sie die folgenden Lösungen bzw. Lebensmittel-Proben auf Eiweiß-Gehalt (quantitativ)!

- a) Eiklar-Lösung
- b) Milch
- c) unbekannte Lösung 1 (vom Kursleiter gestellt)
- d) unbekannte Lösung 2 (vom Kursleiter gestellt)
- e) selbstmitgebrachte Lebensmittel-Probe 1
- f) selbstmitgebrachte Lebensmittel-Probe 2

Verwenden Sie die folgenden Test's:

Xanthoprotein-Reaktion (ev.Demoexperiment durch Kursleiter)

- Biuret-Reaktion
- Ninhydrin-Reaktion
- Test-Streifen (Protein-Test)

3.3.5. Ergänzende Experimente zu und mit Eiweißen

Herstellung einer Eiklar-Lösung

Materialien / Geräte:

Becherglas 200 ml; physiologische Kochsalz-Lösung oder Kochsalz; Filter; Watte oder Küchentuch

Durchführung / Ablauf:

- Trennen Sie das Eidotter (Eiklar) vom Eigelb (Eigelb wird verworfen)
- Mischen Sie das Eiklar mit 100 120 ml Wasser (besser: physiologische Kochsalz-Lösung; ersatzweise: 1 Prise Salz)
- Lösung ev. durch Watte oder Küchentuch filtern

Gerinnung von Eiweißen

Materialien / Geräte:

Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Brenner, Wasser, Zitronensaft (besser Essig bzw. Essigessenz), Alkohol (Ethanol 96%), Kochsalz, Eiklar; gesättigte Ammoniumsulfat-Lösung; gesättigte Cupfersulfat-Lösung; Harnstoff

Durchführung / Ablauf:

- 2 ml Eiklar mit 10 ml dest. Wasser mischen (Eiklar-Lösung)
- in 4 Reagenzgläser je 2 ml Eiklar-Lösung geben, Reagenzgläser durchnummerieren
- folgende Stoffe zufügen bzw. Versuche durchführen

Reagenzglas	Zusatz	Versuch
1	1 ml Zitronensaft	
2	1 ml Alkohol	
3	reichlich Kochsalz	
4		erwärmen
5	1 ml Ammoniumsulfat-Lösung	
6	1 ml Cupfersulfat-Lösung	
7	1 ml Essigessenz	
8	1/2 Spatel Harnstoff	
9 (Blindpr.)	1 ml Wasser	

⁻ anschließend alle Proben mit reichlich Wasser verdünnen (und abkühlen lassen) und 1 x umschütten (durchmischen)

Quellvermögen von Eiweißen ("Show"-Experiment mit Gummibärchen)

Materialien / Geräte:

große Reagenzgläser; Gummibärchen

Durchführung / Ablauf:

- je ein Gummibärchen wird ein Reagenzglas mit Wasser getan; alle Stunde wird ein weiteres der gleichen Farbe dazugegeben und die Beobachtungen notiert

Trennung und Unterscheidung von Aminosäure-Gemischen

Grundlagen / Prinzipien:

Aminosäuren unterscheiden sich in diversen Eigenschaften. Sehr unterschiedlich sind die Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln und das Adsorptionsverhalten an geeigneten Materialien. Diese beiden Eigenschaften und die unterschiedlichen Molekülgrößen werden bei der Chromatographie zur Trennung genutzt. Als Träger-Material bieten sich Papiere, Stärke oder Gele an. Die Aminosäuren wandern mit dem Lösungsmittel durch die Poren des Träger-Materials (Säule). Je größer die Moleküle sind, umso langsamer wandern sie. Weiterhin wird die Wanderung durch Anhaftung (Adsorption am und Ablösung vom Träger-Material bestimmt. Stoffgemische lassen sich so gut trennen und die Bestandteile identifizieren. Hierzu benutzt man bekannte Stoffe zum direkten Vergleich.

