

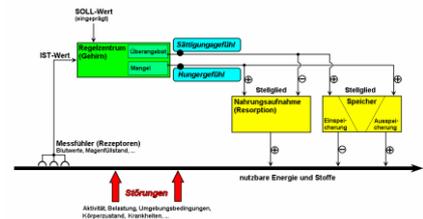
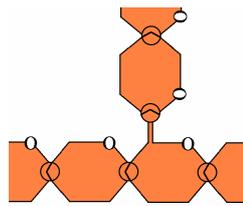
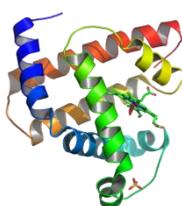
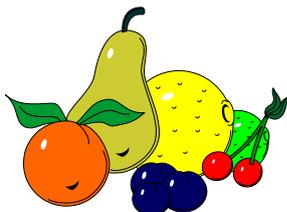
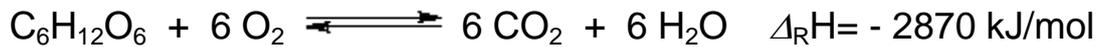
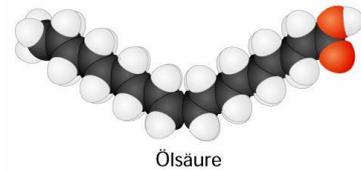
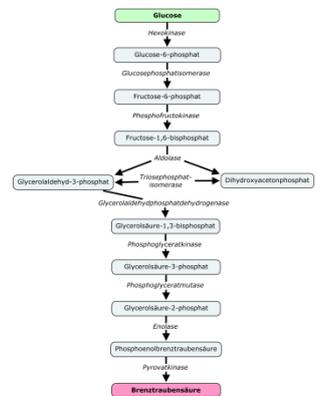
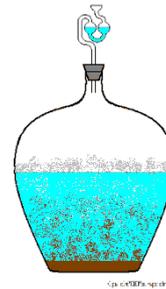
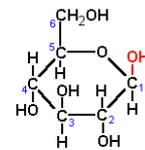
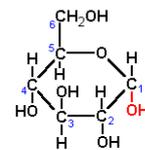
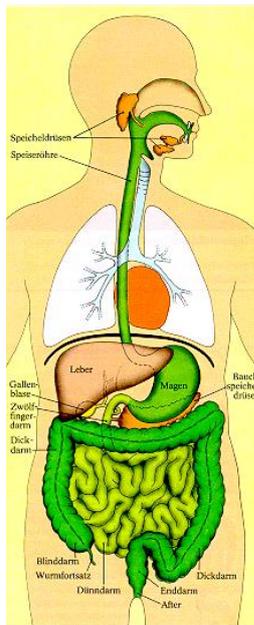
Ernährungslehre

für die Sekundarstufe II
(Fachoberschule, Fachgymnasium, Gymnasium)

Lebensmittel und ihre Bestandteile

Teil 1: Einführung, Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße

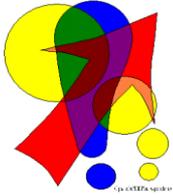
Autor: L. Drews



V. 3.4 (2015)

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.

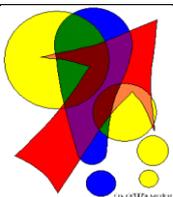
im Prinzip entsprechen diese Nutzungsbestimmungen:

**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.

public domain (pd)	Zum Gemeingut erklärte Graphiken oder Fotos (u.a.). Viele der verwendeten 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 commons (cc) 	od. neu ... Namensnennung;	... nichtkommerziell;
	... unter gleichen Bedingungen;	... in der gleichen Form
 gnu free document licence (GFDL; gnu fdl) copyleft	Lizenz gestattet die Vervielfältigung, Verbreitung und Veränderung des Werkes – auch zu kommerziellen Zwecken. Im Gegenzug verpflichtet sich der Lizenznehmer zur Einhaltung der Lizenzbedingungen (Pflicht zur Nennung des Autors, Verpflichtung zum Copyleft-Prinzip; Nichteinhaltung führt zum Lizenzentzug).	

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.

1. Womit beschäftigt sich die Ernährungslehre?	6
1.1. aktuelle Aufgaben- und Problemfelder der Ernährungslehre	7
2. Nahrung und Ernährung	12
2.1. Bestandteile der Nahrung	14
2.2. Ernährung, Verdauung und Ausscheidung	16
2.3. Energie-Haushalt des Menschen	18
2.3.1. Energie und Energie-Gehalt der Nahrung	19
Erfassung des Energie-Haushaltes und des Energie-Wechsels	21
Respiratorischer Quotient	21
Energie-Umsatz	23
Exkurs: negativer Brennwert	25
2.3.2. Leistung und Energie-Bedarf des Menschen	29
2.4. Ernährung und Sinne	31
2.4.1. Geschmacks-Sinn	32
2.4.2. Geruchs-Sinn	34
2.4.1. Sensorik	38
Beispiele für Prüfungsmerkmale	38
2.4.2. Versuche zu den Beziehungen von Sinnen und Ernährung	39
2.5. Hunger, Durst und Appetit	41
2.5.1. Regulation von Stoff- und Energie-Pegeln	46
2.5.1.1. eine mögliche Interpretation / Erläuterung des "Hunger-Kreislaufs"	48
Exkurs: Leptin	49
2.5.2. Vorschlag eines erweiterten Modell's zur Hunger-Erklärung	50
2.5.2.1. Schritt 1: Mini-Detail-Modell der Ernährung	51
2.5.2.2. Schritt 2: einfaches Modell zur Entstehung des Hungers	52
2.5.2.3. Schritt 3: Einbeziehung der Prägung	55
2.5.2.4. Schritt 4: Einbeziehung langfristiger Effekte	56
Exkurs: Serotonin	57
3. Nahrungsmittel und ihre Inhaltsstoffe	59
3.1. Fette	63
3.1.1. Fett-haltige Nahrungsmittel	64
3.1.1.1. makroskopische Einteilung der Fette	65
3.1.1.2. Gewinnung von Fetten und Ölen	68
3.1.2. Aufbau der Fette	69
Exkurs: Butan	69
3.1.2.1. Bildung von Fetten (Triglyceriden)	73
Exkurs: weitere Einteilungsmöglichkeiten	74
3.1.2.2. Bildung von Lipoiden	75
3.1.2.1. Vielfalt der Fette	79
3.1.3. Eigenschaften der Fette	82
3.1.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften von Fetten	82
3.1.3.1.1. Reaktionen im Fett-Stoffwechsel	91
3.1.3.2. Biologische Eigenschaften der Fette und ihre Bedeutung	93
Exkurs: Cholesterin (Cholesterin)	95
3.1.3.3. Technologische Eigenschaften der Fette und ihre Nutzung	98
3.1.4. Nachweise und Prüfverfahren für Fette	109
Kennzahlen ausgewählter Fette	114
3.1.5. Ergänzende Experimente zu und mit Fetten	116
3.1.6. Fett-verwandte Stoffe	126
3.1.6.1. weitere Lipide	126
3.1.6.1.1. Phospholipide (Phospholipide)	126
3.1.6.1.2. Wachse	127
3.1.6.3. Seifen	128
3.1.6.4. Steroide	128
3.1.6.4.1. Sterole (Sterine)	128
3.1.6.4.2. Gallensäuren	129
3.1.6.4.3. Hormone der Nebennierenrinde	130
3.1.6.4.4. Sexualhormone	130
3.1.6.5. Sphingosinlipide	131
3.1.6.6. Lipoproteine	131
3.1.6.7. Carotinoide	131
3.1.6.8. Ätherische Öle	131
3.1.7. Fett-Ersatz- und -Austausch-Stoffe	132
3.1.7.1. Fett-Ersatzstoffe	132
3.1.7.2. Fett-Austauschstoffe	133

Eiweiß-basierte Fett-Ersatzstoffe	133
Kohlenhydrat-basierte Fett-Ersatzstoffe	134
3.1.8. ausgewählte Fett-haltige Lebensmittel im Einzelnen	137
3.1.8.1. Butter	137
3.1.8.2. Speisefette und Speiseöle	138
3.1.8.3. Schokolade (Kakao-Butter)	139
3.1.8.3.1. Kakao-Butter (Kabu).....	140
3.2. Kohlenhydrate	144
3.2.1. Kohlenhydrathaltige Nahrungsmittel	144
3.2.1.1. Die Herkunft der Kohlenhydrate	146
3.2.2. Aufbau und Einteilung der Kohlenhydrate	147
3.2.3. Eigenschaften der Kohlenhydrate.....	149
3.2.3.1. physikalische und chemische Eigenschaften der Kohlenhydrate	149
Exkurs: FISCHER-Projektion	151
Exkurs: Drehsinn und Spezifischer Drehwert	154
weitere chemische Eigenschaften von Monosacchariden	165
Bildung von zusammengesetzten Zuckern	169
Zerlegung von zusammengesetzten Zuckern (Bildung von Monosacchariden	172
3.2.3.2. biologische Eigenschaftung der Kohlenhydrate und ihre Bedeutung	174
Exkurs: Laktat-Test (Lactat-Test)	176
3.2.3.3. technologische Eigenschaften der Kohlenhydrate und ihre Nutzung	179
3.2.4. Wichtige Kohlenhydrate - kurz vorgestellt	187
3.2.4.1. Einfachzucker	187
weitere Monosaccharide (ganz ganz kurz).....	189
3.2.4.1.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Monosacchariden	190
Glucoside	191
Glucosinolate	193
3.2.4.2. Zweifachzucker	194
3.2.4.2.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Disacchariden	197
Exkurs: Invertzucker	197
3.2.4.3. Dreifachzucker	199
3.2.4.4. Mehrfachzucker	199
3.2.4.5. Vielfachzucker.....	201
3.2.4.5.1. Homoglykane	201
3.2.4.5.1.1. Glucane	201
3.2.4.5.1.2. Fructane	206
3.2.4.5.2. Heteroglykane	207
3.2.4.5.3. Polysaccharid-ähnliche Stoffe aus Saccharid-Derivaten	210
3.2.4.6. technologische Süßmittel	211
3.2.5. Nachweise für Kohlenhydrate	212
Exkurs: GOD-Test auf Glucose (im Urin)	215
3.2.6. Ergänzende Experimente zu und mit Kohlenhydraten	218
3.2.7. ausgewählte Kohlenhydrat-haltige Lebensmittel im Einzelnen	230
3.2.7.1. Haushaltszucker (Rübenzucker, Rohrzucker, Zucker)	230
3.2.7.2. Getreide und Getreide-Mehl.....	232
3.2.7.2.1. Weizen	233
3.2.7.2.2. Gerste	233
3.2.7.2.3. Roggen.....	233
3.2.7.2.4. Hafer	233
3.2.7.2.5. Reis	233
3.2.7.2.6. moderne Zucht-Getreide und Kreuzungen	234
3.2.7.2.1. abgeleitete Getreide- und Mehl-Produkte.....	234
Exkurs: Back-Triebmittel / Teig-Lockerung.....	235
3.2.7.3. Kartoffeln und Kartoffel-Stärke.....	237
3.2.7.4. Gluten-freie, Getreide-ähnliche Stärke-Quellen	237
3.2.7.4.1. Amaranth.....	237
3.2.7.4.2. Buchweizen.....	237
3.2.7.4.3. Quinoa (Inka-Korn, Peru-Reis).....	237
3.2.7.4.4.	238
3.2.8. spezielle Kohlenhydrate – modern genutzt.....	238
3.2.8.1. Mais-Stärke.....	238
3.2.9. Zucker-Ersatzstoffe und Süßstoffe	239
3.3. Eiweiße	241
3.3.1. Eiweißhaltige Nahrungsmittel	243
3.3.2. Aufbau der Eiweiße	244
3.3.2.1. Aminosäuren.....	244
3.3.2.1.1. proteinogene Aminosäuren	246
3.3.2.1.2. Strukturformeln proteinogener 2-Aminosäuren	252
3.3.2.1.2. bedeutende nicht-proteinogene Aminosäuren.....	253
3.3.2.2. physikalische und chemische Eigenschaften der Aminosäuren	254

Exkurs: Elektrophorese	259
chemische Umwandlungen an Aminosäuren	261
Exkurs: Mesomerie der Peptid-Gruppe	264
3.3.2.2. allgemeine Systematik der Eiweiße (Bau-Typen)	268
3.3.2.2.1. (Oligo- und kleine Poly-)Peptide	270
3.3.2.2.2. Proteine	271
3.3.2.2.3. Proteide	272
3.3.2.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen).....	274
Exkurs: Struktur-Ebenen von Proteinen am Beispiel des menschlichen Insulin's.....	278
3.3.2.4. Die Vielfalt der Eiweiße	280
3.3.3. Eigenschaften der Eiweiße	283
3.3.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften der Peptide und Eiweiße	283
Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt	286
3.3.3.2. Biologische Eigenschaftung der Eiweiße und ihre Bedeutung	288
Biologische Verwertung von Eiweißen	289
3.3.3.3. technologische Eigenschaften der Eiweiße und ihre Nutzung.....	304
Exkurs: MAILLARD-Reaktion und AMADORI-Umlagerung	309
3.3.4. Nachweise für Eiweiße	312
3.3.5. Ergänzende Experimente zu und mit Eiweißen.....	317
3.3.6. ausgewählte Eiweiß-haltige Lebensmittel im Einzelnen.....	322
3.3.6.1. (Hühner-)Ei.....	322
3.3.6.2. Milch.....	328
3.3.6.2.1. direkte Folge- und Ab-Produkte.....	329
3.3.6.2.2. Käse	331
3.3.6.3. Analog-Käse – Alles Käse oder was?	332
3.3.6.4. Getreide, Mehl und Brot	333
3.3.6.5. Fleisch.....	333
3.3.6.5.1. Fleisch-Fehler.....	333
3.3.6.5.2. direkte Folge- und Ab-Produkte von Fleisch.....	333
3.3.6.x. Bohnen	334
3.3.6.x. Soja	334
3.3.6.x. Gelantine	334
9. Literatur und Quellen	337

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 systematischen 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 Quellen?*
- 2. Nennen Sie stichpunktartig die Inhalte der Ernährungslehre!*

1.1. aktuelle Aufgaben- und Problemfelder der Ernährungslehre

Inhalt und zentraler Schwerpunkt der Ernährungslehre ist eine gesunde Ernährung

problematisch wird aber schon eine saubere und Zweifels-freie Definition des Begriffes Gesundheit

mit Abwesenheit von Krankheiten könnte man auf den ersten Blick Punkte machen

beim genaueren Hinsehen ist ein nicht-kranker Körper nicht zwangsläufig gesund; erinnert sei hier an die Problematik der Immun-Abwehr

praktisch macht unser Körper immer kleine, schwache Erkrankungen durch, die durch die ständigen Kontakte mit Krankheits-Erregern ausgelöst werden, der normale (gesunde) Mensch wehrt diese Krankheits-Erreger ab und bildet dabei kurz- oder längerfristige Abwehr-Mechanismen, die ihn vor weiteren Kontaminationen mit diesen Erregern besser schützen also ist ständige – wenn auch unterschwellige Krankheit – eigentlich ein Zeichen für Gesundheit schwierig auch z.B. die Einordnung des Alterns, niemand wird behaupten, das ältere Menschen als üblicherweise gesund gelten, natürlich sind die Alters-Erscheinungen ein Zeichen zunehmender Krankheiten, trotzdem ist dieser Zustand normal und vom Prinzip her nicht zu verhindern, maximal ein Hinauszögern ist möglich

eine gesunde Ernährung – wie wir sie heute verstehen- beinhaltet die folgenden Ziele, Richtungen und Regeln:

die richtigen Nährstoffe in der passenden Menge zu sich nehmen; optimale Ernährungsweise ausgewogene, abwechslungsreiche und frische / Natur-nahe Lebensmittel

wenige bis keine Zusatzstoffe, Gifte, Kontaminationen zu sich nehmen

bekömmliches Essen für einzelne oder möglichst viele Personen

Kontaminationen von Nahrungs-Ketten (bzw. –Netzen) verhindern und Weiterverbreitung von Problemstoffen in ökologischen Systemen vermindern

bewußtes Ess-Verhalten (ökologisch, ethnisch, weltanschaulich, ökonomisch korrekt)

Finden des richtigen Maßes

durch eine gesunde Ernährung werden gefördert bzw. verbessert:

Gesundheit

Leistungsfähigkeit

Lebensfreude

Lebenserwartung (bei verminderten medizinischen Eingriffen und Behandlungen)

korrekte Ausführung aller Körper-Funktionen

frische, Vitamin-reiche, vielseitige, Spurenelement- und Mineralstoff-reiche Nahrung

nicht-gesunde Ernährung

(muss noch nicht Krank machen; mehr kurz- oder längerfristige Gefährdung der Gesundheit bzw. des aktuellen Gesundheits-Zustandes)

modernes Fast-Food

Überangebot an Energie, Fett und Kohlenhydraten

unpassende Ernährung zum aktuellen Lebensstil

wenig Frisches, viel Konserve

durch längere Lagerung oder bestimmte technologische Prozesse eher Vitamin-arm, auch Mineralstoff- und Spurenelement-ärmer

schnelles und unregelmäßiges Essen

ewig haltbare, sterile Lebensmittel gefährden natürliche Immunität

führt zu mehr Krankheiten, geringer Leistungsfähigkeit, verminderter Lebenserwartung

Vermeidung von Fehl-Entwicklungen
Gesundheit wiederherstellen ist teurer
Bildung multi-resistenter Keime in Nahrungsmittel bzw. in den Produktions-Prozessen
Zunahme künstlicher Bestandteile im Essen
Tendenz vom natürlichen, biologischen Essen zum künstlich, chemischen Essen
Diktat der Ökonomie über die Gesundheit
kurzfristiges (Profit-)Denken übertönt immer noch Nachhaltigkeit
einseitige Orientierungen (z.B. Herstellung von Bio-Ethanol) innerhalb von hochkomplexen
Wirtschafts-, Ökosystem- und Gesellschafts-Beziehungen

Essen und Essens-Zubereitung als Kulturgut
Koch-Kunst

Ernährungs-Risiken aus der Sicht des Verbrauchers / Konsumenten:

- Umweltkontamination
- Zusatzstoffe
- Pfusch, Betrug, mangelnde Hygiene, Profit-Gier (Stichwort "Lebensmittel-Skandale")
- Ernährungs-Verhalten / Ernährungs-Gewohnheiten
- pathogene Mikroorganismen (Krank-machende Keime)
- natürliche Giftstoffe

Ernährungs-Risiken aus der Sicht der Wissenschaft:

- Ernährungs-Verhalten / Ernährungs-Gewohnheiten
- pathogene Mikroorganismen (Krank-machende Keime)
- natürliche Giftstoffe
- Umweltkontamination
- Zusatzstoffe

neuartige Substanzen

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

unüberschaubare Synergieeffekte

Allergien, Intoleranzen

Kleinstmengen

fehlende wissenschaftliche Basis

fehlende od. ungenaue Referenzwerte

Meinungen (oder auch nur Hypothesen) 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

kriminelle Elemente benutzen die Lebensmittel-Industrie auch gerne zur billigen Entsorgung von gefährlichen Stoffen

Abfälle mit Sonder-Müll-Charakter (z.B. Dioxin-haltiges Transformatoren-Öl) bzw. nur für technische Verwendungszwecke geeignete Stoffe (technische Fette (z.B. mit enthaltenem Dioxin)) werden in reine Stoffe eingemischt und direkt und vor allem indirekt (als Futtermittel) in den Lebensmittel-Bereich eingeschleust

funktionelle Lebensmittel (Functional Food)

versprechen zusätzliche – über den Nähr- und Genuß-Wert hinausgehende – Nutzeigenschaften für den Verbraucher

sind Lebensmittel (!) mit zusätzlichen Zutaten oder veränderten Herstellungs-Verfahren

Verbesserung des Wohlbefindens, Ausgleich von Mängeln in der üblichen Ernährung, Vorbeugung von Krankheiten

schwierig zu definierende Zusatz-Wirkung, viele als "funktionelle Lebensmittel" deklarierte Produkte funktionieren mehr über den Placebo-Effekt, als über wirklich veränderte physische oder psychologische Parameter

Verschleierungs-Taktiken durch die Hersteller und sehr häufig auch Täuschung des Verbrauchers durch die Werbung

probiotische Lebensmittel

pro bios (griech.: für das Leben)

Lebensmittel mit lebenden Kulturen zumeist Bakterien oder Pilze

eigentlich nichts Neues, da z.B. Schimmelkäse und Joghurts ursprünglich mit lebenden Kulturen ausgeliefert wurden

Verwendung spezieller – häufig Patent-geschützter – Kulturen

Neuzeitliche industrielle Produktionsbedingungen führten zur vermehrten PASTEURISIERUNG und Sterilisation der Lebensmittel, Ziel war die Produktion von standardisierten, lange haltbaren Produkten, die positiven Eigenschaften, wie z.B. Stärkung der Immunabwehr, Gehalt an verschiedenen Spurenstoffen (sekundäre bzw. tertiäre Stoffwechsel-Produkte) gingen dadurch

(teilweise) verloren, als Neu wird hier also mehr die Rückkehr zu früher Langbewährtem bezeichnet

Wirkung im Vergleich zu anderen "normalen" natürlichen Lebensmittel umstritten, z.T. nur kurzfristige oder minimale Effekte, verschiedene Nebenwirkungen möglich, die positive Effekte bei Weitem aufheben

präbiotische Lebensmittel

Lebensmittelzusätze, die selbst nicht verdaubar sind und bzw. aber die Aktivitäten von einzelnen Darmbakterien(-Arten bzw. -Stämmen) beeinflussen, Ziel ist die Erhöhung des Wohlbefindens des Nutzers

legale Irreführung der Bevölkerung

"dreisteste Werbelügen"

gekaufte / genötigte Wissenschaftler

Studien, die zwar für eine Zulassung des Lebensmittels dienen, aber nicht veröffentlicht werden (Status: "proprietary data"); wissenschaftliche Überprüfungen und Debatten sind so unmöglich



**DER GOLDENE
WINDBEUTEL**

Negativ-Preis
"Goldener Windbeutel"
für dreisteste Werbelüge
des Jahres
Q: www.foodwatch.org (foodwatch)

Goldener Windbeutel (Negativ-Preis der Verbraucherorganisation Foodwatch)

Jahr	Platz (Stimmenanteil)	Produkt	Werbeaussage Produkt-Aussage	Realität / Was wirklich (nicht) drinsteckt / Kritik / ...
2014	1. (45,8%)	Nestlé; Alete zum Trinken	vollwertige Mahlzeit für Säuglinge ab 10. Monat; reich an Calcium & Vitamin D für gesundes Knochenwachstum; praktischer Getreidebrei zum Mitnehmen erweckt Eindruck eines besonders gesunden Produktes	steht im dringenden Verdacht Karies und Überfütterung zu fördern
	2. (25,2%)	Unilever; Knorr Hühnersuppe	ohne Zusatzstoffe	Hühnerfleisch-los; nur 1% Hühner-Fett; enthält Glutamat und Hefe-Extrakt
	3. (14,6%)	Coca-Cola; Glacéau Vitaminwasser		billiges Wasser, aufgepeppt mit Aromen, Farbstoffen und (für Deutschland) überflüssigen Vitaminen; typisches Functional Food-Produkt (erfunden, um den Verbrauchern das Geld aus der Tasche zu ziehen)
	4. (11,5%)	Mondelez; Belvita Frühstückkeks	Energie für den ganzen Vormittag; mit 5 Cerealien aus dem vollen Korn; Frühstücksalternative, die gut in die moderne Lebenswelt hineinpasst	sehr hoher Zucker-Gehalt (27%); gegen 20,4% Vollkorn-Getreide (davon einige praktisch nur in Minimal-Mengen) stehen 41,5% Weizenmehl
	5. (2,9%)	Coop; Unser Nor-	aus der Region – für die Re-	Äpfel stammen nicht aus unse-

		den Bio Apfelsaft	gion	rem Norden, sondern aus der "EU-Landwirtschaft"
2013		Capri-Sonne		
2012		Hipp Instant-Früchte-Tees		
2011		Ferrero Milch-schnitte		
2010		Monte Drink		
2009	1.	Actimel		

Q: Aussagen und Daten (www.foodwatch.org/de); Ostseezeitung (2. Okt. 2014, S. 8)

Belastungen von Lebensmitteln mit gefährlichen Keimen

2011: EHEC-Verseuchung von Sprossen führte zu katastrophalen Umsatz-Einbrüchen bei Gemüse allgemein (weil eigentliche Quelle lange im Dunklen blieb)

Unsicherheit der Verbraucher, Probleme bei der Kontrolle (Zuständigkeitsgerangel)

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 verarbeiteten 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.

Unserer Nahrung können wir aus verschiedener Sicht betrachtung unterschiedliche Werte (Nahrungs-Werte) geben. Diese sind von sozialen, religiösen, weltanschaulichen Bedingungen und Umständen abhängig. Jeder Mensch legt dabei den einzelnen Werten eine unterschiedliche Rang-Folge zugrunde. Die nachfolgende Aufzählung von möglichen Werten ist einfach alphabetisch sortiert:

Wert	Inhalt, Orientierungs-Werte
•	
• Gebrauchswert, Eigenwert, Nutzwert	
• Genusswert	Einfluß auf die Gefühle (Esserlebnis, Wirkung im Körper, ...)
• Gesundheitswert	
• Nährwert	Versorgung mit Nährstoffen usw. und Energie
• ökologischer Wert	
• ökonomischer Wert	wirtschaftlicher Wert (Produktion, Handel)
• politischer Wert	
• psychologischer Wert	
• soziokultureller Wert	
•	

Die verschiedenen Werte und deren individuelle Bewertung spielt bei den Kostformen der Ernährung eine wichtige Rolle. Nährwert und Genusswert stellen sogenannte Grundwerte dar und werden auch i.A. von allen Menschen höherrangig bewertet.

Aufgaben:

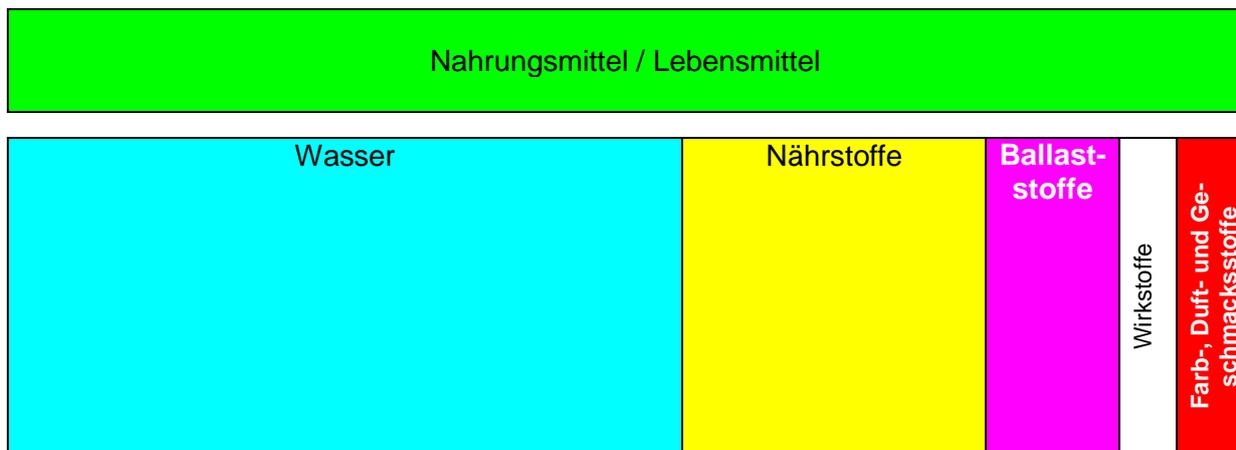
1. Ordnen Sie die Begriffe *Nahrung*, *Genußmittel*, *Nahrungsmittel*, *Lebensmittel*, *Arzneimittel* in einem *Begriffs-System* an!
2. Notieren Sie über einen Tag hinweg die *Nahrung*, die Sie zu sich nehmen!
3. Aus welchen *Quellen* kann die *menschliche Nahrung* stammen? Geben Sie jeweils zwei *Nahrungsmittel* als *Beispiele* an!
4. Erstellen Sie sich *Lern-Karten* für die *zentralen Begriffe* und *Fachwörter*! (Auch *Fremdwörter* können mit *hinzugefügt* werden!)
5. Geben Sie für die *Nahrungs-Werte* Ihre *eigene Rangfolge* an! *Begründen* Sie, warum *bestimmte Werte* bei Ihnen als *wichtiger* und *andere* als *unwichtiger* eingestuft werden!

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 annäherungsweise 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 **Schadstoffen** in den Nahrungsmitteln rechnen muß. Somit müßte man das obige Schema um eine weitere Gruppe ergänzen.

typisch:

Wasser 0 – **40** – **80** – 100%

Kohlenhydrate 0 – **55** – **70** – 100%

Fette 0 – **20** – **30** – 100%

Eiweiße 0 – **10** – **15** – 25%

Wirkstoffe < 2%

Farb-, Duft- und Geschmacks-Stoffe < 1%

Mensch besteht aus:

- 60 – 70% Wasser
- rund 20% Eiweiße (Proteine)
- rund 15% Fette (Lipide)
- rund 5% Mineralstoffe
- rund 1% Kohlenhydrate

zumindestens beim Wachstum müssen die Stoffe auch in diesen Verhältnissen zugeführt werden

im täglichen Leben werden ständig Stoffe abgegeben (Kot, Urin, Ausatem-Luft, Schweiß, ...), die durch Äquivalente ersetzt werden müssen

praktisch sieht es aber noch anders aus, da bestimmte Stoffe (z.B. Kohlenhydrate) zur Energie-Erzeugung genutzt werden, so dass diese in größeren Mengen aufgenommen werden müssen

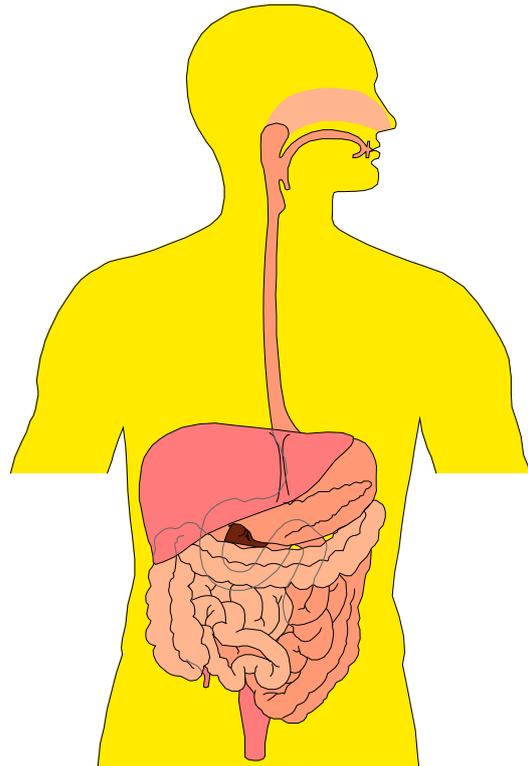
Energie- und Stoff-bedarfsdeckung (Mensch: 70 kg, Alter 25 a):

Stoffgruppe	Energie-Menge	Energie-Anteil	Masse	
Wasser	0 kJ	0 %	2.000g	
Kohlenhydrate	7.550 kJ	64 %	440 g	
Fette	2.650 kJ	23 %	70 g	
Eiweiße	1.275 kJ	11 %	75 g	
Ballaststoffe	50 kJ	2 %	5 g	
Mineralstoffe	0 kJ	0 %	3 g	
Vitamine	0 kJ	0 %	< 1 g	
Geschmacks-, Farb- u. Geruchsst.	0 kJ	0 %	< 1 g	
	11.525 kJ	100 %		

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



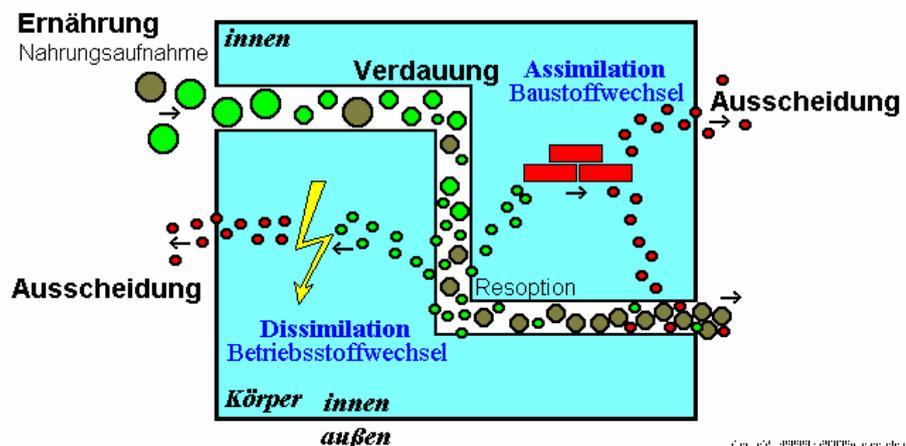
Verdauungskanal / Verdauungsorgane des Menschen

Wir zählen zur Verdauung die mechanische, chemische und biochemische (enzymatische) 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 räumlich 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 die ablaufenden Vorgänge in einem groben Schema wie nebenstehend darstellen:



©p. 2011-2012, sp. dre

Aufgaben:

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

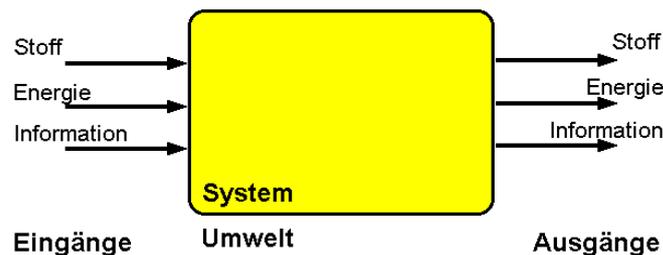
2.3. Energie-Haushalt des Menschen

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.

$$E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}} + E_{\text{elek}} + E_{\text{chem}} + E_{\text{therm}} + \dots$$

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 entsprechend 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.



© psp/psp/dre

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.

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$$

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:

$$1 \text{ cal} = 0,239 \text{ J}$$

bzw.

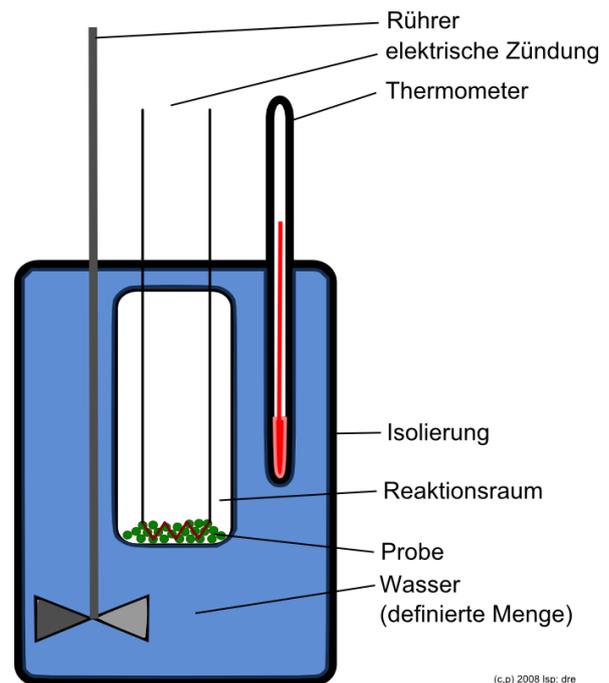
$$1 \text{ J} = 4,184 \text{ cal}$$

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]	physiologischer / biochemischer 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.

Erfassung des Energie-Haushaltes und des Energie-Wechsels

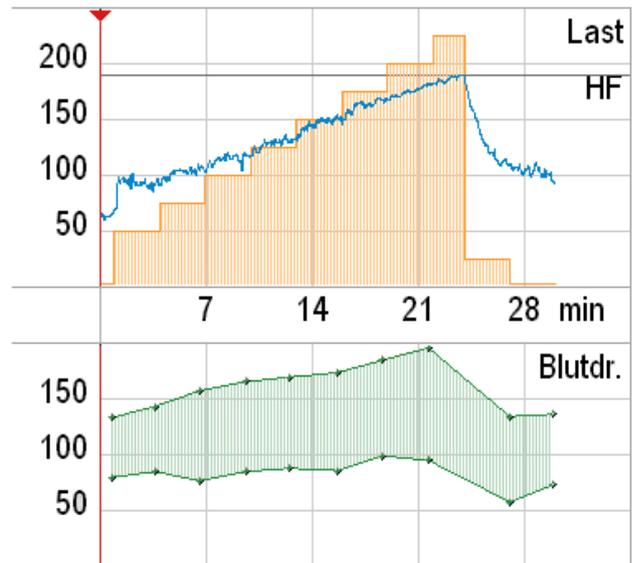
Aus der alltäglichen Erfahrung wissen wir, dass bei einer körperlichen oder psychischen Belastung unser Körper mit verschiedensten Veränderungen reagiert.

Besonders auffällig ist die Steigerung von Puls und Blutdruck. Diese sind auch relativ einfach durch Beobachtungen bzw. Messungen erfassbar.

Früher waren die Stoffwechsel-Zusammenhänge nicht völlig klar. Heute wissen wir, dass Sauerstoff und Blutzucker vom Blut in die Muskeln transportiert wird. Das dort gebildete Kohlendioxid wird dann wieder mittels Blut abgeführt und über die Lunge ausgeschieden.

Um verschiedene definierte Belastungen zu erstellen und die verschiedensten physiologischen Kenndaten aufzunehmen, nutzt man ein sogenanntes Ergometer. Vielfach wird das Fahrrad-Ergometer benutzt, bei dem die Belastung durch eine elektromagnetische Bremse am "Hinter-Rad" erzeugt wird.

Neben Puls und Blutdruck und Atemfrequenz kann auch der Sauerstoff-Verbrauch und die Kohlendioxid-Abgabe gemessen werden. Dazu muss der Proband seine Atmung über ein Mundstück mit einem Schlauch-System aufnehmen.



Typischer Verlauf von Herz-Frequenz (Puls) (blau) und Blutdruck (grün) unter Belastung (orange) (gesunder, Leistungs-fähiger Proband)
Q: de.wikipedia.org (Cupr78up)

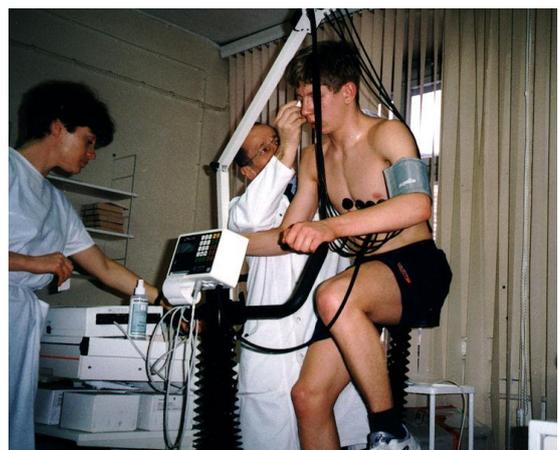
Respiratorischer Quotient

Für den Umsatz der Nährstoffe bzw. ihrer Bausteine wird Sauerstoff benötigt und Kohlendioxid abgegeben.

Zum Einen lässt sie damit die Effektivität des Stoffwechsels – und damit z.B. auch der Trainings-Zustand – einschätzen. Und zum Anderen kann teilweise erfasst werden welche Stoffe umgesetzt werden.

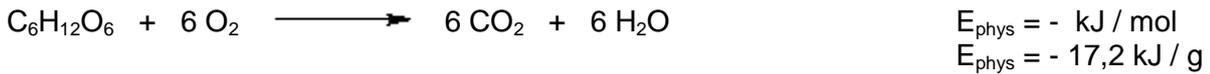
Die verschiedenen Nährstoffe bzw. ihre Bausteine benötigen unterschiedliche Mengen Sauerstoff für die energetische Umsetzung und sie bilden auch unterschiedliche Mengen Kohlendioxid.

Betrachten wir einzelne Beispiele:

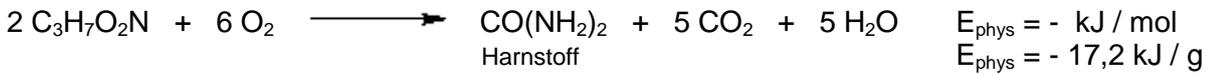


Leistungstest auf Fahrrad-Ergometer
Q: de.wikipedia.org (Karlrandthans)

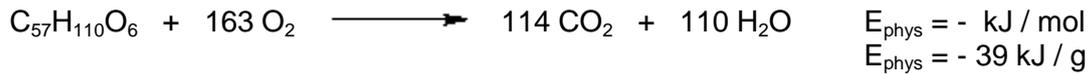
Veratmung von Glucose:



Veratmung einer Aminosäure (z.B. Alanin):



Veratmung eines Fettes (z.B. Stearinsäureglyceroltriester)



Die unterschiedlichen Sauerstoff- und Cohlendioxiid-Mengen werden zur Charakterisierung der beobachteten Stoffwechsel genutzt. Eine recht einfache Kennzahl ist der Respiratorische Quotient RQ. Er wird aus gebildetem Cohlendioxiid und verbrauchtem Sauerstoff errechnet:

$$RQ = \frac{V[\text{CO}_2]}{V[\text{O}_2]}$$

Für unsere obigen Beispiele sehen die Quotienten dann wie folgt aus:

$$RQ[\text{Glucose}] = \frac{V[\text{CO}_2]}{V[\text{O}_2]} = \frac{6}{6} = 1$$

$$RQ[\text{Alanin}] = \frac{V[\text{CO}_2]}{V[\text{O}_2]} = \frac{5}{6} = 0,83$$

$$RQ[\text{Stearinsäureglyceroltriester}] = \frac{V[\text{CO}_2]}{V[\text{O}_2]} = \frac{114}{163} = 0,7$$

Stoff	Respiratorischer Quotient (RQ)t	
Alkohol	0,67	
Glucose	1,0	
Fette	0,7	
Proteine	0,8	

Energie-Umsatz

In der Literatur werden die Begriffe Umsatz und Bedarf synonym benutzt. Dies liegt vor allem daran, dass sie praktisch den gleichen Zahlenwert repräsentieren. Unter dem Bedarf ist immer die Energie-Menge die ein System ersetzen muss. D.h. es hat diese Energie-Menge in einer bestimmten Zeit verloren oder umgesetzt. Der Umsatz beschreibt die Energie-Menge, die das System umwandelt. Bei allen Betrachtungen gehen wir davon aus, dass Energie-Abgabe oder – Verlust gleich der Energie-Zufuhr bzw. dem –Ersatz ist. Nur so lassen sich sinnvolle, reproduzierbare und allgemeingültige Aussagen machen.

Verbrauchs-Faktor	Anteil [%]	
Enzym-Aktivität	20	
Protein-Synthese	20	
Gluconeogenese (Glucose-Neubildung)	10	
Verluste von Protonen	20	
restliche Prozesse	30	

Grundumsatz (GU)

Für die normale Erhaltung aller Lebensfunktionen (wie z.B. Atmung, Kreislauf, Nerventätigkeit, Fortpflanzung, ...) benötigt jeder Organismus eine bestimmte 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
- körperlicher und geistiger Aktivität
- Körperzustand (Krankheiten, Schlaf, Streß, ...)
- Erregungszustand
- ...

abhängig.

Wenn vom Grundumsatz gesprochen wird, dann wird oft auch der **Erhaltungs-Umsatz** (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 Kohlendioxid ermittelt wird. Daraus läßt sich dann - unabhängig von den Nährstoffen - die umgesetzte Energiemenge berechnen.

Eine exakte Definition des Grundumsatzes wird oft folgendermaßen vorgenommen: Der **Grund-Umsatz** ist diejenige Energiemenge, die der Körper pro Tag bei völliger Ruhe, bei einer Umgebungstemperatur von 28 °C und 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 [KM]).

Beim Erhaltungs-Umsatz 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 Energie-Umsatz 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

In der Ernährungslehre hält sich nach wie vor die Einheit cal (Kalorie). Sie ist eigentlich Weltweit schon seit 1978 durch die SI-Einheit J (Joule; sprich: dschuhl) abgelöst. Das système International d'unités (SI) ist ein Regelwerk zur Standardisierung von naturwissenschaftlichen Größen. Selbst im schwerfälligen Ernährungs-Bereich gilt die Einheit Joule seit 1990 (EU-Richtlinie). Eine Kalorie war mal als die Wärme-Menge definiert, die benötigt wird, um 1 g Wasser von 14,5 auf 15,5 °C zu erwärmen (ganz ursprünglich von 0 auf 1°C).

Die Einheit Joule wurde nach James Prescott JOULE (1818 – 1889) benannt, wobei sich der Name - ähnlich wie bei Celsius – in unserer Alltagssprache verselbstständigt hat. Das Joule ist eine zusammengesetzte Einheit aus den Basis-SI-Größen: Masse [kg], Länge [m] und Zeit [s].

Eine Kalorie entspricht genau 4,1868 Joule. In der Ernährungswissenschaft hat man sich auf den Umrechnungs-Faktor 4,182 geeinigt. Koordinierende Instanz ist das IUNS (Internationale Union für Ernährungswissenschaften). In der Praxis reicht die Umrechnung mit 4,2 oder beim größeren Überschlagen die Multiplikation mit 4.

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

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kJ / min} &= 60 \text{ kJ / h} \\
 1 \text{ kJ / h} &= 24 \text{ kJ / d} \\
 1 \text{ kJ / min} &= 60 \text{ kJ / h} = 1440 \text{ kJ / d} \\
 \\
 1 \text{ kJ / d} &= 0,0417 \text{ kJ / h} \\
 1 \text{ kJ / h} &= 0,017 \text{ kJ / min} \\
 1 \text{ kJ / d} &= 0,0417 \text{ kJ / h} = 0,000695 \text{ kJ / min}
 \end{aligned}$$

Vielfach wird auch noch der Minimal-Umsatz definiert. Bei ihm handelt es sich um die Energiemenge, die gerade so ausreicht um die elementaren Lebens-Funktionen aufrecht zu erhalten und keine (krankhaften) Mangel-Erscheinungen hervortreten zu lassen.

Leistungs-Umsatz (LU)

In die Definition und die Bestimmung des Grund-Umsatz sind nur wenige – elementar notwendige Tätigkeiten – eingeschlossen. Jede weitere Tätigkeit verursacht laut Definition zusätzlichen Umsatz an Energie. Sie werden als Leistungs-Umsatz betrachtet.

Am Einfachsten lässt sich der aktuelle Leistungs-Umsatz ermitteln, wenn man den Gesamt-Umsatz (GesU) misst und dann den Grundumsatz davon abzieht.

$$\text{LU} = \text{GesU} - \text{GU}$$

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

$$\text{GesU} = \text{GU} + \text{LU}$$

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 Kohlendioxid-Bildung gemessen. In der medizinischen und sportmedizinischen Forschung benutzt man zu meist 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 Proband atmet über Schläuche ein und aus. Die Luft wird analysiert und der Sauerstoff-Verbrauch und die Cohlendioxiid-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:

$$\text{GesU} = \text{GU} + \text{AU} + \text{FU} \quad [\text{kJ} / \text{d}]$$

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 aber bisher nicht nachgewiesen werden.