Materialien / Geräte:

PETRI-Schale groß mit Deckel; PETRI-Schale klein; Rundfilterpapier (Durchmesser größer als die der kleinen PETRI-Schale und kleiner als die der großen Schale); Probelösung (Gemisch); Lösung einzelner Aminosäuren (z.B.: Glycin, Tyrosin, Phenylalanin, ...); Laufmittel (Butanol : Essigsäure : Wasser = 4 : 1 : 1); Sprühflasche mit Ninhydrin-Reagenz

Durchführung / Ablauf:

- Mittelpunkt auf dem Filterpapier mit Bleistift kennzeichnen; Bleistiftkreis (mit Zirkel) mit 1 cm Radius zeichnen; auf dem Kreis mit gleichgroßen Abstand Auftragungspunkte (je einer für das zu untersuchende Gemisch und die vermuteten Vergleichs-Komponenten) kennzeichnen und beschriften (1, 2, 3, ...)
- auf die Auftragungspunkte werden mehrfach immer sehr kleine Tropfen der jeweiligen Lösungen auftragen und eintrocknen gelassen (unbedingt für jede Lösung eine separate Pipette benutzen!)
- Mittelpunkt klein lochen (1 2 mm); aus Filterpapier dichten Docht wickeln und in das Lochstecken; Dochtlänge 1 – 1,5 cm Rest kann über dem Rundfilter (nicht zu knapp) abgeschnitten werden
- kleine PETRI-Schale in der großen anordnen; mit Laufmittel 0,5 cm hoch füllen; Rundfilter mit Docht in die Lauflösung auf der kleinen PETRI-Schale positionieren; große PETRI-Schale verschließen
- warten bis Laufmittel kurz vor Rand der kleine PETRI-Schale angekommen ist, Rundfilter entnehmen und trocknen (z.B. über einer trockenen PETRI-Schale; Docht ruhig als Abstandshalter benutzen)
- mit Ninhydrinlösung besprühen und nochmals heiß trocknen (ev. erwärmen → Ninhydrin-Reaktion)
- Chromatogramm beurteilen

MAILLARD-Reaktion

Grundlagen / Prinzipien:

Aminosäuren (auch Peptide od. Eiweiße) reagieren im basischen Milieu und in der Wärme sehr gut Kohlenhydraten. In einem komplizierten und sehr variablen Reaktionsmechanismus entstehen farbige (vorrangig braune) und aromatisch riechende Stoffe.

Materialien / Geräte:

Aminosäure-Lösung (auch Mischung; optimal 30 mg/ml); Zucker-Lösung (auch Mischung; optimal 60 mg/ml); Base (z.B. Natriumhydroxid); ev. Spektral-Photometer

Durchführung / Ablauf:

- Lösungen mischen und alkalisch machen
- 5 min sieden lassen
- Farb- und Geruchsveränderungen beobachten

Vanillin-Reaktion

Grundlagen / Prinzipien:

Nachweis für Tryptophan, beim positiven Nachweis bildet sich eine kirschrote Färbung

Materialien / Geräte:

5%ige alkoholische Vanillin-Lösung, konz. Schwefelsäure (ätzend!)

Durchführung / Ablauf:

- etwas Vanillin-Lösung zur Probe-Lösung geben, dann vorsichtig einige Tropfen konzentrierte Schwefelsäure dazugeben

Herstellung von Joghurt

Materialien / Geräte:

Thermometer, Milch (Frischmilch 3,5% Fett; ESL-Milch vorher abkochen!, sonst wird Joghurt schleimig und zieht Fäden), Joghurt mit lebenden Kulturen (Impfgrundlage)

Durchführung / Ablauf:

- Milch erwärmen und 5 min bei 70 °C halten (pasteurisieren)
- auf 36 °C abkühlen lassen, Joghurt zusetzen, umrühren
- ein bis zwei Tage bei Temperaturen um die 25 38 °C stehen lassen (optimal 36 °C)