Auch für das theoretisch sehr einprägsame und eingängige Beispiel des kalten Wassers gilt dies nur beschränkt. Dabei nimmt ein Esser kaltes Wasser zu sich. Im Magen-Darm-Kanal wird nun das Wasser auf Körperinnen-Temperatur erwärmt. Logischerweise wird dazu Wärme aus dem Körper genutzt. Damit der Körper nun seine eigentliche Körperinnen-Temperatur beibehalten kann, muß er mehr Wärme produzieren. Das kalte Wasser hat also im Gegensatz zu anderen (Energie-liefernden) Nährstoffen Energie verbraucht.

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). Wir produzieren ständig mehr Wärme, als unser Körper wirklich braucht. Diese wird über die Haut und die Ausatem-Luft abgegeben. Im Fall des kalten Wassers wird dieses als Kühlmittel genutzt und die Kühlung über die Haut wird geringer (weniger Transpiration).

Gesamt-Energie-Bedarf (GEB)

Gesamt-Energie-Bedarf = Ruhe-Energie-Bedarf + Erhaltungs-Bedarf + Leistungs-Bedarf

$$\mathbf{GEB = REB + EB + LB}$$

Ruhe-Energie-Bedarf (REB)

um 5 – 15 % größer als Grund-Umsatz (Energie, um die metabolischen Funktionen aufrecht zu erhalten)

50 % werden von Gehirn, Leber und Nieren verbraucht (obwohl diese Organe nur 5 – 6 % des Körper-Gewichtes ausmachen)

Erhaltungs-Bedarf (EB)

Energie-Menge, die für Nahrungs-Aufnahme, verdauung, Resorption und Gewebe-Regeneration notwendig ist

Leistungs-Bedarf LB)

Energie-Menge, die bei körperlicher Aktivität oder anderen physiologischen Leistungen (Wachstum, Schwangerschaft, ...) gebraucht / verbraucht wird

Berechnung für GEB nach WHO aus Körper-Masse (KM in kg), Körperhöhe (KH in cm) und Lebensalter (LA in a)

für Männer:

$$GEB = 10 \cdot KM + 6,25 \cdot KH - 5 \cdot LA + 5$$

für Frauen:

$$GEB = 10 \cdot KM + 6,25 \cdot KH - 5 \cdot LA - 161$$

Energie-Bilanz (EB)

$$EB = E_{zu} - E_{ab} = \text{Energiezufuhr} - \text{Energiebedarf}$$

langfristig ist eine positive Energie-Bilanz (Zufuhr > Bedarf) zu vermeiden, da sie zu Übergewicht führt

Aufgaben:

1. Bestimmen Sie die Umrechnungszahlen!

ges. geg.	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							
kcal / d							
kcal / h							
cal / min							
cal / s							

2. Welche Größen mit welchen Einheiten sind im SI-System exakt definiert? Warum ist dies eigentlich überhaupt notwendig gewesen?
3. Welche anderen Einheiten-Systeme gibt es noch? Welche Größen mit welchen Einheiten sind in ihnen definiert?

Nährstoff-Dichte

Zur Charakterisierung von Lebensmittel nutzt man u.a. die sogenannte Nährstoff-Dichte. Sie besagt, in welchem Verhältnis der auserwählte Nährstoff (und hier sind alle ernährungsphysiologischen Stoffe gemeint) zur mit der Nahrung aufgenommenen Energie steht.

In unserer Über-Angebots-Gesellschaft ist Gang und Gäbe, dass zu viel Energie aufgenommen wird. Eine Reduktion der Nahrungs-Menge ist aber mit der Gefahr verbunden, dass nun zu wenig von dem Nährstoff aufgenommen wird.

Aufgaben:

1. Berechnen Sie die Nährstoff-Dichte der folgenden Lebensmittel(-Proben)!

a)

b)

c) Pommes frites

d)

e)

f)

g)

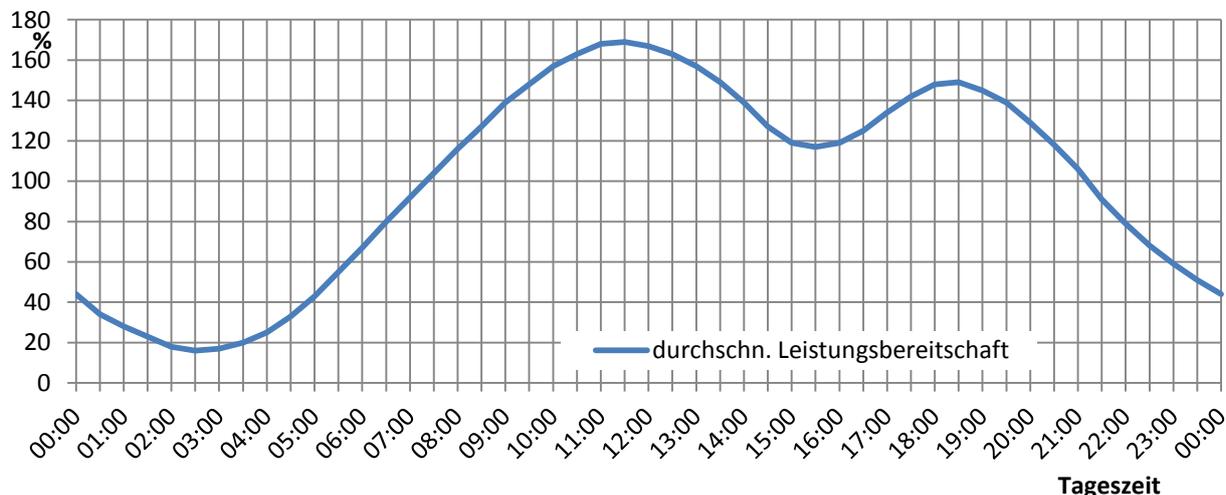
h)

2. Warum sind die Werte für die Proben c), d) und f) aus Aufgabe 1 eigentlich gleich groß?

Grundsätzlich wird auf eine hohe Nährstoff-Dichte orientiert. Dadurch sind kleine Nahrungsaufnahmen möglich und das bei weiterhin ausreichender Nährstoff-Versorgung. Besonders für im Mangel vorkommende Nährstoffe, wie Vitamine oder Mineralstoffe, werden genau(er) verfolgt.

Aufgrund der aktuellen Ernährungs-Probleme nimmt man die Fette und z.B. das Natrium (Na⁺) hiervon aus. Von diesen wünscht man sich derzeit eher kleinere Nährstoff-Dichten in den Lebensmitteln.

2.3.2. Leistung und Energie-Bedarf des Menschen



Tages-Leistungs-Kurve
durchschnittliche Leistungs-Fähigkeit des Menschen im Tages-Verlauf

Die obige Kurve ist aus verschiedenen Quellen rekonstruiert. Echtes Zahlen-Material wird in der populären Literatur gemieden, wie das Weih-Wasser durch den Teufel.

Im Allgemeinen lassen sich aber bestimmte – typische oder allgemeingültige – Kurven-Abschnitte und –Interpretationen angeben.

Sehr typisch ist die ausgeprägte Ruhephase von (spät)abends bis morgens früh. Das Leistungs-Tief gegen 2:00 bis 3:00 Uhr ist ziemlich gesichert. Es wird auch durch die Häufung von Unfällen und Havarien mit maßgeblich menschlichen Fehler-Ursachen gestützt (tatsächlich echte Werte!!!).

Nach der Ruhe-Phase folgt eine Anlauf-Phase und ein erstes Leistungs-Maximum. Es folgt nun schwangsläufig ein (lokales, temporäres) Leistungs-Minimum. In der Folge treten weitere Maxima und Minima auf. Zum "Schluß" folgt der Übergang in die große nächtliche Erholungs-Phase.

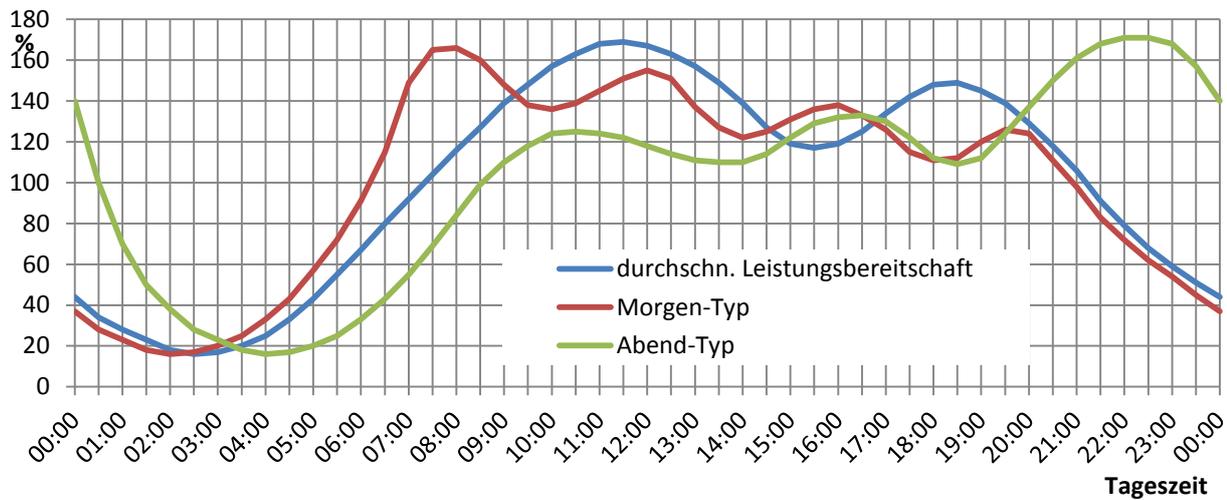
Wie stark die Manipulationen in der Literatur und im Internet sind, soll an der folgenden Kritik leicht zu findender Diagramme gezeigt werden.

Da tauchen zum Einen Diagramme auf, die auf der y-Achse überhaupt keine Skalierung angeben. Da wäre es bei einem geeigneten Streckungs-Faktor auch möglich eine 100%-Gerade mit minimalsten Abweichungen reinzuinterpretieren. Aber es würden natürlich auch realistische Leistungswerte und deren Schwankungen denkbar sein.

Wieder andere Diagramme offenbaren ihre Unzulänglichkeiten in nichtbeachteten einfachen mathematischen Zusammenhängen. Ein Durchschnitt (z.B. also 100%) ist so angelegt, dass sich die Abweichungen gegeneinander aufheben. Im Diagramm würde das bedeuten, dass sich die Fläche über dem 100%-Schnitt mit dem unter der (Fehl-)Fläche unter eben dieser Linie ausgleichen muss!

Noch dreister sind die Angaben für die angeblichen Morgen- und Abend-Typen. Man mag ja die Einzel-Kurven glauben. Aber zumindestens müssen sie sich irgendwie kombinieren lassen, das zumindestens der Anschein eines Durchschnitts-Typen sichtbar wird. Das wird aber in keinem Fall was, weil sich das Maxima bei rund 16:00 und das Minimum gegen 18:00 Uhr bei jeder zahlenmäßigen Kombination der Typen manifestieren und niemals die entgegengesetzten

Extrema in der Durchschnitts-Kurve genau zu diesen Zeiten ergeben können. Da müsste der Großteil der Menschen genau ein anderer oder zu einer Vielzahl anderer Typen gehören. Dann wäre es aber sehr wissenschaftliche auch genau diese zu erwähnen.



2.4. Ernährung und Sinne

Beim Essen werden alle Sinne angesprochen. Hier sind besonders der Tastsinn, der Sehsinn, der Temperatursinn und natürlich Geschmacks- und Geruchssinn zu nennen. Wir betasten unsere Nahrung mit den Händen, den Lippen, der Zunge und dem Gaumen in der Mundhöhle.

Aber auch die Geräusche beim Abbeißen oder das heiße Knistern von Fett beeinflussen unser Essverhalten. Somit gehört auch der akustische Sinn (Hörsinn) zu den angesprochenen Sinnen beim Essen. Zum Schluß sei auch der Schmerzsinne erwähnt, der bei zu großen Abweichungen vom "Normalen" aktiviert wird. Das ist z.B. der Fall, wenn sehr scharfes Essen (Chili, ...) oder extrem heißes gegessen wurde.

Die Wärme oder die Kälte betonen den Geschmack vieler Speisen. Ein lauwarmes, zu heißes oder zu kaltes Essen wird oft als unangenehm empfunden.

Mit den Augen nehmen wir nicht nur die Nahrung an sich wahr, sondern unser Appetit wird durch ein ansprechendes Angebot und eine passende Garnierung noch zusätzlich gesteigert.

Der dominierende Farbton einer Speise beeinflusst ganz entscheidend unseren Appetit. Das geht von der Ablehnung (Aversion) von blauen Lebensmitteln bis zur Suggestion von bestimmten Geschmäckern zu Farben. Grün und braun wird allgemein mit würzig und bitter assoziiert. Dagegen bringen wir gelbe, orange und rote Lebensmittel eher mit einem süßen Geschmack in Zusammenhang. Farben dominieren häufig über den Geschmack. So kommt es sehr häufig vor, dass Personen einen rot angefärbten Apfelsaft sofort mit z.B. Kirschen oder Beeren verbinden. Das klappt auch sehr gut mit "falschen" Gummi- bzw. Gelee-Bären aus entsprechenden Läden oder Internet-Portalen. Ein saures Zitronen-gelbes Bärchen schmeckt eben nach Zitrone oder einer anderen gelben Frucht, aber nicht nach dem sauren Birnensaft, aus dem es hergestellt wurde. Erst wenn man die optischen Reize vermeidet, z.B. durch Augenklappen, dann werden die Aromen "richtig" empfunden.

Von herausragender Bedeutung für unsere Ernährung sind aber sicher unbestritten der Geruchs- und Geschmackssinn – unsere chemischen Sinne.

Grundsätzlich kann man beim Menschen auch zwischen den direkten sensorischen Empfindungen (Empfindungen 1. Ordnung) und indirekten Empfindungen (Empfindungen 2. Ordnung) unterscheiden. Während die direkten Empfindungen auch im unbewußtem Zustand – also z.B. auch im Koma – funktionieren, setzen die Empfindungen 2. Ordnung eine bewußte Wahrnehmung voraus. Das heißt aber wiederum nicht, dass diese Empfindungen vollständig durch den Menschen steuerbar sind. Vielmehr beschreiben wir mit diesen Empfindungen z.B. allgemein euphorische oder depressive aber auch breuhigende oder aufregende Gefühls-Lagen. Diese Gefühle sind selten hundertprozentig wiederholbar da sie von Unmengen verschiedenster anderer Bedingungen und Zustände abhängen. So empfinden wir anders, wenn wir uns gesund fühlen, wenn wir entspannt oder z.B. in sexueller Erregung. Bei Frauen sind auch Veränderungen des Geschmacks und des Geruchs im Verlauf ihres Zyklus bekannt und die sprichwörtlichen Geschmacks-Verirrungen während der Frühphase einer Schwangerschaft sind ebenfalls vielfach dokumentiert.

2.4.1. Geschmacks-Sinn

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.

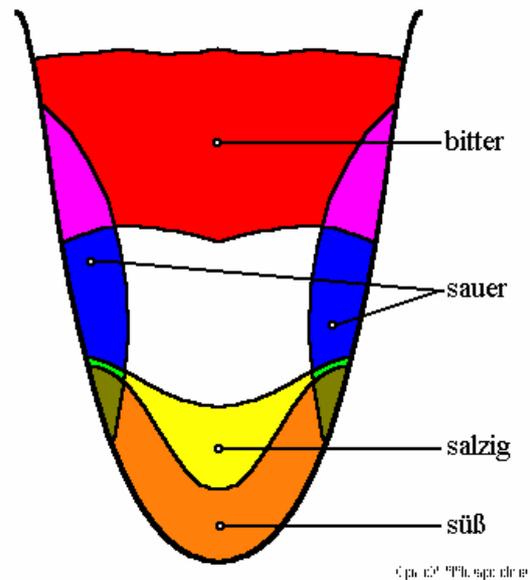
Eine Geschmacks-Sinneszelle reagiert immer nur auf einen bestimmten passenden Stoff. Die Erkennungsteile der Sinneszellen sind dabei so geformt, dass das Geschmacks-Molekül genau hinein passt. Sie verhalten sich wie Schlüssel und Schloß. Lagert sich ein passendes Molekül an einer Sinneszelle an, dann 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 weiss 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 **umami** (schmeckt wie Glutamat; allg. Geschmacks-verstärkend; "Geschmack aus dem China-Restaurant") und **Glycyrrhizin** (schmeckt wie Lakritze) eindeutig nachweisen. Aktuell wird über eine weitere Geschmacks-Richtung diskutiert: **fettig**. Dabei wird dieser Geschmacks-Eindruck nicht sehr bewußt. Unbewußt bekommen wir über die enthaltenen Fett-löslichen Geschmacks- und Geruchs-Stoffe wohl ziemlich genaue Informationen über den Fett-Gehalt einer Nahrung. Fast jeder hat den Effekt schon mal beobachtet. Wenn man sich eine Scheibe Light-Käse (rund 20 % Fett i.T.) aufs Brot legt, dann schmeckt das nicht nach ihm und nicht nach ihr. Erst mit einer zweiten Scheibe obendrauf kommt man dem "erwarteten" Geschmacks-Erlebnis (von den üblichen 30 - 45 %) etwas näher. Das Funktionieren von Diäten nach ATKINS sind weitere Hinweise. Ein eindeutiger Nachweis ist beim Menschen noch nicht gelungen (wohl aber bei Ratten).

Bei den "Geschmäckern" **alkalisch** und **metallisch** sind die Forschungen noch am Anfang. Bekanntlich sind Geschmäcker sehr verschieden. Diese Volksweisheit hat auch in der Ernährungslehre viele Entsprechungen. Die wahrnehmbaren Geschmäcker sind bei den Menschen sowohl qualitativ als auch quantitativ sehr verschieden.

Der Stoff Methylmannopyranosid wird 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 (Phenylthioharnstoff ... PTH), der von einigen Menschen als bitter geschmeckt wird, während andere ihn überhaupt nicht wahrnehmen können. Die unterschiedliche Wahrnehmbarkeit von einzelnen Geschmacksstoffen scheint sich aber auf den Bereich der Bitterstoffe zu beschränken.

Alle anderen scheinbar wahrgenommenen "Geschmäcker" sind in Wirklichkeit ("nur") Gerüche, die durch die Nase wahrgenommen werden. Der Geruch einer Nahrung entsteht durch die flüchtigen (abgespalteten, verdunsteten) 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 Schlucken (es entsteht ein Unterdruck, der den



Quelle: "Physiologie"

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. Es ist einfach nur fande. Da durch die verstopfte Nase keine Aromen, Düfte usw. aufgenommen werden können, wird der Appetit kaum 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." Die Geschmacks-Präferenz für "süß" ist angeboren und Welt-weit bei allen Menschen vorhanden.

Aufgaben:

- 1. Erstellen Sie mit Hilfe des Kursleiters ein Lernsystem auf Karteikarten zum Thema: 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/Funktionen an!*

2.4.2. Geruchs-Sinn

Mensch kann rund 10.000 verschiedene Gerüche unterscheiden, praktisch weniger, weil nicht trainiert bzw. benutzt

Lebensmittel enthalten Vielzahl von Duft- oder Geruchs-Stoffen

diverse Stoffe werden nur unbe-
wußt wahrgenommen - riechen
scheinbar nicht → z.B. Pheromone

Pheromone dienen der Kommunikation innerhalb der Art

Begriff Pheromon kommt von pherein (griech. überbringen, übermitteln) und hormon (griech. bewegen)

Lebensmittel	ungefähre Zahl der Geruchsstoffe	
Bier	250	
Erdnuss	300	
Kakao	500	
Röst-Kaffee	600	
Weißbrot	200	

Hedonik ist die Wissenschaft, die sich mit der emotionalen Wirkung von Geruchsstoffen beschäftigt (Geruchs-Eindruck)

Bewertung in relativer Skala von äußerst unangenehm bis äußerst angenehm

Geruchs-Richtungen, Primärdüfte, Geruchsklassen; Leitdüfte nach AMOORE (1952)

Geruchs-Klasse Leit-Düfte	Beschreibung	(typische) / (Beispiel-) Substanz
blumig	Rosen	Phenylethylmethylethylcarbinol
ätherisch	Birnen	Ethylendichlorid
mochusartig		Hydroxypentadecansäurelacton
campherartig	Mottenpulver	Campher
minzig		Menton
faulig	faule Eier	Butylmercaptan, Schwefelwasserstoff
stechend		Ameisensäure / Methansäure

bei steigender Intensität des Geruchsstoff kann sich die Riech-Empfindung verändern; ev. riecht der Stoff dann anders (z.T. entgegengesetzt)

Geruchsstärke

Einheit Olf (lat.: **olfactus** = Gruchssinn), auch O. benutzt

subjektiv; von geschulten Testern (Riecher-Kollektiv) ermittelt

1 Olf geht von einer normalen Person aus, die eine Hautoberfläche von 1,8 m² besitzt und bei täglicher Wäschewechsel 0,7x pro Tag duscht.

Objekt, Material	typische Geruchs-Emission [Olf]	
Marmor	0,01 / m ²	
Teppich (Wolle)	0,2 / m ²	
PVC / Linoleum	0,2 / m ²	
Teppich (Kunstfaser)	0,4 / m ²	
Gummi-Dichtung	0,6 / m ²	
Person, sitzend	1	
Kind (12 Jahre alt)	2	
Raucher (normal)	5	
Raucher (dauernd)	25	
Athlet (nach dem Sport)	30	

Daten-Q:

da die Geruchsstärke stark vom Luftstrom abhängig ist, wird häufig mit dezipol gearbeitet; 1 dezipol ist ein Olf in einem Luftstrom von 10 l / s

Die Einheit Pol kommt vom lat. pollutio = Verschmutzung

eine weitere Intensitäts-Größe ist die "europäische Geruchs-Einheit"

Abkürzung GE_E europäische Geruchs-Einheit pro Kubikmeter [Luft]; scheinbar wird auch die Abkürzung uo_E verwendet

auch hier ist der Mensch bzw. eine repräsentative Menschen-Gruppe die "Eich"-Grundlage

1 GE_E ist dann vorhanden, wenn 50 % einer trainierten Personen-Gruppe den Geruch zielgerichtet erkennt

als Beispiel nehmen wir mal an, von einem Stoff befinden sich 6 Mrd. Moleküle in einem Kubikmeter Luft, wenn nun alle Tester den Geruch erkennen, dann wird verdünnt. Nun sei die Verdünnung so erfolgt, dass nur noch ein Zehntel der Ursprungs-Menge in einem Kubikmeter Luft enthalten ist (also 0,6 Mrd. / m³).

böse Frage (zwischen durch):

Welches Volumen der unverdünnten Luft (1 m³) muss man z.B. auf ein Kubikmeter erweitern (verdünnen), damit man den zehnten Teil der Konzentration erhält? Geben Sie das Ergebnis in Litern an!

Wenn die Tester jetzt immer noch alle den gesuchten Stoff erriechen, dann wird weiter mit der Verdünnung fortgesetzt. Finden nun (nach der weiteren Verdünnung auf z.B. 0,06 Mrd. / m³) nur noch die Hälfte der Tester den Stoff heraus, dann haben wir die Menge für eine europäische Geruchs-Einheit gefunden. Bei allgemeinen Gerüchen wird man aber nicht immer die genaue Zahl der Teilchen wissen können, sondern hier helfen dann nur direkte Vergleiche mit Testern.

Mit modernen Meßgeräten – wie Gas-Chromatographen – kann man zumindestens für Einzel-Substanzen die Menge in bestimmten Volumina bestimmen. Da aber viele empfundene Gerüche nicht nur auf einer Art Substanz beruhen, können die ermittelten Mengen nur als Richtwerte genutzt werden.

die Ausbreitung von Gerüchen erfolgt nicht linear. D.h. wenn man in einem Abstand von zehn Metern 12 GE_E ermittelt, dann sind es in einem Abstand von zwanzig Metern nicht 6 GE_E.

STEVEN'S-Gesetz / STEVENSche Potenz-Funktion

$$I = k \cdot c^n$$

$$\log I = \log k + n \cdot \log c$$

- I* .. Intensität (des Geruches)
- k* .. Differenzierungs-Konstante
- n* .. spezifischer Exponent / Faktor (für die meisten Sinne < 1,0; bei Schmerz und Längen-Empfindung > 1,0); auch: modalitätsspezifische Potenz
- c* .. Konzentration

WEBERScher Bruch

$$k = \frac{\Delta c}{c}$$

- c* .. Konzentration (auch allg. R für Reiz-Stärke)
- Δc .. Konzentrations-Unterschied, der als solcher wahrgenommen kann

der Webersche Bruch / Faktor sagt es über die Wahrnehmbarkeit von Reiz-Unterschieden in Abhängigkeit von der Reiz-Stärke aus

z.B. beim Tast-Sinn beträgt *k* 0,03

d.h. es bedarf einer 3 %igen Veränderung des Reizes, damit man einen Unterschied merkt beim Gewicht-Empfinden gilt *k* mit 0,02

z.B. wiegt ein Probe-Stück 100 g; erst ein Stück mit 102 g bzw. 98 g würde als ein schwereres bzw. leichteres empfunden werden

bei chemischen Sinnen liegt *k* bei 0,1 bis 0,2

für den Licht-Sinn wird *k* mit 0,01 bis 0,02 angegeben

FECHNERS-Gesetz

$$EI = k \cdot \log c + f$$

- EI* .. Erlebnis-Intensität
- c* .. Konzentration (auch allg. R für Reiz-Stärke)
- k* ..
- f* ..

Außerdem kann sich das sogenannte Lust-Empfinden eines Geruches mit der Menge stark ändern. Während vielleicht 4 GE_E Rosen-Duft als angenehm empfunden wird, könnten 20 GE_E als sehr unangenehm riechend wahrgenommen werden.

Den Effekt kennt der Eine oder Andere z.B. aus öffentlichen Verkehrsmitteln, wenn dann eine stark parfümierte Person zusteigt.

Ersatzweise nutzt man auch eine einfache stufige Skala zur Bewertung von Geruchs-Intensitäten.

Geruchs-Stärke	Intensitäts-Stufe
nicht erkennbar	0
sehr schwach	1
schwach	2
ausgeprägt	3
stark	4
sehr stark	5
extrem stark	6

2.4.1. Sensorik

Beispiele für Prüfungsmerkmale

Aussehen

Farbe

Geruch

Geschmack

Mundgefühl:

- Adstringenz (adstringierend = zusammenziehend)
- Schärfe / Brand
- Temperatur-Gefühl
- Festigkeit / Konsistenz
- Textur (Struktur)
- Schmelzfähigkeit
- Krümligkeit
- Kau-, Muskel- und Gelenk-Bewegungen
- Bißgeräusche

Partikel 3 – 8 µm werden als pudrig empfunden, größer als sandig
0,1 – 3 µm als cremig, darunter als wässrig

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 mit aufgesetzter Nasenklammer richtig erkannt? (Angabe in Prozent!)
- Wieviele Früchte wurden ohne aufgesetzte Nasenklammer richtig erkannt? (Angabe in Prozent!)
- Vergleichen Sie die Ergebnisse!

Wie wird das schmecken?

Materialien / Geräte:

Probierbecher (Schnapsgläser, Reagenzgläser od.ä.); Lebensmittelfarben; Geschmacksstoffe, Aromen, ...

Durchführung / Ablauf:

- immer 2 Schüler bilden eine Experimentiergruppe, einer bereitet die Lösungen vor, der andere probiert
- es werden für jede Farbe zwei unterschiedlich konzentrierte Lösungen hergestellt (→ unterschiedliche Farbintensitäten)
- kombinieren Sie die Farblösungen nun mit unterschiedlichen Geschmacksstoffen und Intensitäten (optimalerweise auswürfeln!); dokumentieren Sie Farbe, Intensität und zugesetzte Geschmacksstoffe (sehr gut ist auch der Tausch zwischen zwei Gruppen)
- in die Probiergefäße abfüllen und verdecken (z.B. hinter schwarzem Papier)
- nun dem Probanden die einzelnen Lösungen zeigen und die Geschmacks-Erwartungen notieren
- dann die Lösungen probieren lassen und notieren, wie sie schmecken und wie stark die (eventuelle) Abweichung empfunden wird
- besorgen Sie sich die Beobachtungen (zu den Erwartungen) von den anderen Arbeitsgruppen
- wenn die gleichen Stamm-Lösungen für alle Probanden verwendet wurden, dann können auch die restlichen Beobachtungen zur Auswertung benutzt werden

Auswertung / Ergebnisse:

- Welchen Geschmack, welche Geschmäcker wurden bei der Lösung erwartet?
- Wie genau wurde der Geschmack erkannt?
- Wie stark werden die Abweichungen beschrieben?

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	
...	
x	

- anschließend Sie eine gemeinsame Auswertungstabelle für alle Arbeitsgruppen erstellt

Stärke der Lösung	entspricht Probe	Geschmack				
		Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3	...	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 entwicklungs-geschichtlich 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 überlebens-wichtige Grundbedürfnisse. ..." /14/

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

Hunger und Durst beziehen sich im Allgemeinen auf unseren mengenmäßigen (quantitativen) Bedarf. Unserem Körper wird angezeigt (Trieb, 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. Hunger und Durst dienen letztendlich dazu, den Organismus zu zwingen, feste oder flüssige Nahrung aufzunehmen, um die vorhandenen (aktuellen) Defizite auszugleichen.

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 meist ständig zwischen Kohlenhydrat-reicher (euphorisierend, anregend) und Eiweiß-reicher Speise (eher deprimierend).

Jeder kennt den Appetit auf Schokolade od.ä. Dieser Heißhunger kann schon durch wenige Stücke gestillt werden. Der Körper-eigene Bedarf ist meist schnell gedeckt. Da das Angebot im Allgemeinen aber größer ist, wird es dann doch wesentlich mehr. Ohne das man sich versieht, ist die Tafel alle. Das hat dann aber nicht's mehr mit Appetit zu tun, sondern hier wirken bestimmte Stoffe (z.B. Theobromin) anregend. Und wer will sich in unserer Lust-betonten Welt schon so etwas entgegen lassen.

Der Appetit ist im Allgemeinen unabhängig vom Hunger (auch wenn er praktisch meist mit im verbunden ist). Unser Appetit wird vom Gehirn gesteuert.

Wenn man versucht den Hunger wissenschaftlich zu fassen und zu erklären, dann stoßen wir auf ein Problem. Wann hat man genau vielviel Hunger? Das lässt sich gar nicht so einfach festlegen. Wir kennen alle den Hunger kurz vor den Mahlzeiten. Dieser Hunger ist eher gewohnheitsmäßig da (Gewohnheitshunger). Müssen wir dann doch weiterarbeiten oder sind anderweitig beschäftigt oder abgelenkt, dann ist der "Hunger" weg. Richtigen Hunger (echter Hunger, Tages-Hunger) hat man erst nach ungefähr 24 Stunden ohne Nahrungs-Aufnahme. So etwas haben die meisten Mittel-Europäer oder Bewohner der Industriestaaten wahrscheinlich seit ihrer Säuglings-Zeit nicht mehr erlebt. Da hatten wir noch Hunger und haben es unserer Mutter laut und deutlich angezeigt.

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 (- dem Hunger -) entgegengesetzte Sättigungsgefühl (**Magenfüllstands-Theorie**). Verschiedene Untersuchungen und Erkenntnisse aus anderen Wissenschaften stützen diese These. In unseren wilden Zeiten (vor rund 2 Mill. Jahren) war Nahrung immer ein Mangel. Dafür hatten wir reichlich Bewegung. Stand dann einmal Nahrung zur Verfügung oder kam man an welcher vorbei, dann wurde sie gegessen und der Magen bis zum Anschlag gefüllt. An dieser prinzipiellen Situation hat sich für die meisten Menschen bis ins Industrie-Zeitalter nichts wesentliches geändert. Nur ein kleiner Teil der Bevölkerung war damit ausreichenden und qualitativ hochwertigen Nahrungsmitteln versorgt.

Bei den "normalen" Menschen musste die Nahrungs-Aufnahme dann für einen oder mehrere Tage reichen. 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. Gleichzeitig steht aber auch relativ viel Nahrung bereit. Es besteht praktisch ein Überfluß. Unser Urtrieb sagt uns aber 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. Besonders

Fette und Kohlenhydrate – die wichtigsten Energie-Lieferanten sind in ihnen im Überfluß enthalten. Eiweiße und Ballaststoffe fehlen dagegen. Die hochkonzentrierte Fett- und Zuckerkhaltige Nahrung ist im Nu verdaut. 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 die Magenfüllstands-Theorie spricht, dass auch Personen einen Hunger verspüren, denen der Magen entfernt wurde.

Moderne Erkenntnisse über Hormon Ghrelin (Growth Hormone Release Inducing; "Wachstumshormon-Freisetzungsauslöser") könnten die Verbindung zwischen der Magen- und einer Gehirn-Steuerung des Hungers herstellen (**Ghrelin-Steuerung des Hungers**). Ghrelin wird in der Magenschleimhaut und in der Bauchspeicheldrüse gebildet. Es ist ein kleines Protein (Eiweiß, Peptid-Hormon), welches ins Blut abgegeben wird und so zu den zu steuernden Organen gelangt. Wie der unabgekürzte Name es schon ausdrückt, regt das Hormon viele andere Hormondrüsen und auch einige innere Organe an. Im Gehirn (Hypothalamus) bewirkt es die Herausbildung des Appetit-Gefühls (orexigene Wirkung). Weiterhin wirkt es antidepressiv, Leistungssteigernd und erhöht die Merk-Fähigkeit. Je höher der Ghrelin-Spiegel im Blut ist, umso größer ist die Freisetzung anderer Wachstumshormone (Somatotropin in der Hypophyse) und auch die Nahrungsaufnahme. In Mangel-Phasen (z.B. Fasten) steigt der Ghrelin-Spiegel, der wiederum ein Hunger-Gefühl erzeugt. Nach dem Essen verringert sich Ghrelin-Wert im Blut und das Hunger-Gefühl wird reduziert.

Vorstufe wird im Hypothalamus und in der Hypophyse – also ganz zentral im Gehirn – durch Abspaltung einiger Aminosäuren (Bausteine der Proteine)

wirkt wahrscheinlich bei der Entstehung von Fettleibigkeit (Adipositas) mit Schlafmangel (bei Schlecht- oder Kurz-Schläfern) erhöht ebenfalls die Ghrelin-Menge im Blut, ev. an der Ausbildung der Alkohol-Abhängigkeit beteiligt

Interessant ist, dass bei der Bildung (Aktivierung) des Ghrelins aus dem Prepro-Ghrelin sein eigener Gegenspieler (Antagonist) gleich mitgebildet wird. Dieses Molekül ist ebenfalls ein Peptid-Hormon und heißt Obestatin. Es verzögert durch Verschließen des Magen-Pfortners die Entleerung des Magens in den nachfolgenden Darm und die Muskel-Bewegung (Peristaltik) des Zwölffingerdarms. Ein weiterer Gegenspieler zum Ghrelin ist das Hormon Leptin, welches in Fett-Zellen gebildet wird. Je mehr Fett in den Zellen eingelagert ist, umso größer wird der Leptin-Spiegel im Blut. Leptin wirkt wiederum reduzierend auf die Ausschüttung von Wachstumshormonen in der Hypophyse. Das Leptin fungiert insgesamt als längerfristig und leicht zeitverzögert wirkendes Hormon, dessen grundlegende Funktion wahrscheinlich ein Verhindern einer Unterernährung ist. Besonders der Abfall des Leptin-Spiegels wirkt sich aus. Und das vor allem über den Anstieg des Hunger-Gefühls (anorexigene Wirkung).

Stress, Schlafmangel oder Entzündungen führen zu einem verringerten Leptin-Spiegel, was bekanntermaßen den Appetit anregt.

Viele Wissenschaftler vertreten die Ansicht, dass der Blutspiegel bestimmter Stoffe (Konzentration im Blut) das auslösende Element ist. Sinkt der Pegel (Niveau, Blutspiegel) 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. Besonders wichtig scheint also der Blutzucker-Gehalt zu sein. Wir sprechen deshalb auch von der **Blutzuckerspiegel-Theorie**. Mittlerweile mehren sich verschiedene wissenschaftliche Argumente, die diese Theorie 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 (Situations-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 verspüren Hunger. Werden in einer guten Nahrungs-Phase die Fett-Speicher nach und nach gefüllt, dann steigt auch der Leptin-Spiegel wieder und der Hunger lässt nach (Leptin-Steuerung des Hungers).

Bei den angesprochenen Fett-Speichern handelt es sich vor allem um die Fette in Geweben (viszerales Fett-Gewebe, Viszeral-Fett) und um und an inneren Organen. Nur dieses Fett (aus dem braunen Fett-Gewebe) ist für den Organismus nutzbar, Unser berühmtberühmter Bauchspeck (weißes Fett-Gewebe) gehört nicht dazu. Uns fehlt ein spezielles Enzym, um diese Fettspeicher im Bedarfsfall wieder verfügbar zu machen. Der Verlust dieses Enzyms (bzw. des Gen's dafür) innerhalb unserer Evolution hat bis zur Industrialisierung nicht wirklich geschadet. Es stand einfach nicht genug Nahrung zur Verfügung, um fett zu werden. In der Überfluß-Gesellschaft ergibt sich aber ein großes gesellschaftliches Problem. Unser Körper kann sich auf die jeweilige Ernährungssituation einstellen. In Zeiten mit reichlichem Nahrungsangebot wird die Nahrung eher verschwenderisch genutzt. Nur wenige Nährstoffe werden dem Darminhalt entnommen. Die Verdauung und Resorption sind auf einen niederen Ausnutzungsgrad gesetzt. Findet der Körper aber eher ärmliche Zustände vor, dann nutzt er die Nahrung viel intensiver aus. Der Nutzungsgrad ist dann auf einen höheren Wert eingestellt. Problematisch sind wechselnde Perioden mit reichlichen und sparsamen Nahrungsangeboten (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 usw.)) machen, kommt es kurzfristig zur Gewichtsabnahme. Danach stellt sich aber der sogenannte Jo-Jo-Effekt ein. In Zeiten eines ausgeglichenen Nahrungsangebots werden wieder vermehrt Stoffe aufgenommen und gespeichert. Statt Abzunehmen kommt es letztendlich zu einer Gewichtszunahme.

Diese Gewichtszunahme ist dann ein wichtiges (/ gewichtiges) "Argument" sich das nächste Heft dieser Zeitschrift zu kaufen und eine neue Super-Sensations-Diät auszuprobieren.

Kleiner Spaß nebenbei: Es ist besser mehrere Diäten gleichzeitig zu machen. Von einer wird man schließlich nicht satt.

Mehr und mehr scheint sich eine weitgehende und sehr **komplexe Hormon-Steuerung des Hungers** in den Forschungs-Ergebnissen herauszukristallisieren.

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 (z.T. lebenslange) Mechanismen am Werk.

Mit sehr großer Wahrscheinlichkeit gibt es bei den Menschen unterschiedliche Nahrungs-Verwertungs-Typen, so wie unterschiedlichen Haarfarben oder Nasenformen gibt. Sie sind genetisch veranlagt. Inwieweit die **genetischen Nahrungs-Verwertungs-Typen** allerdings zur Geltung kommen, scheint noch von anderen Faktoren abzuhängen. Die Vorgänge, die dabei ablaufen und welche Faktoren es genau sind, wird immer noch erforscht.

Im Säuglings- und Kleinkindalter wird die Verdauung-Intensität 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 von alleine die richtige Menge zu sich nehmen. Das Aufzwingen einer vorbestimmten Nahrungsmenge und eines fremdbestimmten Nahrungsaufnahme-Rhythmus ist für die natürliche Entwicklung einer selbstkontrollierten Hunger- und Sättigungsgefühls sehr ungünstig. In besonders drastischen Fällen versagt die Eigen-Kontrolle später vollständig. Diese Personen nehmen dann häufig ungezügelt Nahrung zu sich und nehmen extrem zu.

Keine der einzelnen Theorien kann die Entstehung des Hungers vollständig erklären. Heute geht man immer häufiger davon aus, dass mehrere (oder gar alle) Mechanismen bei der Entstehung des Hunger einen Beitrag spielen. Der kurzfristige Bestimmer und einfachste sowie prägnanteste Signalgeber ist sicher der Magenfüllstand. Viele moderne Hunger-Mechanismen (Hunger-Erklärungen, Hunger-Theorien) nutzen das Hormon Serotonin als Botenstoff. Ein verringerter Serotonin-Spiegel im Blut bedeutet dabei "Hunger". Das Serotonin informiert gewissermaßen die verschiedensten Organe und Organsysteme über die aktuelle Sättigungs-Situation. Die Ge-

webe reagieren dann durch einen veränderten Stoffwechsel und beeinflussen damit letztendlich wieder den Serotonin-Spiegel.

In neueren Forschungen wurde nun auch nachgewiesen, dass bewußt hungernde Menschen schlechte Gehirn-Leistungen erbringen. Sie sind etwas schlechter in der Lage, Probleme zu lösen. Gleiches gilt auch für solche Menschen, die sich nebenbei zu stark mit der besonderen Auswahl und Zubereitung von Nahrungsmitteln beschäftigen. Natürlich sind hier nicht solche Personen betroffen, die beruflich in die Lebensmittelzubereitung eingebunden sind.

Anders herum bestimmt aber auch die Beanspruchung unseres Gehirns darüber, was und wieviel wir essen. Hier gibt es aber deutliche Geschlechts-spezifischen Unterschiede. Frauen essen bei Streß eher ungesunde Snacks, im entspannten Zustand mehr gesunde Früchte. Bei den Männern ist es umgekehrt. Sie bevorzugen bei Streß gesunde Snacks und in entspannten Situationen mehr Ungesundes.

Die Geschlechts- bzw. Gender-spezifischen Unterschiede im Essverhalten bilden sich schon im Kindes-Alter aus. So bevorzugen schon junge Mädchen Gemüse und Früchte, während Jungen eher Kohlenhydrat- und Fett-haltige Lebensmittel auswählen.

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 jeweiligen Aktivität (Bewegung, Atmen, Denken usw.) auch veränderliche Körperzustände (z.B. Krankheiten, Schwangerschaft, Depressionen, Süchte usw.).

Überangagierte Mütter mit ihren Vorstellungen von notwendigen Nahrungsaufnahmen ("... Noch ein Happ's für Papi! Noch ein Happ's für Omi!...") machen den natürlichen Regelkreis für ein Kleinkind unsinnig. Neben den – meist deutlich überhöhten - Nahrungsmengen werden auch die zeitlichen Abläufen der kindlichen Regelkreise übertrumpft. Irgendwann wird der natürliche Regulationsmechanismus durch den künstlichen Mechanismus (Mutter) ersetzt (→ Prägung und gesellschaftliche Zwänge). Die künstlichen Rhythmiken und Programme können die notwendigen Regulations-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, wie lange kann man denn unter extremen (Mangel-)Bedingungen überleben? Ab wann treten gefährliche Krankheitsanzeichen (Symptome, 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.)

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

Im Prinzip können wir für fast alle Stoffe oder Stoffgruppen viele Tage sicher aus den körpereigenen Speichern abdecken. Für Kinder und Säuglinge verkürzen sich die Zeiten deutlich, da der Stoffwechsel intensiver abläuft und auch die Speicher noch nicht so ausgeprägt sind. Die Zeiten gelten für gesunde Menschen mit normal gefüllten Speichern. Man muss aber auch beachten, dass schon kurz nach Beginn der Minderversorgung auch der Zugriff auf die Speicher immer schwieriger wird. Zudem müssen dann später die Speicher auch wieder gefüllt werden, was nicht immer in einem Ruck geschehen kann. Oft werden viele Tage, Wochen oder Jahre benötigt, um einmal aufgetretene Defizite wieder auszugleichen und die Speicher zu normalisieren. Über einen Zeitraum von 10 bis 15 % der oben angegebenen Reserven kann schon mal die eine oder andere Mangel-Versorgung akzeptiert werden. Gesunde Körper stecken das locker weg. Dies gilt aber auch nur für einzelne Stoffe. Für mehrere Defizite gleichzeitig verkürzen sich die Zeiten meist überproportional.

Hormon	Appetit-anregend orexigene Wirkung	Appetit-hemmend anorexigene Wirkung
Ghrelin	✓✓✓ im Gehirn	✗
Orexin A und B	✓	✗
Noradrenalin	✓	✗
Neuropeptid Y (NPY)	✓ im Gehirn	✗
Agouti-Protein (AP, AgrP)	✓ im Gehirn	✗
Bombesin		✓
Gastrin		
Serotonin	✗	✓
Insulin		
Leptin	✗	✓✓ langfristig
Obestatin	✗	✓ peripher
(PYY)	✗	✓
Cholecystokinin (CCK)	✗	✓

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

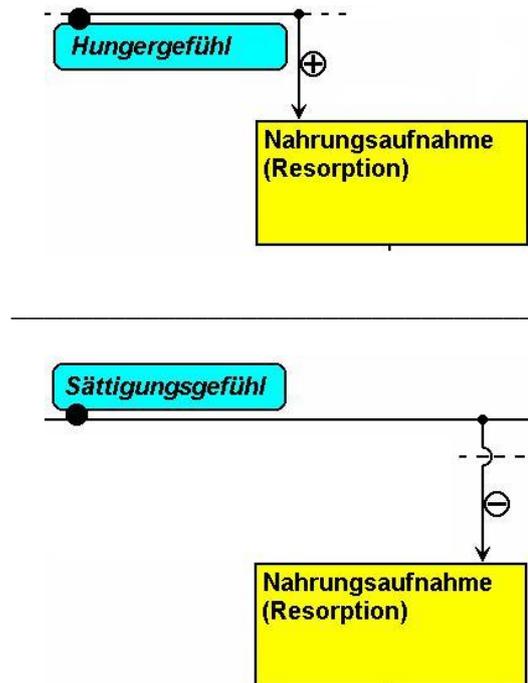
In den Blutgefäßen gibt es diverse Messfühler, die den aktuellen Pegel messen. Den Messwert (IST-Wert) senden die Messfühler über die Nervenfasern zum Gehirn. Dort wird der IST-Wert mit einem vorgegebenen SOLL-Wert verglichen. Als Resultat des Vergleichs verspüren wir z.B. Hunger oder Sättigung. Nun 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 \oplus 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: \ominus) bewirkt die Ursache eine entgegengesetzte Wirkung. Als Beispiel kann die Reduktion der Nahrungsaufnahme dienen. "**Je größer** die Sättigung, **umso kleiner** wird die Nahrungsaufnahme (Resorption)." Natürlich gilt auch hier das Gegenteil: "**Je kleiner** (geringer) die Sättigung, **umso größer** wird die Nahrungsaufnahme (Resorption)."