Zusatzuntersuchung:

- ev. mit Zucker und Früchten mischen
- es darf gekostet werden (die Versorgung des Kurses mit Brötchen od. frischem Brot gehört zur Pflicht der Kursteilnehmer)

Herstellung von Quark

Materialien / Geräte:

Thermometer, Milch (Frischmilch 3,5% Fett), Buttermilch oder Dickmilch mit lebenden Kulturen (Säuerungskulturen, Impfgrundlage); alternativ Lab-Enzym

Durchführung / Ablauf:

- Milch erwärmen und 5 min bei 70 °C halten (pasteurisieren)
- auf 36 °C abkühlen lassen, Säuerungskulturen oder Lab zusetzen, umrühren
- ein (bis zwei) Tag(e) bei Temperaturen um die 22 28 °C stehen lassen (optimal 25 °C); bei Lab-Einsatz verkürzt sich die Dicklegungszeit auf 12 15 h
- dickgelegte Masse (Dickete) mittels Küchenhandtuch filtern
- Masse kann mit Salz und Kräutern usw. gewürzt werden
- es darf gekostet werden (die Versorgung des Kurses mit Brötchen od. frischem Brot gehört zur Pflicht der Kursteilnehmer)

Herstellung von Käse

Materialien / Geräte:

Thermometer, Milch (Frischmilch 3,5% Fett), Lab, Kochsalz (iodhaltiges wird empfohlen), eventuell Kräuter oder Gewürze (z.B. Kümmel, grüner Pfeffer), durchlöcherte Plastegefäße (z.B. Sanella-Dosen), eventuell verschiedene Käse als Impfgrundlage (z.B. Blauschimmel, ...)

Durchführung / Ablauf:

- Milch erwärmen und 5 min bei 70 °C halten (pasteurisieren)
- auf 36 °C abkühlen lassen. Lab zusetzen, stehen lassen, ab und zu umrühren
- durch Leinentuch filtern
- Filtermasse je nach Anzahl der Versuche (Geschmacksrichtungen) teilen, in Plastegefäße füllen, leicht salzen, mit Zusätzen (Kräuter, Gewürze, Impfkäse) mischen und einpressen (oft reicht es auch, von Schimmelkäsen etwas Pilzrasen abzuschaben und auf die Oberfläche der Rohmasse zu geben, Blauschimmel muß untergemischt werden)
- einige Tage kühl reifen lassen
- es darf gekostet werden (die Versorgung des Kurses mit Brötchen od. frischem Brot gehört zur Pflicht der Kursteilnehmer)

3.3.6. ausgewählte Eiweiß-haltige Lebensmittel im Einzelnen

3.3.6.1. Milch

eigentlich Kuh-Milch

lt. Dt. Milch-Gesetz: "das durch regelmäßiges Ausmelken des Euters gewonnene und gründlich durchmischte Gemelk von einer oder mehreren Kühen, aus einer oder mehreren Melkzeiten"

Rohmilch: unveränderte Milch (Gemelk), dass nicht über 40 °C (Melktemperatur) erhitzt wurde darf vom Erzeuger nur am gleichen oder nachfolgenden Tag an der Verbraucher direkt vermarktet werden

mit Vermerk: "Rohmilch, vor dem Verzehr abkochen"

da Keime vorhanden sein können, sind empfindliche Personen und Personengruppen ev. gefährdet

von den Inhaltsstoffen beste Milch; nach dem notwendigen Abkochen werden deutliche Vitamin-Verluste verzeichnet; Abkochen ungünstiger als Pasteurisieren

Vorzugsmilch: abgepackte Rohmilch; besonders strenge Hygenie-Vorschriften für Erzeugung und Verarbeitung;