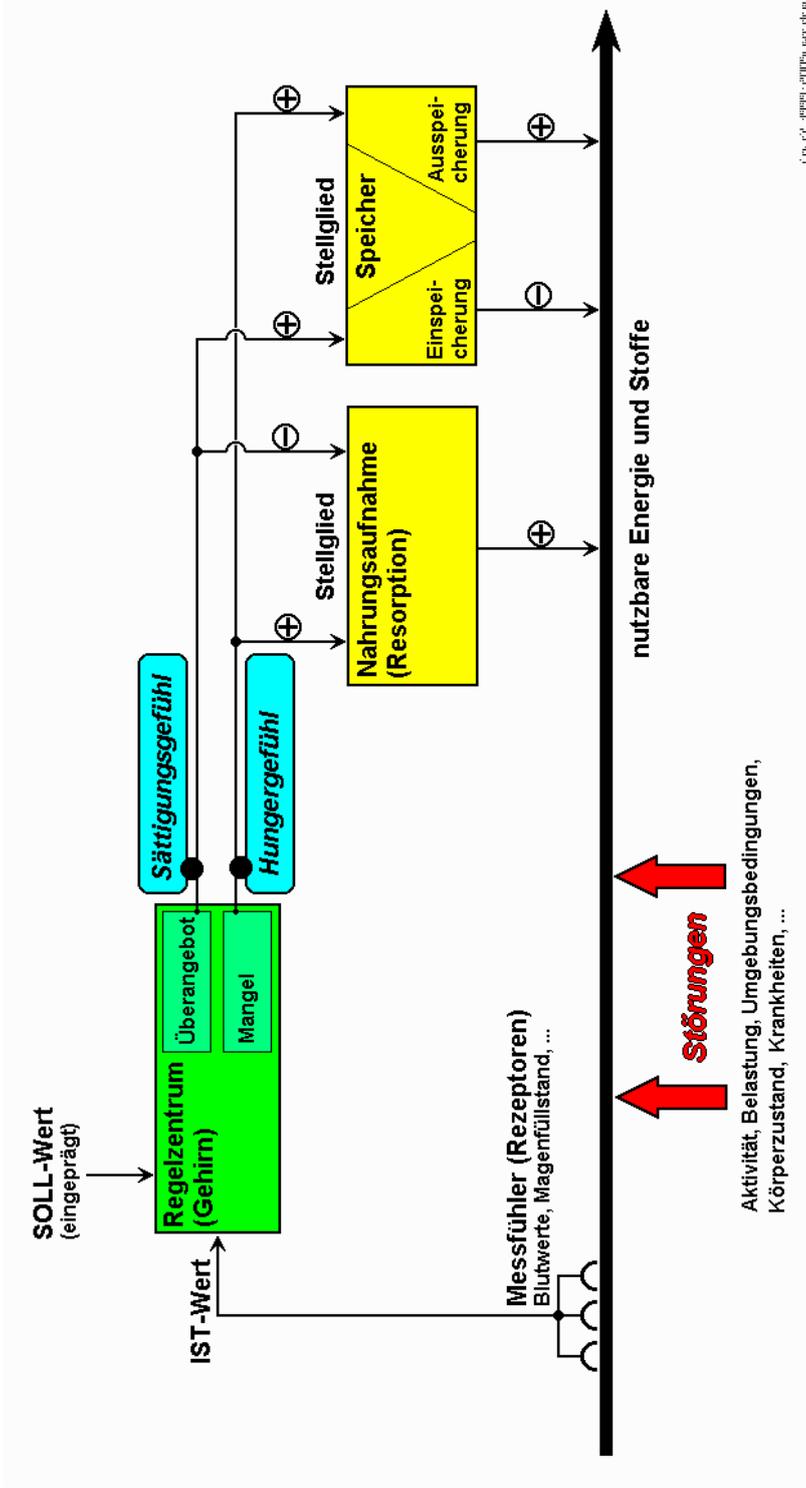
Die genau quantitative Ausprägung betrachtet man in solchen Fluß-Diagrammen (Fluß-Schemata) nicht weiter. Man konzentriert sich auf die Richtung der Veränderung. Nur so sind komplexe Modelle und Schemata überhaupt handhabbar.

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, das heißt ständig. Ständig wird gemessen, verglichen und korrigiert. Das ist sozusagen ein Lebenszeichen.



Vereinfachtes Schema der Regulation des Stoff- und Energiehaushaltes ("Hunger-Kreislauf")



© Dr. rer. oec. P. Pflüger, 2008, www.pflueger.de

2.5.1.1. eine mögliche Interpretation / Erläuterung des "Hunger-Kreislaufs"

Die nachfolgende Erläuterung sollte vor allem als Inspiration für eigene Darstellungen dienen. Da es in einem (Regel-)Kreis keinen Anfang gibt, kann man an jeder beliebigen Stelle beginnen. Man muss nur zusehen, dass man dort auch wieder ankommt, was bei verzweigten Kreisen u.U. etwas schwieriger ist. Ich starte gewohnheitsmäßig immer bei den Meßfühlern. Sie stellen quasi so etwas wie einen Anfang dar – aber eben nur gefühlt.

Die direkt aus dem Schema abgeleiteten Verlaufs-Beziehungen (System-Relationen) sind im nachfolgenden Text *kursiv* geschrieben.

Bei der Regulation der verfügbaren Stoffe und Energie-Träger (besonders der Blutzucker) im Blut dient der relativen Konstanthaltung. Z.B. würde ein Übermaß von Zuckern im Blut dieses verdicken und zähflüssiger machen. Dadurch müsste ein größerer Druck aufgebracht werden, um das Blut auch durch die letzte kleine Kapillare zu pumpen. Ein Mangel könnte im Bedarfsfall dazuführen, dass man einer Gefahren-Situation nicht schnell genug entkommen könnte (z.B. dem Löwen in der Savanne) oder nicht genug Kräfte für notwendige Wanderungen oder Kletter-Aktionen zur Verfügung hätte. Auch Kräfte-zehrende Vorgänge, wie z.B. eine Geburt, wären ohne anzapfbare Energie-Speicher nicht durchzustehen. Die Stoff- und Energie-Pegel, die durch die Regulation letztendlich konstant bzw. Situations-bezogen angepasst gehalten werden, stellen die sogenannte **Regelstrecke** dar.

Die Stoff- und Energie-Pegel sind diversen **Störungen** ausgesetzt. Arbeit, Bewegung, Krankheiten verringern die Pegel. Es werden Stoffe und Energie-Träger verbraucht, die irgendwie ersetzt werden müssen. Durch die Aufnahme – und die dann folgende Verdauung – von Nahrung werden Stoffe und Energie-Träger massiv in den Organismus eingeschleust. Dadurch steigen die Pegel im Normal-Fall.

In den Wänden vieler Blutgefäße befinden sich Rezeptoren – Sinneszellen bzw. **Meßfühler** – welche die aktuell vorhandenen Mengen erfassen. Die Rezeptoren wandeln die Reize (vorhandene oder nicht vorhandene Stoffe) in Erregungen um, die dann über Nervenfasern zum Regelzentrum weitergeleitet werden. Beim Menschen fungieren Rückenmark und Gehirn für die meisten Regelkreise als **Regelzentrum**. Im Regelzentrum wird der gemessene **IST-Wert** (Ist-Wert) mit einem vorgegebenen **SOLL-Wert** (Soll-Wert) verglichen. Der SOLL-Wert ist praktisch genetisch vorgegeben.

Das nun IST- und SOLL-Wert übereinstimmen – also die von den Rezeptoren stammenden Erregungen genau zu den im Gehirn erwarteten Mustern passen – ist eher der Sonderfall. Praktisch sind die IST-Werte immer zu klein oder zu groß. Unser Gehirn bewirkt nun unterschiedliche Reaktionen im Stoffwechsel. Neben den physiologischen Reaktionen entstehen in unserem Gehirn auch Wahrnehmung, Empfindungen oder Gefühle. Sie vermitteln uns (- unserem Bewußtsein -) eine Situations-Beschreibung. Sollte der IST-Wert unter dem SOLL-Wert liegen, also zu wenige Stoffe vorhanden sein, dann empfinden wir dies als Hunger. Liegt der IST-Wert über dem SOLL-Wert, dann nehmen wir dieses als Sättigung wahr.

Bei einem Mangel ("Hunger") werden nun bestimmte Organe oder Organsysteme aktiviert bzw. bestimmte physiologische Prozesse in Gang gesetzt. Vorrangig werden nun die Verdauung und die damit die Resorption der Nährstoffe im Darm aktiviert. *Je größer der Mangel, desdo stärker erfolgt die Nahrungsaufnahme / Resorption.* Daneben können gespeicherte Stoffe – z.B. die Leberstärke – ausgespeichert werden und in Blut-lösliche, direkt verwertbare Zucker (Blutzucker) zerlegt werden. *Je größer der Mangel umso größer ist die Ausspeicherung.* Sowohl durch die Resorption, als auch durch die Ausspeicherung erhöht sich letztendlich der verfügbare Stoff-Anteil im Blut. Im Ergebnis wird der Stoff-Pegel im Blut steigen. *Je größer die Resorption umso größer ist die Menge an verfügbaren Stoffen (und Energie-Trägern).* *Je größer die Ausspeicherung desdo größer ist die Menge der verfügbaren Stoffe.*

Ist dagegen der IST-Wert zu groß, dann müssen möglichst schnell Stoffe aus dem Blut entfernt werden. In den Muskeln und in der Leber wird nun verstärkt Blutzucker in Muskel- bzw. Leber-Stärke umgewandelt und abgelagert. *Je größer der Überschuß, umso stärker ist die Einspeicherung.* Der Blutzucker-Pegel wird dadurch sinken. *Je größer die Einspeicherung umso kleiner ist die verfügbare Stoffmenge.* Bei anderen Stoffen läuft das Ganze äquivalent ab. Daneben wird

auch die Resorption reduziert. Bedingt durch das "Sättigungs"-Gefühl wird dem Organismus weniger neues – verdaubares Material – zugeführt – sprich gegessen. *Je größer der Überschuß umso kleiner wird die Nahrungsaufnahme bzw. die resultierende Resorption sein.* Insgesamt sinkt so der Stoff-Pegel wieder. *Je kleiner die Resorption, umso kleiner ist die verfügbare Menge an Stoffen.*

Die Regelungs-Techniker nennen diese Aktoren (Resorption, Speicher) auch **Stellglieder**. Die Stellglieder beeinflussen / verstellen die geregelten Größen.

Durch die Regulation selbst und durch die äußeren Störungen verändern sich die Pegel ständig. Das Regelsystem muss also kontinuierlich weiterarbeiten, um dem großen Ziel – der Pegel-Konstanz – näher zu kommen.

Exkurs: Leptin

2.5.2. Vorschlag eines erweiterten Modell's zur Hunger-Erklärung

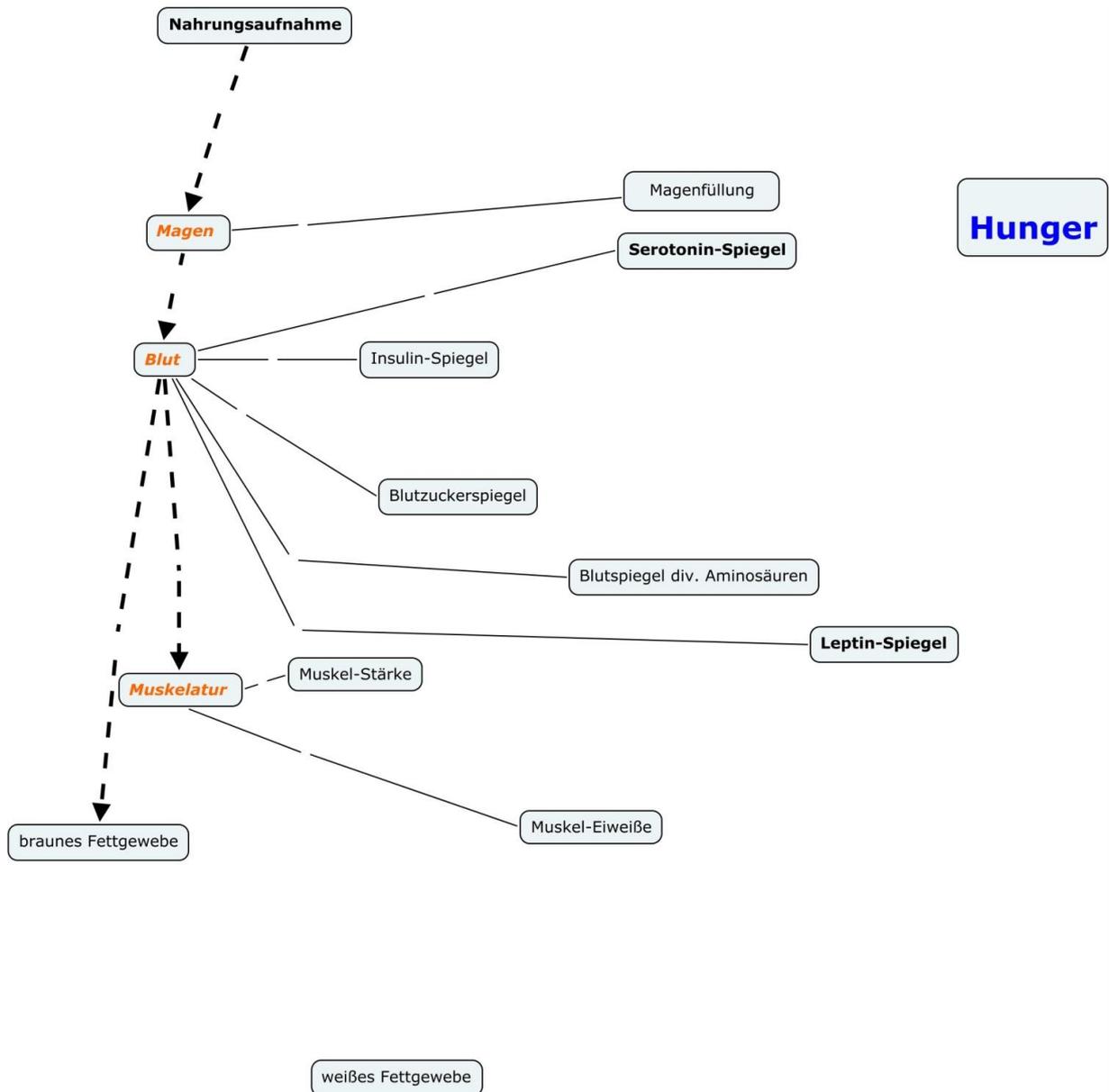
Entwickeln wollen wir ein solches Modell hier in größeren Schritten. Die einzelnen Ebenen werden erläutert und am Ende (dieses Kapitels) steht ein komplexes Modell mit dem sich viele Problemstellungen im Zusammenhang mit dem Hunger, aber auch mit Diäten usw. erklären lassen. Es lohnt sich u.U. auch mal 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: →) in das Blut. Über dieses werden die verschiedenen Stoffe verteilt, z.B. in die Muskelatur und zu den Fett-Depots.



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.

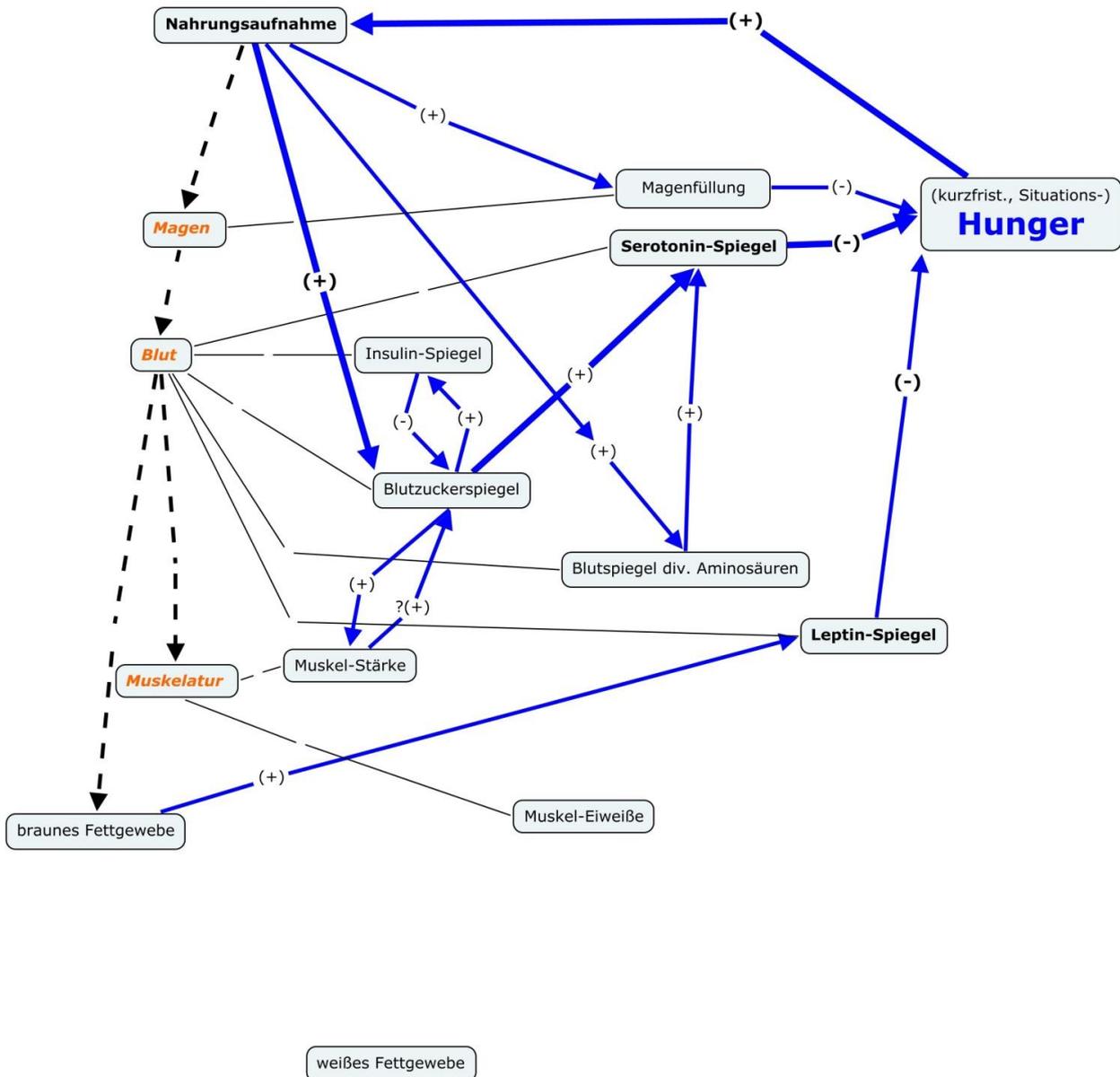
Wenn man die obige Darstellung betrachtet, dann werden die Grenzen dieses Modells deutlich. Z.B. gehen natürlich die Nahrung bzw. die Nahrungs-Bestandteile nicht direkt vom Magen ins Blut. Die zwischendurch stattfindenden Prozesse (Aufspaltung und Resorption) speilen aber in diesem Modell zunächst erst einmal keine Rolle. Deshalb sind sie weggelassen worden.

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.

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.

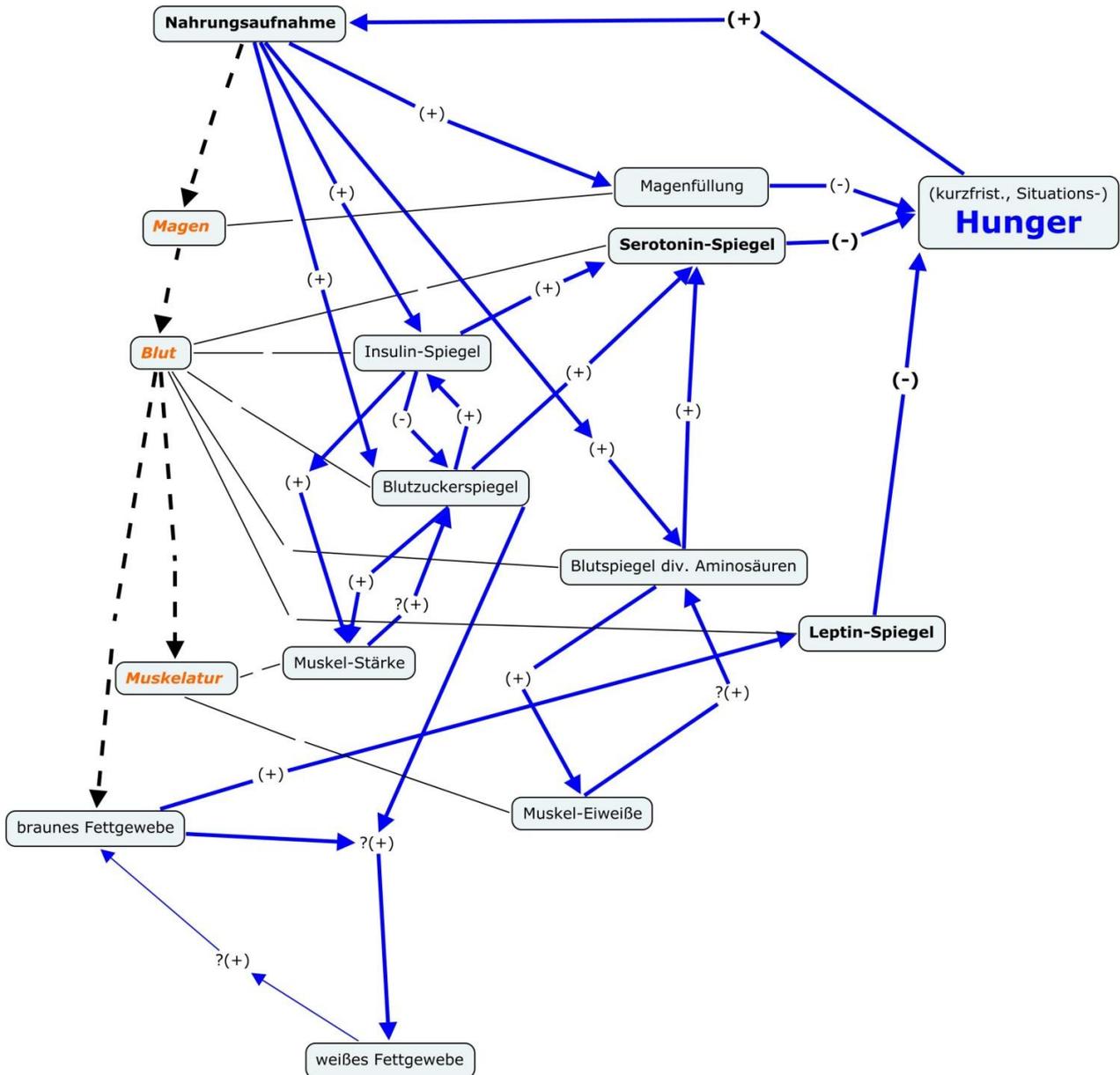
Der Hauptregel-Kreis – zumindestens nach dem aktuellen wissenschaftlichen Stand – ist im obigen Modell hervorgehoben.

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

Aufgaben:

- 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.

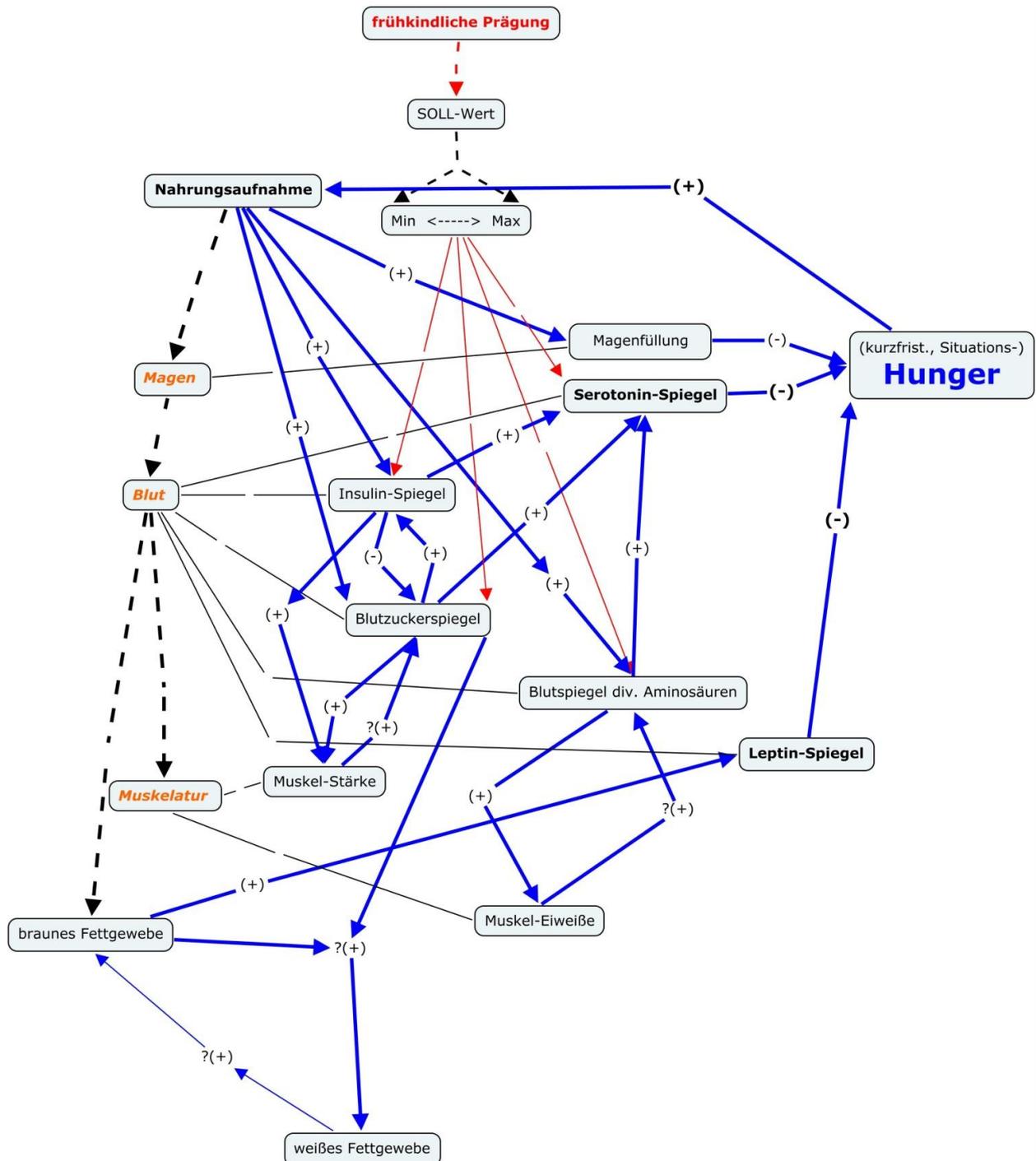


Aufgaben:

1. Bei Diabetikern kommt es zuweilen zu Heißhunger-Attacken. Lassen sich diese mit unserem Modell erklären? Wenn ja wie, wenn nein, warum nicht! Erläutern Sie Ihre Position ausführlich!
2. Die ATKMS-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 speziellen Ernährung eine Reduzierung des Hungers und damit ein diätischer Effekt erklären?

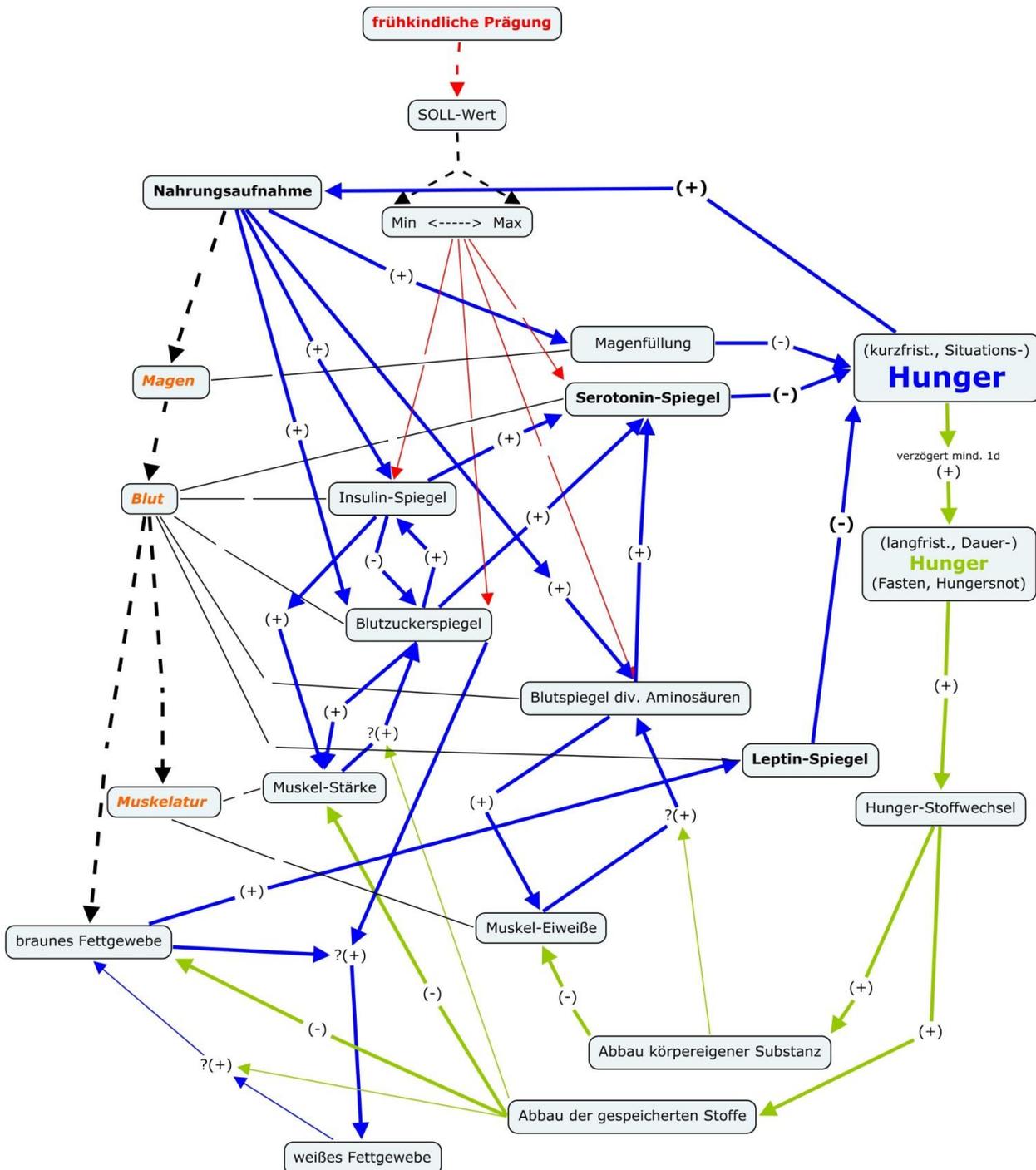
2.5.2.3. Schritt 3: Einbeziehung der Prägung

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 bis zwei Tagen wirken. Der Körper stellt sich dann bei einem echten Nahrungsmangel 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.



Aufgaben:

1. Welche Veränderungen ergeben sich für den Serotonin-Spiegel, wenn der Hungerstoffwechsel "eingeschaltet" wird?
2. Wäre nicht die künstliche Erhöhung des Serotonin-Spiegels (z.B. durch Medikamente) die einfachste Möglichkeit den Hunger zu unterdrücken? Testen Sie diese Situation am Modell! Gibt es gewünschte und / oder unerwünschte Nebeneffekte? Diskutieren Sie Ihre "Simulationsergebnisse" mit denen anderer Kursteilnehmer!
3. Informieren Sie sich über die Bedeutung des Serotonin's im menschlichen Körper! Erstellen Sie eine Tabelle aus der für jedes Organsystem der Mangel bzw. Überschuß von Serotonin mit seinen Wirkungen (grob) hervorgeht! Bewerten Sie Ihre Simulationsergebnisse (von Aufgabe 2) unter den gewonnenen Erkenntnissen neu!
4. Diskutieren Sie über Sinn und / oder Unsinn von Appetitzüglern, die direkt den Serotonin-Spiegel beeinflussen!

für die gehobene Anspruchsebene:

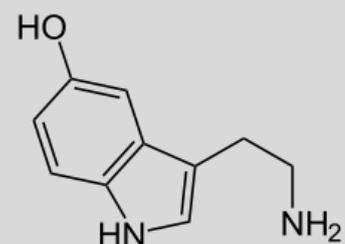
5. Führen Sie eine Pro- und-Kontra-Diskussion zum Thema "Serotonin-Appetitzügler" durch! (Situation: Pharmavertreter gegen Ernährungsberater/Arzt/aufgeklärter Verbraucher)

Exkurs: Serotonin

In der ersten Hälfte des 20. Jhd. mehrfach unabhängig voneinander isoliert (1930 ERSPAMER; 1948 RAPORT + GREEN + PAGE) und als Stoff identifiziert, der zur Kontraktion von Därmen bzw. Blutgefäßen führt. weitere Namen Enteramin (ERSPAMER) bzw. die IUPAC-Namen: 3-(2-Aminoethyl)-1H-indol-5-ol oder 5-Hydroxytryptamin

weiß, kristallin, hygroskopisch
löslich in Wasser und Ethanol, schwach basisch, zeigt Fluoreszenz
(wird für Nachweis genutzt)

Gesundheitsschädlich
LD₅₀ = 60 mg (Maus, peroral)
LD₅₀ = 5 – 81 mg (Katze – Maus, intravenös)



Strukturformel von Serotonin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

phylogenetisch ältester Neurotransmitter
in allen Tiergruppen vorkommend, weiterhin in höheren Pflanzen und Pilzen
reich an Serotonin sind Walnüsse, Kochbananen, Ananas, Bananen, Kiwi, Tomaten, Pflaumen, Kakao
und in abgeleiteten Produkten (z.B. Schokolade)
in den Brennhaaren der Brennessel

beim Menschen derzeit 14 verschiedene Rezeptoren bekannt (jeweils mit eigenem Wirkungsspektrum)
auch gefunden wurde bestimmte Geschwüre (Krebs), bei dem die Zellen verstärkt Serotonin ausscheiden (nach Entfernen des kranken Gewebes Gefahr von Depressionen möglich)

75 % des oral aufgenommenen Serotonins gelangt in die Blutbahnen
vergleichbare Menge wird später über den Urin wieder abgegeben (als verschiedene Abbauprodukte)
normal aber vom Körper selbst produziert

im Herz-Kreislauf-System sowohl für Kontraktionen (vorrangig) als auch für die Entspannung von glatten Muskelzellen in den Blutgefäßen verantwortlich → dadurch meist Blutdruck-erhöhend
in den Nieren und Lunge Blutgefäße verengend; in der Skelett-Muskulatur erweiternd
an Wunden und betroffenen kleinen Blutgefäßen kommt es zur Verengung von Blutgefäßen (Vasokonstriktion); fördert die Zusammenballung der Thrombozyten und damit zum Wundverschluss (Blutgerinnung und Schorf-Bildung)

im Magen-Darm-Trakt für die Ausbildung der Peristaltik mit verantwortlich (Anregung der Darmbewegung (Darm-Motilität)), beteiligt bei Übelkeit (Bauchschmerzen) und Erbrechen

im Auge reguliert es den Augen-Innendruck

im Zentral-Nerven-System für die Steuerung oder Beeinflussung von Wahrnehmungen, der Sensorik, Appetit, Körpertemperatur, Schlaf, Schmerz-Empfinden und –Verarbeitung, Sexual-Verhalten und der Hormon-Produktion

bewirkt Zufriedenheit, Erfüllung, "Glückshormon"; besonders nach Genuß entsprechender Lebensmittel (typisch: Bananen, Schokolade, ...)

Übermaß führt zu Halluzinationen und Aggressionen; bei Mangel Angstzustände und Depressionen möglich

Beeinflussung des Serotonin-Spiegels, der Serotonin-Rezeptor-Vorgänge und der Zell-internen Verarbeitung durch verschiedenste Medikamente

- Antidepressiva (Mittel gegen Depressionen)
- Neuraleptika (Mittel zur Dämpfung / Reduzierung der Nerven-Tätigkeit)
- Hypnotika (Schlafmittel)
- Tranzquilanzien (Transquilizer) (Mittel zu Behandlung von Angstzuständen)
- Appetit-Zügler
- Migränetherapeutika
- Antihypertensiva (Blutdruck-Senker)
- Blutgerinnungs-Hemmer
- Antiemetika (Mittel zur Unterdrückung von Erbrechen (z.B. auch Reisekrankheit oder begleitend zur Chemo-Therapie bei Krebs))
- Prokinetika (Mittel zur Anregung der Darmtätigkeit (z.B. bei Bauchschmerzen, Verstopfung, Blähungen und Erbrechen))

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.

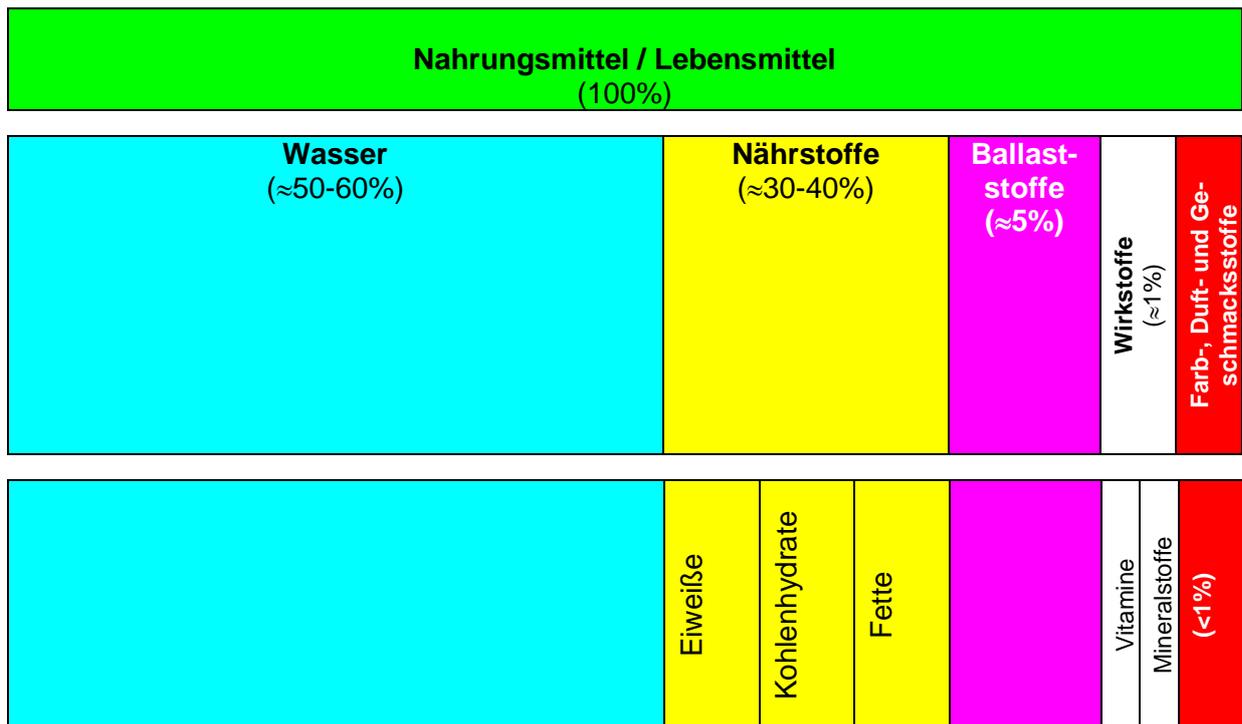
Die weitaus größte Bedeutung für die Ernährung haben die Nährstoffe. Sie liefern die Energie und die Baustoffe für unser Überleben. Nährstoffe sind also die Stoffe, die ein Lebewesen für die Deckung seines Energie- und Baustoff-Bedarfs unbedingt benötigt.

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-, Duft- und 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 Inhaltsstoffe in Nahrungsmitteln:



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
 - naturidentische und künstliche Aromen
 - Farbstoffe
 - Fettersatzstoffe und Fettsimulatoren
- unerwünschte Inhaltsstoffe
 - Schwermetalle
 - Radioaktive Stoffe
 - 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.

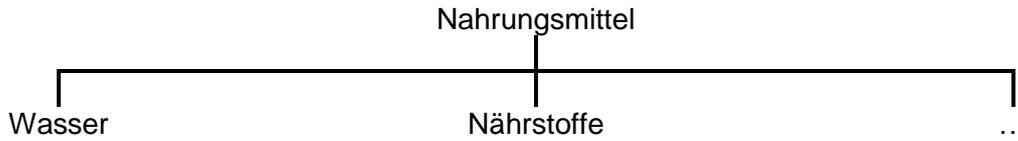
Einteilung der Nährstoffe nach ihrer Essentiellität

(Nähr-)Stoff-Gruppe	essentielle Vertreter	semi-essentielle Vertreter	nicht-essentielle Vertreter
Kohlenhydrate Saccharide		Glucose (Traubenzucker)	alle anderen Kohlenhydrate
Fettsäuren	Linolsäure (ω 6-FS) Linolensäure (ω 3-FS)		
Aminosäuren	Valin, Leucin, Isoleucin, Phenylalanin, Trypsin, Lysin, Methionin, Threonin, Histidin	Tyr Cystein	Glycin, Serin, Glutaminsäure, Asparaginsäure
Elektrolyte	Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , PO_4^{3-}	SO_4^{2-} , H_2O	
Spurenelemente	Cu, Fe, Mo, ...		
Vitamine	A, C	Nicotinsäure	D

Q: http://www.wilmnet.de/uni/material/fsem4/fsem4-biochemie/Biochemie-Seminar_18.pdf

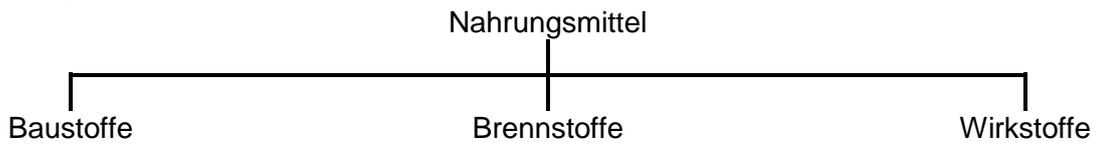
Aufgaben:

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

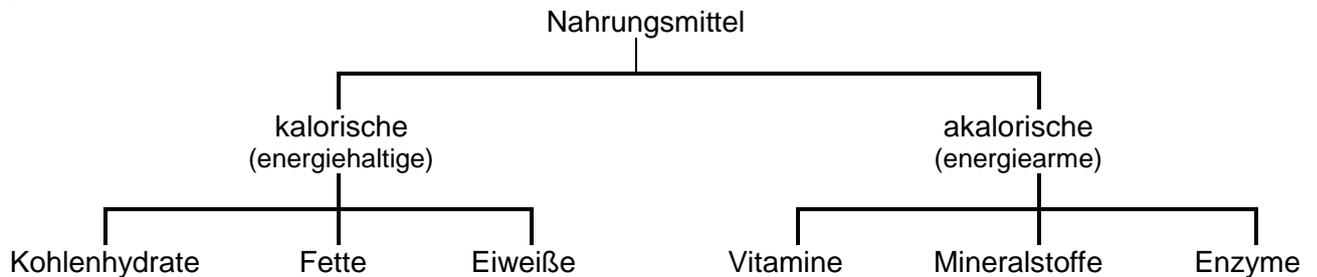


In der älteren Literatur findet man auch die folgenden Einteilungsmöglichkeiten von festen Nahrungsmitteln:

Schema A:



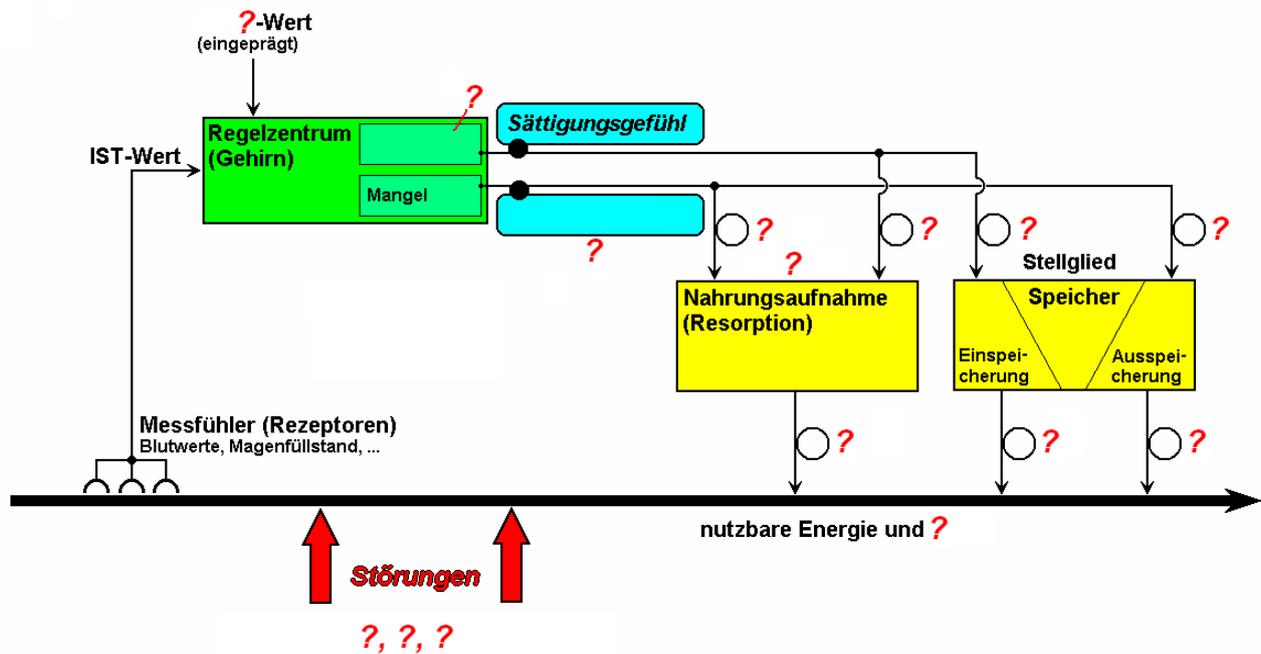
Schema B:



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

Beispiel-Aufgaben zur Wiederholung und zur Vorbereitung auf eine Klausur |
Leistungskontrolle | Prüfung | ...

1. Welche Bedeutung hat eine gesunde Ernährung für den Menschen! Erläutern Sie kurz!
2. Aus welchen Wissenschaften kombiniert die Ernährungslehre Erkenntnisse und Methoden?
3. Erläutern Sie den Begriff Nahrungsmittel!
4. Ein Mitschüler ist beim Abzeichnen des Hunger-Regelkreislaufes nicht mitgekommen. Helfen Sie ihm und geben Sie für die Fehlstellen (?) die richtigen Eintragungen (Begriffe oder Zeichen) an!



© p. 02 - 1111 - 0000a.spr.dre

3.1. Fette

Den Fetten - wissenschaftlich Tri(acyl)glyceride - wird häufig und traditionell eine mehr negative Rolle in der Ernährung zugeordnet. Pseudo- und einfach gestrickte Populärwissenschaftler und Trophologen bzw. Ernährungsberater haben in den Fetten allgemein das "Böse" in der modernen Ernährung gefunden. Dem ist natürlich nicht so. Genauer müsste man wohl eher sagen, dass unsere **zu** Fett-reiche Ernährung und eine zu geringe Bewegung die eigentlichen Probleme ausmachen.