Manko der Rohmilch (ev. Keimbelastung) beseitigt → beste Milch

Voll-Milch: Milch-Fett-Gehalt: > 3,5 %

entrahmte Milch / fettarme Milch: Milch-Fett-Gehalt: 1,5 – 1,8 %

Magermilch: Milch-Fett-Gehalt: < 0,3 %

H-Milch: (Homogenisierte Milch) zumeist ultrahoch (135 – 150 °C) für kurze Zeit (1 – 2 s) erhitzt; Milch enthält fast keine Keime mehr; feinste Verteilung der Fettröpfchen durch sehr feine Düsen / Filter; Milch kann nicht mehr aufrahmen; sehr deutlich länger haltbar (bis 12 Monate bei Normaltemperatur) veränderte Sensorik

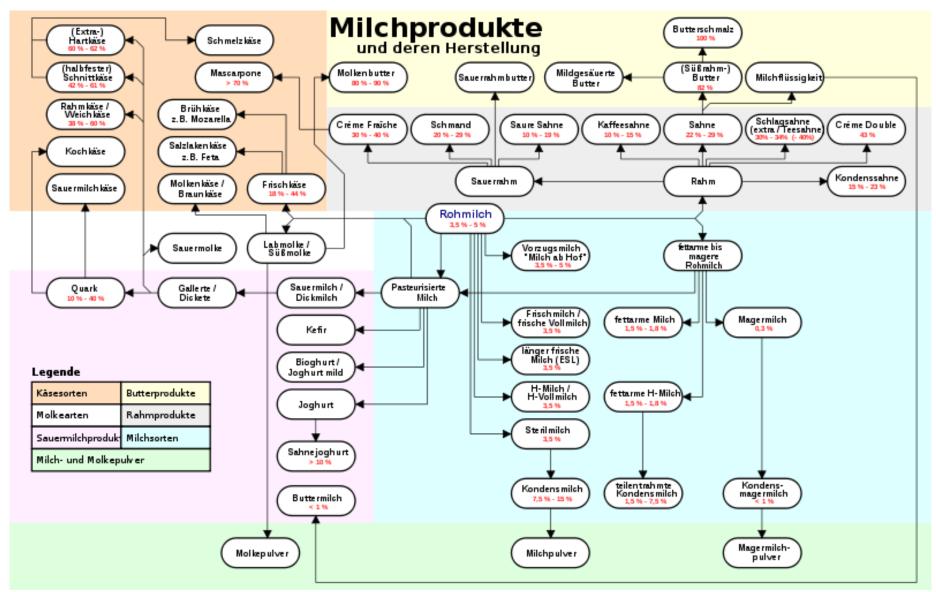
ESL-Milch: (extended shelf life milk; längerfrische Milch)

deutsche Verpackungsaufdrucke schon gewisser Etiketten-Schwindel, denn Milch wurde mit Dampf hocherhitzt, homogenisiert und gefiltert; keine eindeutige Kennzeichnung, zumal verschiedene Verfahren – auch kombiniert – zur Herstellung verwendet werden; Haltbarkeit liegt mit 12 bis 21 Tage in der geschlossenen, gekühlten Packung; nach Öffnen noch bis zu einer Woche haltbar

leicht veränderte Sensorik

3.3.6.1.1. direkte Folge- und Ab-Produkte

Buttermilch: Milchflüssigkeit, die bei der Produktion von Rahm (für die Herstellung von Süßrahmbutter) anfällt und mit Milchsäure-Bakterien weiterbehandelt wurde → Handelsprodukt



Q: de.wikipedia.org (WikiNight u.a.)