Fette gehören neben anderen Verbindungen (z.B. Carotinoide, Steroide, Phospholipide) zu den Lipiden. Unter Lipiden versteht man organische Verbindungen, die sich im Wesentlichen Wasser-abweisend verhalten und im Zellstoffwechsel über die Stoffwechsel-Schnittstelle Acetyl-Co-Enzym A hergestellt werden. Ein durch die Einzel-Gruppen durchgehendes Bauprinzip ist nicht vorhanden, wenn man einen gewissen Mangel an polaren Gruppen mal ausklammert.

Fette werden in Organismen für unterschiedliche, unverzichtbare Aufgaben genutzt. So sind alle Zellen und viele Zellbestandteile von Fett-ähnlichen 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 genauso unter diesem Aspekt zu sehen, wie auch 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(-säuren) als Energieträger. Andere Muskelatur-Arten verwenden Kohlenhydrate als Energiequelle. An der gesamten Energie-Bereitstellung im menschlichen Körper sind Fette mit rund 40 % beteiligt (zumindestens in den Industriestaaten).

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 unnatürlich 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 bei jungen Frauen 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 Nervenfasern (Neuriten) gelegt bzw. gewickelt sind und durch ihren isolierenden Charakter wesentlich zur schnellen Erregungsleitung beitragen.

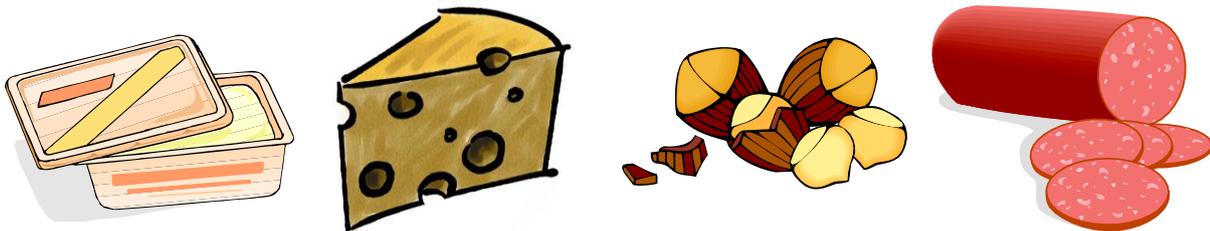
Viele biologisch bedeutsame Stoffe sind von Fetten abgeleitet. Solche Abkömmlinge nennt man auch Lipoide ("Fettähnliche"). Die bekanntesten Lipoide sind z.B. Lecithin, Phospholipide und diverse Wachse.

Aufgabe:

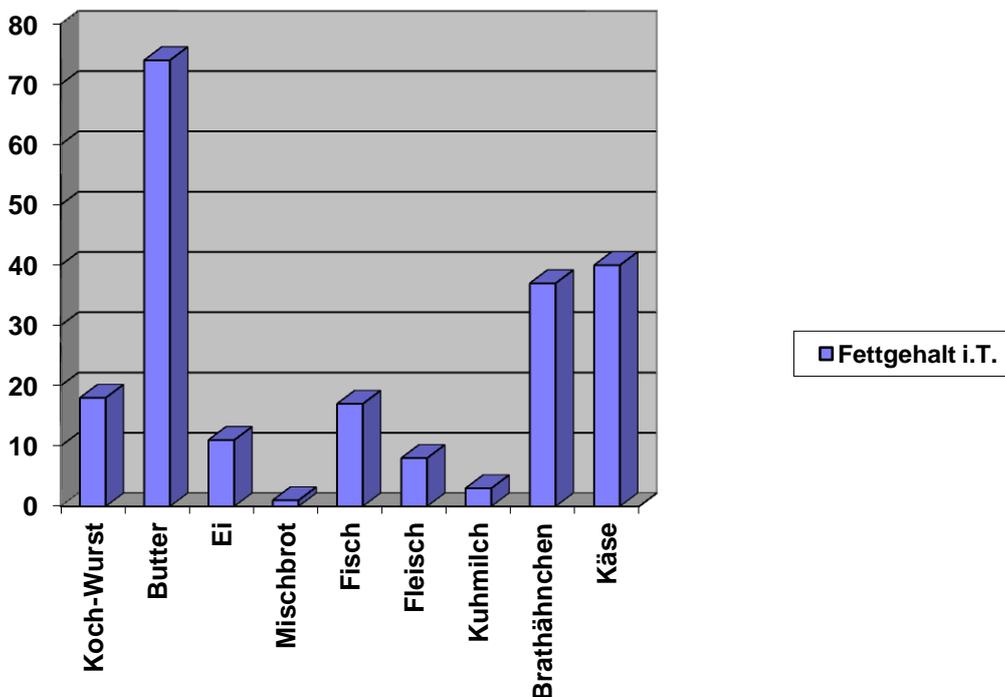
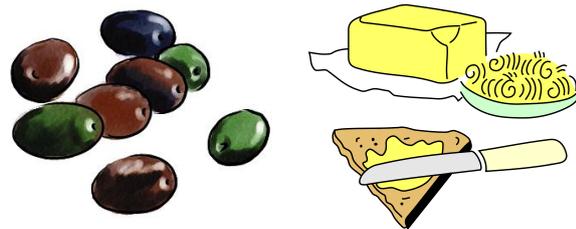
Ordnen Sie die Fette den Bau- und / oder den Betriebsstoffen zu! Begründen Sie Ihre Meinung!

3.1.1. Fett-haltige Nahrungsmittel

Wenn man Fett-haltige Nahrungsmittel nennen soll, dann fallen einem sicher zuerst Fleisch, Schmalz und Speck ein. Neben diesen tierischen Fett-Quellen 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.



Die Angaben des Fettgehaltes in Prozent beziehen sich auf das wasserfreie Nahrungsmittel – deshalb i.T. (in Trockensubstanz). In der Trockensubstanz ist der Fettgehalt recht 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 Fett-reduzierten (sogenannten Light-)Produkten belegen. Fett-reduzierten Produkten haftet nämlich der Mangel eines geringeren guten Geschmacks an. Das Ergebnis am Esstisch sieht dann so aus: Statt einer Scheibe Käse (mit 45 % Fett i.T.) sollte man eigentlich eine Scheibe Light-Käse (30 % Fett i.T.) nehmen. Aber Light-Käse schmeckt nicht prägnant, wie der "normale". Dies liegt am geringeren Fettgehalt, der als Geschmacksträger im Light-Produkt ausfällt. Damit's nun genau so gut schmeckt, werden die Scheiben einfach doppelt genommen oder etwas mehr Fett (Butter) darunter gestrichen. Das Ergebnis ist dann eine insgesamt 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 Trockensubstanz!)*
- 3. Sammeln Sie die Ergebnisse von anderen Kursteilnehmern! Stellen Sie die Ergebnisse von mindestens vier Kursteilnehmern graphisch dar! (Lebensmittel nach aufsteigenden Fettgehalt i. T. geordnet gegen absoluten Fettgehalt und Fettgehalt i. T.)*

3.1.1.1. makroskopische Einteilung der Fette

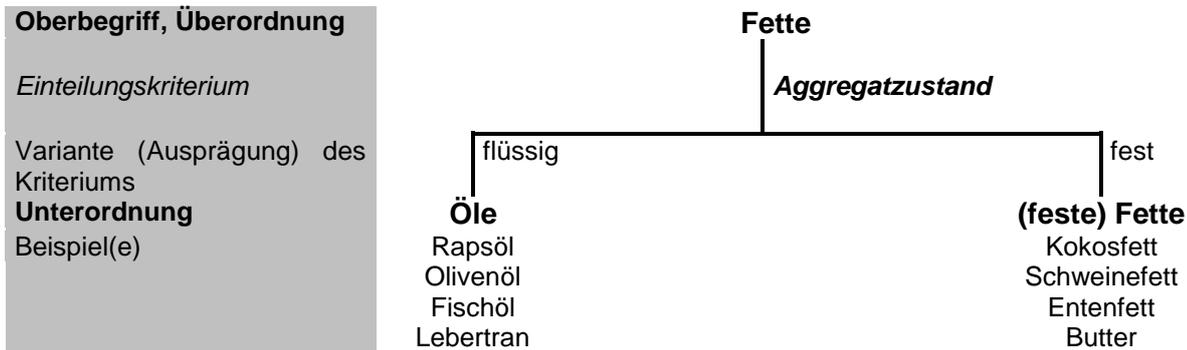
Makroskopisch nennen wir Eigenschaften oder Unterscheidungen, wenn sie ohne vergrößernde Geräte (z.B. Mikroskope) beobachtbar, messbar bzw. einteilbar sind. Farbe, Aggregatzustand, aber auch Herkunft oder Herstellung, sind typische makroskopische Eigenschaften. Mit ihnen lassen sich leicht Einteilungen 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 in Ordnung, 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) benutzen. 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 (Kakao-Butter) und Kakao-ähnliche 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. Frucht-Fette stammen dabei aus den Früchten der betreffenden Pflanzen. Die bekanntesten sind Olivenöl (aus dem (samenumhüllenden) Fruchtfleisch der Olive) und Palmöl (Fruchtfleisch der Ölpalmensamen). Die Fruchtfleisch-Fette sind normalerweise flüssig – also eigentlich eher Fruchtfleisch-Öle.

Die Samen-Fette werden aus den eigentlichen Samen der Pflanzen gewonnen. 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 Art-abhängig 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 über Mischung bzw. 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), entsteht Butterschmalz. Butterschmalz ist wegen des wesentlich geringeren Wassergehalts viel länger haltbar als Butter und auch als Bratfett geeignet.

Für diätetische Zwecke wird auch mit künstlich hergestellten oder bearbeiteten Fetten (Designer-Lipide) 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 Kunst-Fette recht weit verbreitet.

Desweiteren gibt es eine immer größer werdende Zahl von Fett-Simulatoren und Fett-Ersatzstoffen (z.B. Simplesse, Fibrin, 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](#))

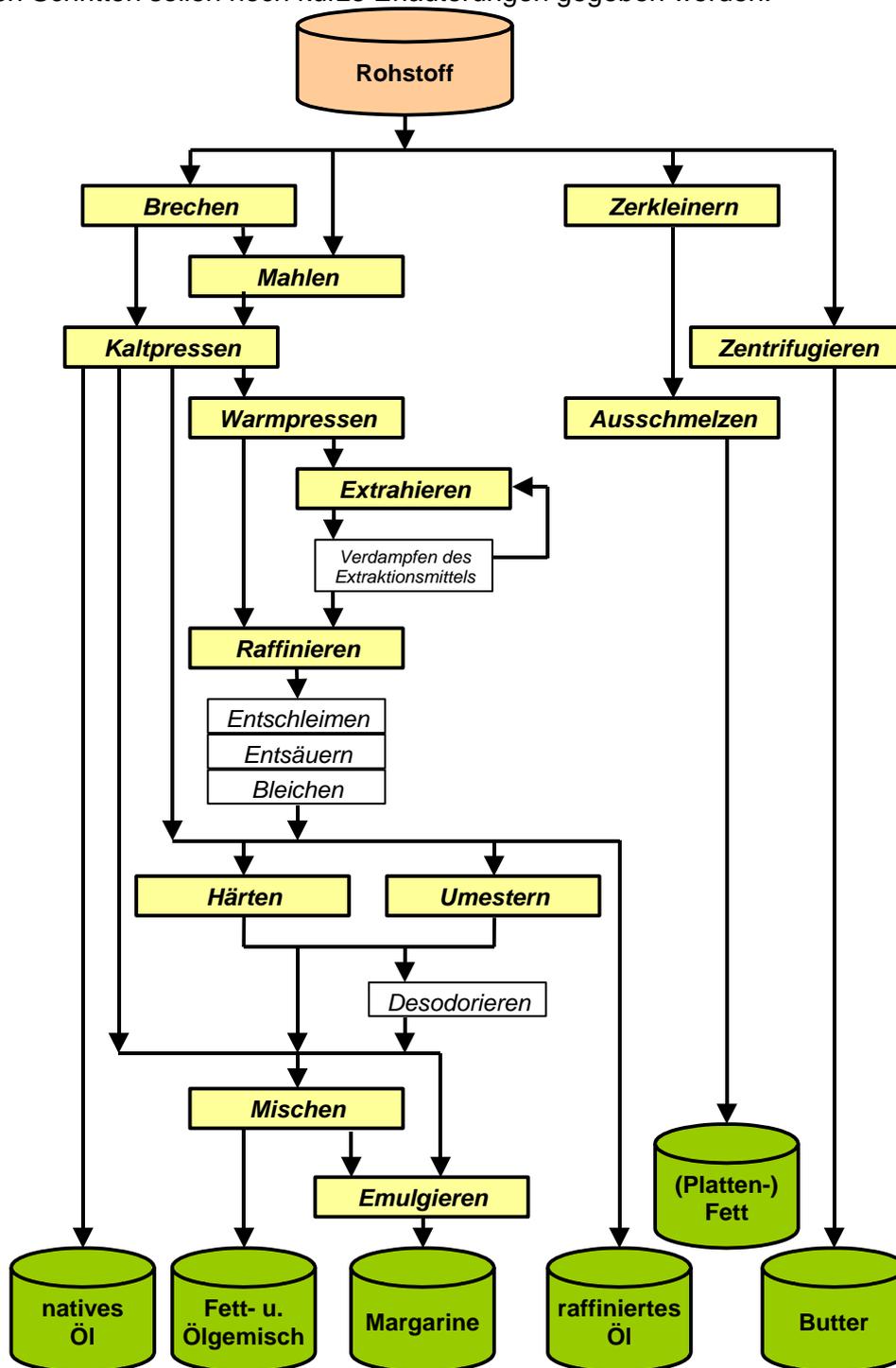
Entgegen der landläufigen Meinung sind nicht alle Fette völlig wasserfrei. Butter und Margarine enthalten zwischen 5 und 20 % Wasser. Deshalb werden sie auch als wasserhaltige Fette bezeichnet. Sie lassen sich nur bis ungefähr 150 °C erhitzen. Wasserfreie Fette (z.B.: Pflanzenöle, Schweine- und Butterschmalz) 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 Zweig-Ende 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 Lipide (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.

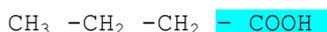
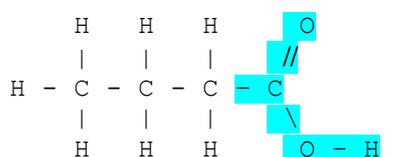
Fettsäuren sind zumeist längerkettige (aliphatische) organische Säuren (Monocarbonsäuren). In der Natur werden für den Fettaufbau fast nur organische (Alkan- bzw. Alken-)Säuren mit gerader Kohlenstoff-Atom-Anzahl benutzt. Ursächlich dafür ist die Biosynthese der Fettsäuren aus Essigsäure-Bausteinen (C₂-Verbindung, Acetyl-Rest) in den Zellen der verschiedenen Organismen (→ Ernährungslern – 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 Kohlenstoff-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.



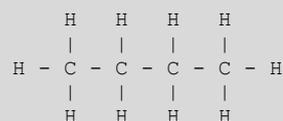
Alkyl-Rest – **Carboxyl-Gruppe**

– **Säure-Gruppe**

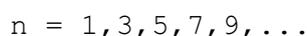
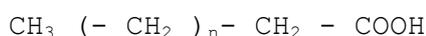
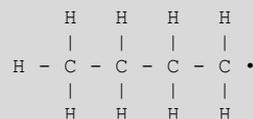
Die anderen Fettsäuren unterscheiden sich eigentlich nur in der Länge des Alkyl-Restes von der Buttersäure. Die Kettenverlängerung wird durch vermehrtes Auftreten der CH₂-Gruppe erreicht.

Exkurs: Butan

Butan ist das Alkan (gesättigter Kohlenwasserstoff), der die gedachte Baubasis für die Butansäure (Buttersäure) darstellt:

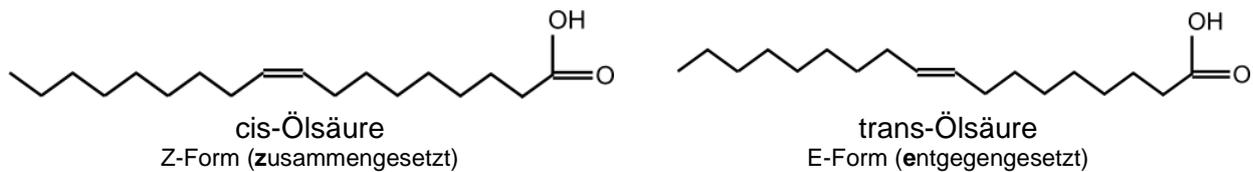


Alle Bindungen zwischen Kohlenstoff und Kohlenstoff sind Einfachbindungen. Insgesamt hat jedes C-Atom vier Bindungen zu irgendwelchen anderen Atomen (meist Wasserstoff). Für theoretische Betrachtungen verwendet man gerne Alkan-Reste, bei denen ein Wasserstoff-Atom fehlt. Für das Butan wäre das dann das Butyl:



Alkyl-Rest – **Carboxyl-Gruppe**

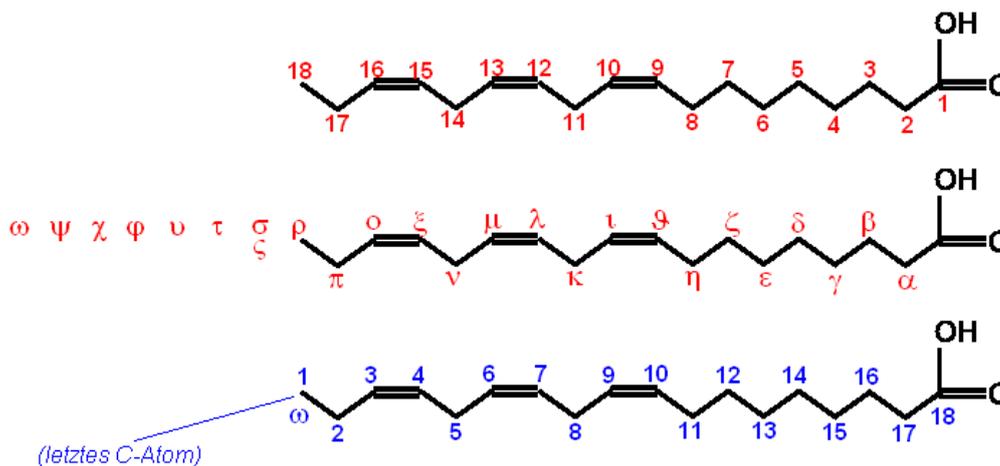
Die auffälligste Veränderung im Molekülbau ist dabei ein entstehender Knick genau an der Doppelbindung. Dieser ergibt sich aus einer veränderten Lage der Bindungen zueinander. Zwischen den Bindungen liegt jetzt ein Winkel von rund 120°. Die Gitterstruktur-Darstellung einer Alkensäure lässt die Lage der 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. Kohlenstoff-Atom des Moleküls. Gezählt wird ab dem höchstoxidierten C-Atom, das 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.

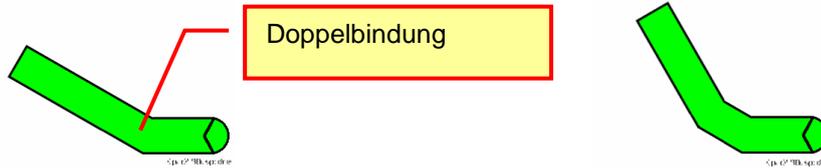


In der Literatur findet man auch ältere Nummerierungs-Formen. Bei einer werden griechische Kleinbuchstaben für Positionsangaben benutzt. Die erste Nachfolge-Position (hinter dem höchstoxidierten C-Atom) bekommt die Bezeichnung α . Weitere Positionen werden dann in Folge des griechischen Alphabetes vergeben. Natürliche Fettsäuren haben also ihre erste Doppelbindung an der 9-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:

Exkurs: griechische Klein-Buchstaben					
α	alpha	ι	jota	ρ	rho
β	beta	$\kappa \chi$	kappa	$\sigma \varsigma$	sigma
γ	gamma	λ	lambda	τ	tau
δ	delta	μ	my	$\upsilon \nu$	ypsilon
ϵ	epsilon	ν	ny	ϕ	phi
ζ	zeta	ξ	xi	χ	chi
η	eta	\omicron	omikron	ψ	psi
θ	theta	π	pi	ω	omega
		ϖ		θ	

IUPAC-Nomenklatur (seit 1980 verbindlich)	all-cis-9,12,15-Octadecatriensäure all-cis-Octadeca-9,12,15-triensäure	trivial: α -Linolensäure Kürzel: α Lnn
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.



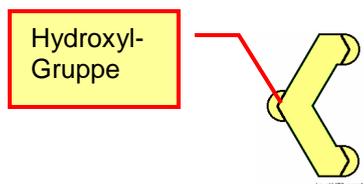
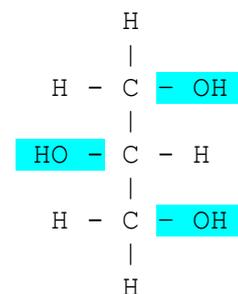
In natürlich vorkommenden Fettsäuren finden wir immer die cis-Stellung. Dadurch ergeben sich auch die deutlichen "Knicke" im Molekül.

Die wichtigsten fettbildenden, ungesättigten Fettsäuren sind:

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.

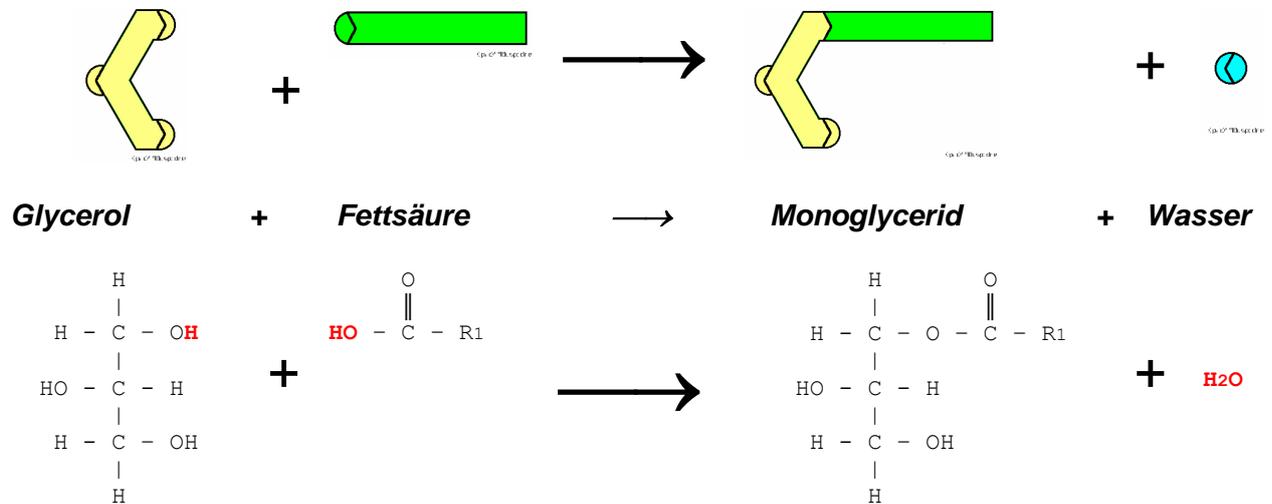
Früher wurde Glycerol auch als Glycerin (Glycerin) bezeichnet. Um aber mehr Betonung auf den alkoholischen Charakter zu legen, nennt man es heute mehr und mehr Glycerol. Glycerin ist eine Trivial-Bezeichnung, die in der Chemie und umgebenen Bereich zur einfacheren Benennung verwendet wird. Viele Trivial-Bezeichnungen 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 einfache 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:



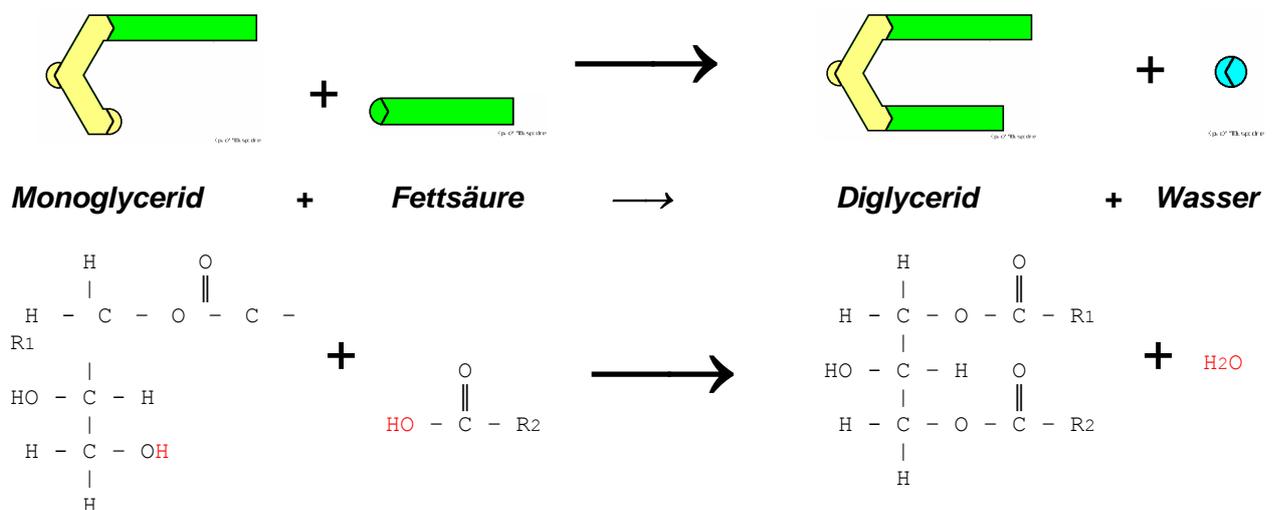
Auf das Aufschreiben der vollständigen Alkyl-Kette verzichtet man normalerweise. Stattdessen wird ein **R** für den Rest geschrieben. Verschiedene Reste werden durchnummeriert, durchbuchstabiert oder durch Hochstriche gekennzeichnet.