3.3.6.2. Käse

Milch-Produkt

3.3.6.3. Analog-Käse – Alles Käse oder was?

Produkt aus pflanzlichen Ölen, Wasser und verschiedenen Eiweißen (z.B. aus Milch, Soja, Bakterien), dazu Emulgatoren und ev. Stärke, für passende Aussehen und Geschmack kommen noch diverse Geschmacks- und Farbstoffe (Fertig-Mischungen) dazu keine Reife

alles in Allem sehr kostengünstig herzustellen und sensorisch kaum vom echten Käse zu unterscheiden

da Begriff Käse geschützt ist muß das Produkt anders genannt werden

verwendete Namen und Bezeichnungen: geht von Namen, die die Besonderheit des Produktes klarstellen: Kunstkäse, Käseersatz, Käseimitat)

über unklare Bezeichnungen: Schmalzkäse, Oleomargarinekäse, Margarinkäse (alle aber nicht zulässig wegen "...käse...")

bis zu Namen, die (absichtlich?) verschleiern: Pizza-Mix, Gastromix, geriebener Pizzabelag z:T. mit irreführender Zutatenliste und / oder der völliger Vermeidung von Bezügen zu Käse, dann Verwendung von Marken-Namen z.B. "Fol epi"

interessant für Veganer und Personen mit z.B. Kuhmilch-Verträglichkeits-Problemen; fraglich nur, ob Personen-Gruppen, die sonst sehr auf die Zusammensetzung ihrer Nahrung achten, sich dann so etwas zuführen

3.3.6.4. Getreide, Mehl und Brot

nicht vorrangig Protein-haltig (um die 10 - 12 %), aber wegen der Besonderheiten im Zusammenspiel von Kohlenhydraten und Proteinen bei Teigen und Back-Produkten hier erst bei den Proteinen behandelt

Kohlenhydrate 59-72~% - darunter Ballaststoffe 2,4-7~% Wasser 14-15~% Fett 0,9-2,3~% Mineralstoffe 0,4-1,7~%

3.3.6.x. Bohnen

enthalten das giftige Eiweiß Phasin, welches durch Garen zerstört wird. bei besonders Phasin-reichen Bohnen-Arten reicht der Konsum von 4-5 rohen Bohnen um Vergiftungserscheinungen (Magen-Darm-Beschwerden, Erbrechen, Durchfall) zu bekommen

Phasin bewirkt das Verklumpen der roten Blutkörperchen, Eintritt der Vergiftung nach 2 – 3 Stunden, aber auch relativ schnelles Abklingen

HAE ... Hämagglutinierende Einheit

Sorte	Phasin-Gehalt [HAE]
Rote Nierenbohne, roh	20.000 - 70.000
Weiße Nierenbohne, roh	7.000 – 23.000
Ackerbohne, roh	1000 – 7.000
Rote Nierenbohne, gekocht	200 - 400

Datenquelle(n): http://de.wikipedia.org/wiki/Phasin

3.3.6.x. Soja

8. Literatur und Quellen

- /1/ BELITZ, Hans-Dieter; GROSCH, Werner:
 Lehrbuch der Lebensmittelchemie.-3. überarb. Aufl.-Berlin, Heidelberg, New York, London; Paris, Tokyo: Springer, 1987
 ISBN 3-540-16962-8
- /2/ FÜRST, Werner; SCHULER, Konrad:
 Gastgewerbliche Berufe Restaurantfachmann Restaurantfachfrau Grund- und Fachstufe.-Bad Homburg vor der Höhe: Verl. Gehlen, 1997
 ISBN 3-442-92650-1
- /3/ Ernährungslehre zeitgemäß, praxisnah.- Hannover: Schroedel Schulbuchverl., 1990 ISBN 3-441-91392-2
- /4/ SCHLIEPER, Cornelia A.:
 Ernährung heute.- 6. überarb. Aufl.-Hamburg: Verl. Büchner, Verl. Handwerk und Technik, 1994
 ISBN 3-582-04474-2
- /5/ SCHLIEPER, Cornelia A.:
 Arbeitsbuch Ernährung.-4. überarb. u. erw. Aufl.-Hamburg: Verl. Büchner, Verl. Handwerk und Technik, 1986
 ISBN 3-582-04473-4
- /6/ BOTSCH, Walter; HÖFLING, Erich; MAUCH, Jürgen: Chemie in Versuch, Theorie und Übung.- 2. neubearb. Aufl.- Frankfurt am Main, Aarau: Verl. Diesterweg, Verl. Sauerländer; 1984 ISBN 3-425-95421-0, ISBN 3-7941-2522-3
- /7/ LIBBERT, Eike: Kompendium der Allgemeinen Biologie.-2. durchges. Aufl..-Jena: Fischer Verl.; 1977
- /8/ KEUNE, Hans (Hrsg.):
 Taschenlexikon Chemie.- 1. Aufl. Leipzig: Dt. Verl. f. Grundstoffind.,1989
 ISBN 3-342-00225-5
- /9/ LATSCHA, Hans Peter; KLEIN, Helmut Alfons: CHEMIE - Basiswissen; Anorganische Chemie, Organische Chemie, Analytische Chemie.- Berlin, Heidelberg: Springer-Verl., ISBN -99534-X
- /10/ SCHARF, Karl-Heinz; WEBER, Wilhelm:
 Stoffwechselphysiologie Materialien für den Sekundarbereich II Biologie.- Neubearbeitung, Hannover: Schroedel-Schulbuchverl., 1992
 ISBN 3-507-10515-2
- /11/ BRAUNE, Wolfram; LEMAN, Alfred; TAUBERT, Hans:
 Pflanzenanatomisches Praktikum I Einführung in die Anatomie der Vegetationsorgane
 der Samenpflanzen.- 4. bearb. Aufl.- Jena: Fischer Verl. 1983
- /12/ Alternative Wege bewusster Ernährung aid Verbraucherdienst informiert Heft-Nr. 1131/1995

/13/ Essen geht durch den Magen - Die kleine Ernährungslehre aid Verbraucherdienst informiert Heft-Nr. 1231/1995 /14/ POLLMER, Udo; WARMUTH, Susanne: Lexikon der populären Ernährungsirrtümer – Mißverständnisse, Fehlinterpretationen und Halbwahrheiten.-Frankfurt a. M.: Eichborn Verl. AG 2000 /15/ BARTELS, Heinz; BARTELS, Rut: Physiologie - Lehrbuch und Atlas - 4. überarb. Aufl.-München, Wien, Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1991 ISBN 3-541-09054-5 /16/ Lexikon Medizin.- Weyarn: Seehamer Verl. ISBN 3-929626-45-4 /17/ Tabellenbuch Chemie.-8., überarb. Aufl.-Leipzig: Dt. Verl. f. Grundstoffindustrie, 1980 /18/ SCHENCK, Martin; KOLB, Erich: Grundriss der physiologischen Chemie für Veterinärmediziner, Humanmediziner und Biologen.-5. Aufl.-Jena: G. Fischer Verl.; 1964 /19/ ERHARD, Hubert: Tierphysiologisches Praktikum.-Jena: Verl. v. G. Fischer; 1916 /20/ STREMPELL, Walter; KOCH, Albert: Elemente der Tierphysiologie – Ein Hilfsbuch für Vorlesungen und praktische Übungen an Universitäten und höheren Schulen sowie zum Selbststudium - für Zoologen und Mediziner.-Jena: Verl. v. G. Fischer, 1923.-2., neubearb. u. erw. Aufl. /21/ **OEHMICHEN. Jobst:** Chemie für Landwirte.-Alfeld-Hannover: Verl. M. & H. Schaper; 1989.-2. überarb. u. erw. Aufl. ISBN 3-7944-0147-6 Die Clipart's entstammen den folgenden Sammlungen: /A/ microsoft-WORD (R) verschiedene Versionen Die Molekül-Modelle basieren auf: RASMOL für Windows • UnitedDevices / BOINC (Bildschirmschoner, verschiedene Projekte (LigantFit, Rosetta, QMC, ...)) Die anderen Abbildungen und Schemata gehören: lern-soft-projekt (c,p)1998 - 2010 lern-soft-projekt: drews -日 ⊞-18069 Rostock: Luise-Otto-Peters-Ring 25 -日

⊞- Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11

-日