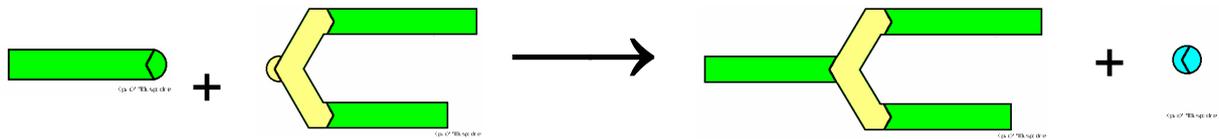
Bei der Reaktion entsteht ein Monoglycerid (früher auch: Monolipin) – also ein Glycerol-Molekül mit einem Anhang. An welcher Position die erste Reaktion erfolgt ist purer Zufall. Von der Wahrscheinlichkeit her wird es aber zuerst eine endständige Hydroxyl-Gruppe betreffen. Die Endständigen Positionen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

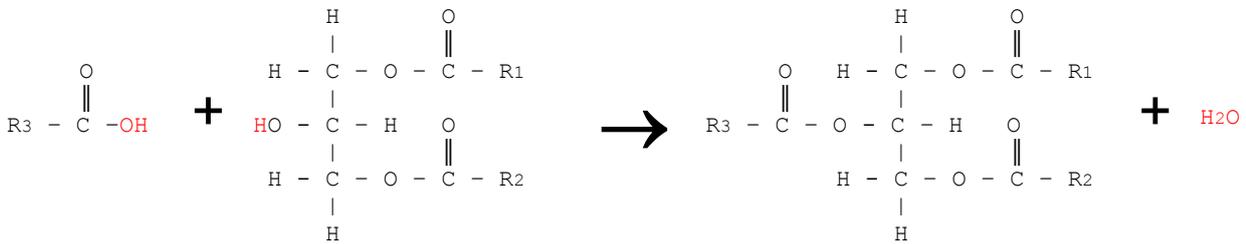
Die Hinreaktion wird durch die Verwendung von Säuren (z.B. konzentrierte Schwefelsäure) als Katalysator beschleunigt. Die Protonen sorgen für zusätzliche Polaritäten und die Schwefel entzieht dem Gleichgewicht das Wasser. Dieses fehlt dann für eine Rückreaktion.

Bei weiteren Reaktionen mit anderen oder den gleichen Fettsäuren entstehen schrittweise Di- und Triglyceride (Di- und Trilipine).





Fettsäure + Diglycerid → Triglycerid + Wasser



Das Reaktionsprodukt (Tri(acyl)glycerid) 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).

Aufgaben:

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 Anspruchsebene:

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) Myristino-arachino-linolenin

Exkurs: weitere Einteilungsmöglichkeiten

nach dem Anteil verschiedener Fettsäuren in einem Triglycerid:

reinsäurig:

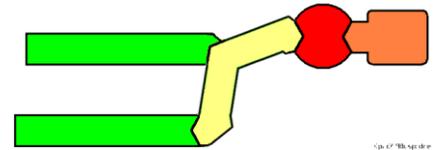
- einsäurige Triglyceride: enthalten nur eine Art Fettsäure im Molekül

gemischtsäurig:

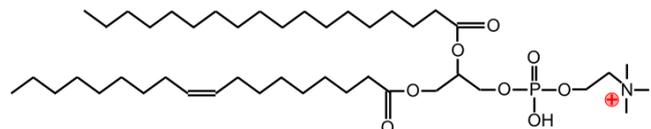
- zweisäurige Triglyceride: enthalten zwei verschiedene Fettsäuren im Molekül (mind. eine FS ist also doppelt)
- dreisäurige Triglyceride: enthalten drei verschiedene Fettsäuren in einem Molekül Glycerid

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 (im Modell **rot** gekennzeichnet) und Cholin (im Modell **orange**) enthält.



Molekül-Modell von Lecithin



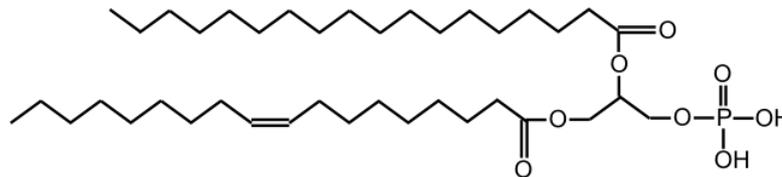
Gitterstruktur-Formel eines Lecithin's

Lecithin gilt als die "Kitsubstanz" in den Biomembranen (z.B. Zellmembran).

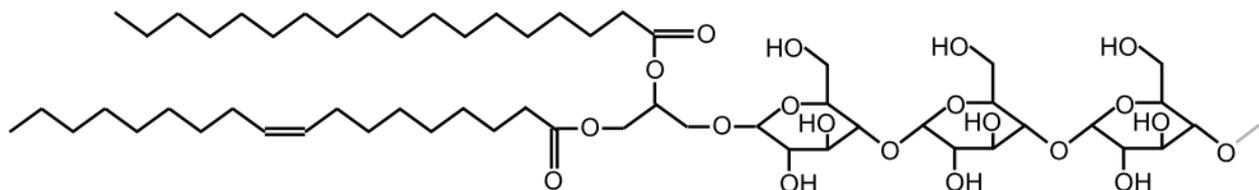
In der Lebensmittel-Industrie wird es vorrangig als Emulgator (E 322) verwendet. Man findet Lecithin in Backwaren, Milchprodukten (z.B. Margarine), Schokoladenerzeugnissen, Fixprodukten (Instant-Erzeugnisse) und Futtermitteln.

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. Sie dienen hier der Stabilisierung der Schichten und deren Bestandteile sowie der Bildung von Oberflächen-Strukturen. Diese charakterisieren neben Proteinen die individuellen Erkennungs-Merkmale von Zellen und Organismen. An ihnen laufen viele Erkennungs-Reaktionen (Erkennen von Eigenem und Fremden / Immun-Reaktionen) ab.



Einzelne Lipide werden weiter hinten bei den Fett-verwandten Stoffen (→ [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 fettfreundlichen und die eher wasserfreundlichen Molekülregionen! Leiten Sie dies aus den bekannten Baustein-Eigenschaften ab!

für die gehobene Ansprachebene:

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 Doppelbindungen	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	
Triacotansäure	Melissinsäure	30	0	-	30:0	

ungesättigte Fettsäure

exakter chemischer Name	Trivialname	Anzahl C-Atome	Anzahl Doppelbindungen	Position(en) der Doppelbindung(en)	Kurzbezeichnung	
5-Dodecensäure	Lauroleinsäure	12	1	5	12:1 (5)	
9-Tetradecensäure	Myristoleinsäure	14	1	9	14:1 (9)	
9-Hexadecensäure	Palmitoleinsäure	16	1	9	16:1 (9)	
9-Octadecensäure	Ölsäure	18	1	9	18:1 (9)	
9-Eicosensäure	Gadoleinsäure	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

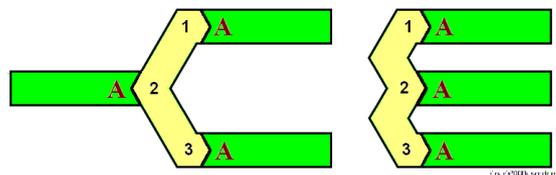
(Makroskopische) Einteilungsmöglichkeiten für Fette sind die Herkunft, Farbe, Geschmack oder der Aggregatzustand. Viele Fette sind Gemische aus verschiedenen Fett-Molekülen. Die unterschiedlichen Moleküle ergeben sich durch die verschiedenen Fettsäuren, die jeweils an den Hydroxyl-Gruppen angebunden 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.

Fett-Moleküle mit einer Fettsäure

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.

Fett-Moleküle mit zwei Fettsäuren

In unserem nächsten Beispiel sollen die Fettsäuren A und B angebunden sein (\rightarrow 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 ($= 2^3$) 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 somit nur vier verschiedene Molekulararten (**AAB**, **ABA**, **ABB** u. **BAB**) bei zwei verschiedenen Fettsäuren zuzüglich der zwei Sonderfälle (**AAA** u. **BBB**). Damit sind also sechs verschiedene Fette (Triglyceride) möglich, wenn nur zwei Fettsäuren zur Auswahl stehen.

Fett-Moleküle mit drei Fettsäuren

Schauen wir uns noch ein weiteres Beispiel an. Hier sollen drei verschiedene Fettsäuren (A, B und C) angelagert werden können. Es ergeben sich nun insgesamt die folgenden 27 ($= 3^3$) Varianten:

AAA	AAB	AAC	ABA	ABB	ABC
ACA	ACB	ACC	BAA	BAB	BAC
BBA	BBB	BBC	BCA	BCB	BCC
CAA	CAB	CAC	CBA	CBB	CBC
CCA	CCB	CCC			

von denen nur:

AAA	AAB	AAC	ABA	ABB	ABC
ACA	ACB	ACC	BAA	BAB	BAC
BBA	BBB	BBC	BCA	BCB	BCC
CAA	CAB	CAC	CBA	CBB	CBC
CCA	CCB	CCC			

wirklich unterschiedliche Moleküle darstellen. Mit drei verschiedenen Fettsäuren sind somit theoretisch 18 verschiedene Fett-Moleküle bildbar.

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, Y und Z) herrschen solche Bedingungen, dass Fette gebildet werden können. Wieviele verschiedene Fett-Moleküle könnten im Becherglas entstehen? Begründen Sie ihre Meinung!*
- 2. In welchem Verhältnis entstehen die verschiedenen Triglyceride?*

Für Freaks:

- 3. Wieviele Fett-Moleküle könnten bei Vorhandensein von 4 Fettsäuren 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. Der wirklich gesunde Teil folgt aus den weiterhin vorhandenen ungesättigten Fettsäuren, die noch in den Fett-Molekülen vorhanden sind. Trotz alledem ist der Geschmack von Raps-Öl sehr prägnant und wird nicht von Jederman als angenehm wahrgenommen.

prozentuale Verteilung der Fettsäuren in Fetten

Fettsäuren	gesättigte							ungesättigte					
	Buttersäure C4		Laurinsäure C12	Myristinsäure C14	Palmitinsäure C16	Stearinsäure C18	andere (od. gesamt)	Ölsäure C18:1 (9)	Linolsäure C18:2 (9,12)	Linolensäure C18:3 (9,12,15)	andere (od. gesamt)	gesamt einfach ungesättigt	gesamt mehrfach ungesättigt
Fett													
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					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				41-42	11	<1		

Datenquellen: *unklare (widersprüchliche) Werte kursiv*

www.tomchemie.de/kennzahlenvonfetten.htm

[williswissensweb.hompage.t-online.de/Chemie1\(Lebensmittel/SFettkennzahlen.html](http://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 hier – wie üblich – der Charakter des Stoffes bei Zimmer-temperatur (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 Energie-armen und stabilen Stimmgabel- bzw. Y-Form vor. Von 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 dicht und fest aneinander. 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 echten 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 Energie-arme Konstellation erreicht wird.

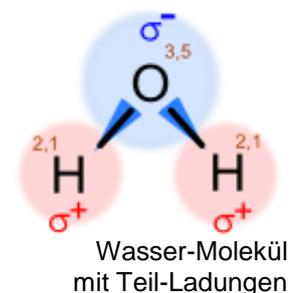
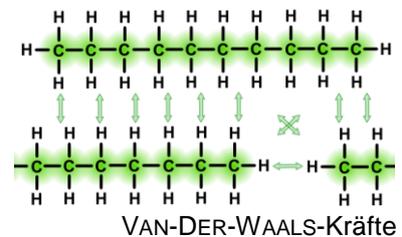
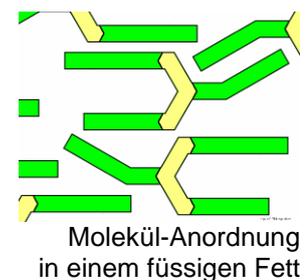
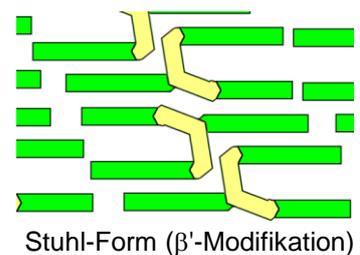
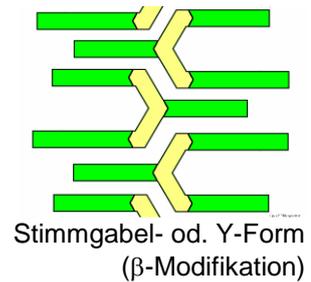
Für die **Fließeigenschaft** von Ölen gibt es zwei mögliche Ursachen. Zum Ersten kann dies durch kurzkettige Fettsäuren bedingt sein, die nicht genügend Haftflächen untereinander besitzen und sich dadurch nicht so stark anziehen können. Die zweite Ursache kann der Anteil an ungesättigten Fettsäuren sein.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

Da die Moleküle praktisch in Schichten bzw. Ebenen angeordnet sind ergeben sich gute Gleiteigenschaften und das Wachs-artige (scheinbar schmierige) Aussehen.

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 (lat.: *hydro* = Wasser; *phobus* = Feind).

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.

Ursache hierfür sind die unterschiedlichen starken Ansprüche der Atome auf die Bindungs-Elektronen. Der Sauerstoff hat mit einer elektronegativität von 3,5 eine deutlich größere Anziehungs-Kraft auf die Elektronen, als der Wasserstoff mit 2,1. Durch die Verschiebung der Bindungs-Elektronen zum Sauerstoff hin, wird dieser teilweise negativ geladen (partielle Ladung). Die Wasserstoff-Atome sind dagegen partiell positiv geladen.



Die Lösungs-Eigenschaften werden über die gegenseitigen Anziehungs-Kräfte (polare Kräfte) zwischen den Ladungen realisiert. (Genauerer zu Wasser finden Sie im Abschnitt → [3.7. Wasser](#)) Die Alkyl-Reste der Fettsäuren sind ausgesprochen unpolar. Sie können nur zu anderen unpolaren Stoffen Beziehungen aufbauen. Die VAN-DEER-WAALS-Kräfte und sind nicht zu polaren Kräften kompartibel.

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.

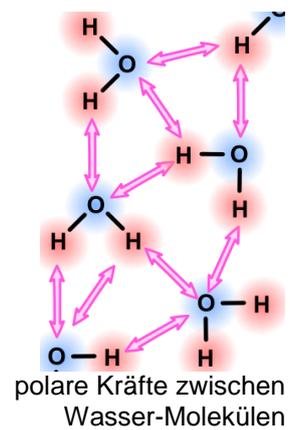
Wasserliebende Teile werden auch wasserfreundlich bzw. hydrophil (hydro = Wasser; philus = Freund) genannt.

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 (Lösungsmittel; aber auch nur bestimmte Molekül-Regionen usw.) nennen wir auch fettfreundlich (lipophil, lyophil). Die Fett-freundlichen Eigenschaften beruhen im Wesentlichen auf den exponierten, unpolaren Alkyl-Resten der Fettsäuren.

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 lipophil (fettfreundlich) genannt. Lipophobe Stoffe oder Molekülbereiche sind dementsprechend fettfeindlich – also hydrophil.

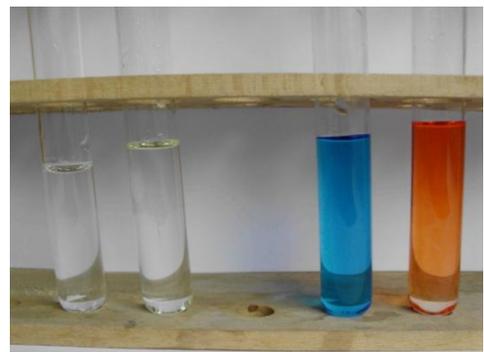


Aufgaben:

1. Stellen Sie Thesen (Voraussagen mit Begründung) auf, wie der Molekülbau von Alkohol und Aceton aussehen müsste!
2. Suchen Sie sich aus dem Tafelwerk oder anderen geeigneten Quellen die Strukturformeln für Alkohol (Ethanol) und Aceton heraus!
3. Prüfen Sie Ihre Thesen an den realen Strukturen!
4. Skizzieren Sie sich die wesentlichen Molekül-Strukturen eines Fettes als vollständige Struktur-Formel auf! Suchen Sie sich zu allen Elementen die Elektronegativität aus dem Tafelwerk | PSE heraus und machen Sie dann Aussagen zur Polarität der verschiedenen Bindungen | Molekül-Abschnitte!

Das Mischen von Öl und Wasser ergibt ein bekanntes 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 ihrer Umgebung abgrenzen. An der Phasengrenze kommt es zur sprunghaften Veränderung einer oder mehrerer Eigenschaften.

Besonders deutlich wird die gegenseitige Unlöslichkeit, wenn man die Phasen mit Farbstoffen versetzt.



So kann man die wässrige Phase durch – den nur in Wasser löslichen Farbstoff – Methylblau markieren. Für die Fett-Phase bietet sich der Farbstoff Sudan-III an. Er löst sich nur unpolaren Stoffen. Mit Hilfe der Farbstoffe ist nun auch deutlich zu erkennen, welcher Stoff sich auf Grund seiner geringeren Dichte oben absetzt.

Durch leichtes Schütteln kann nun versucht werden, die Phasen zu vermischen. Dabei entstehen Blasen, die jeweils im anderen Stoff nahe der Grenzfläche schwimmen.

Die angefärbten Phasen erleichtern dabei die Erkennung, welcher Stoff die Blase bildet und welcher Stoff in der Umgebung vorliegt.

Nach relativ kurzer Zeit vereinen sich die Bläschen und bilden letztendlich wieder zwei klare Phasen.

Aufgrund relativ starker Adhäsions-Kräfte – besonders an nicht gründlich gereinigten Gläsern – bilden sich relativ stabile Tröpfchen der einen Flüssigkeit in der anderen. Durch ein schwaches Schütteln kommen die fehl-positionierten Tröpfchen aber in Bewegung und treiben dann entsprechend ihrer Dichte nach oben (Öl) oder nach unten (Wasser). Beim Kontakt mit der Artgleichen Phase verschmelzen die Tröpfchen mit der Rest-Flüssigkeit. Ursache hierfür ist die Oberflächenspannung der Bläschen. In der Gesamt-Phase sind Volumen und Grenzfläche einfach besser zueinander verteilt. Diese Situation ist energetisch stabiler.

Versucht man Öl und Wasser durch intensives Schütteln vollständig zu vermischen, dann entsteht eine trübe Mischung von cremiger Konsistenz.

Die trübe Mischflüssigkeit nennt man **Emulsion**. Sie ist die Verteilung kleiner oder kleinster Tröpfchen des einen Stoffes in einem anderen.

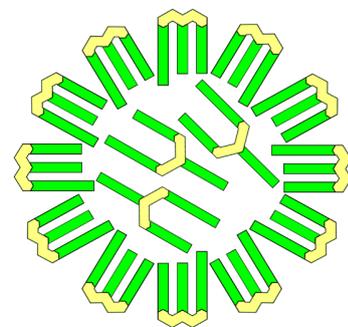
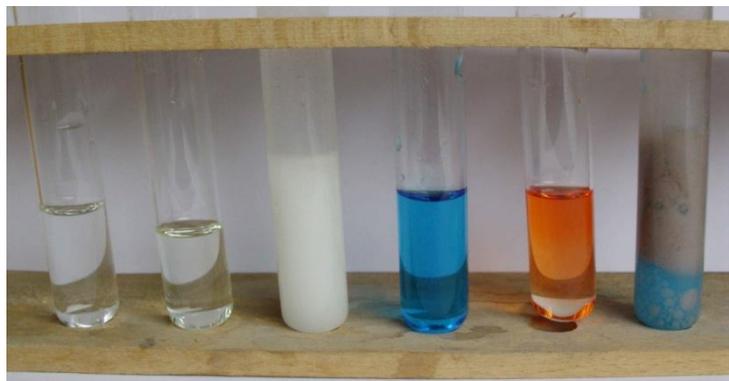
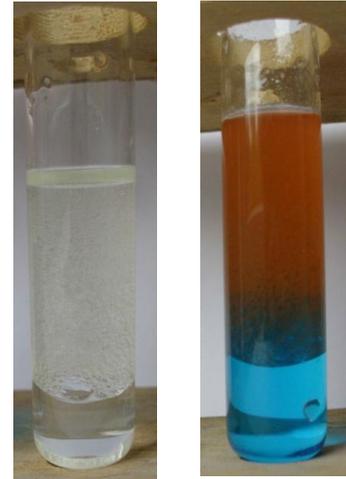
Die Tröpfchen können sich durch die ihnen eigene Oberflächenspannung stabilisieren. Bei Fetten ist dies besonders dadurch möglich, dass die Moleküle sich intern verdrehen.

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

Durch das Schütteln ordnen sich die Moleküle nun so an, das "Gleich und Gleich" beieinander sind.

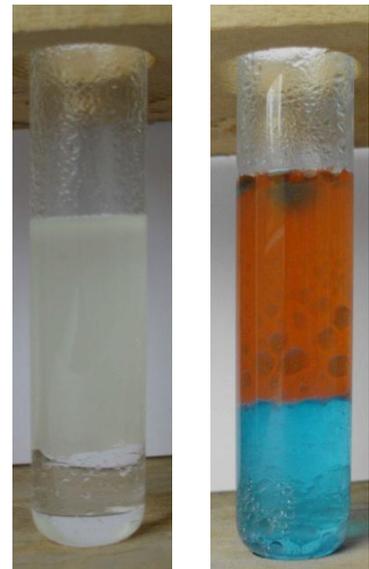
(Sprichwort: "Gleich und Gleich gesellt sich gern"; Chemische Lösungsregel: "Gleiches löst sich immer in Gleichem").



Anordnung der Fett-Moleküle in einem Fett-Tröpfchen

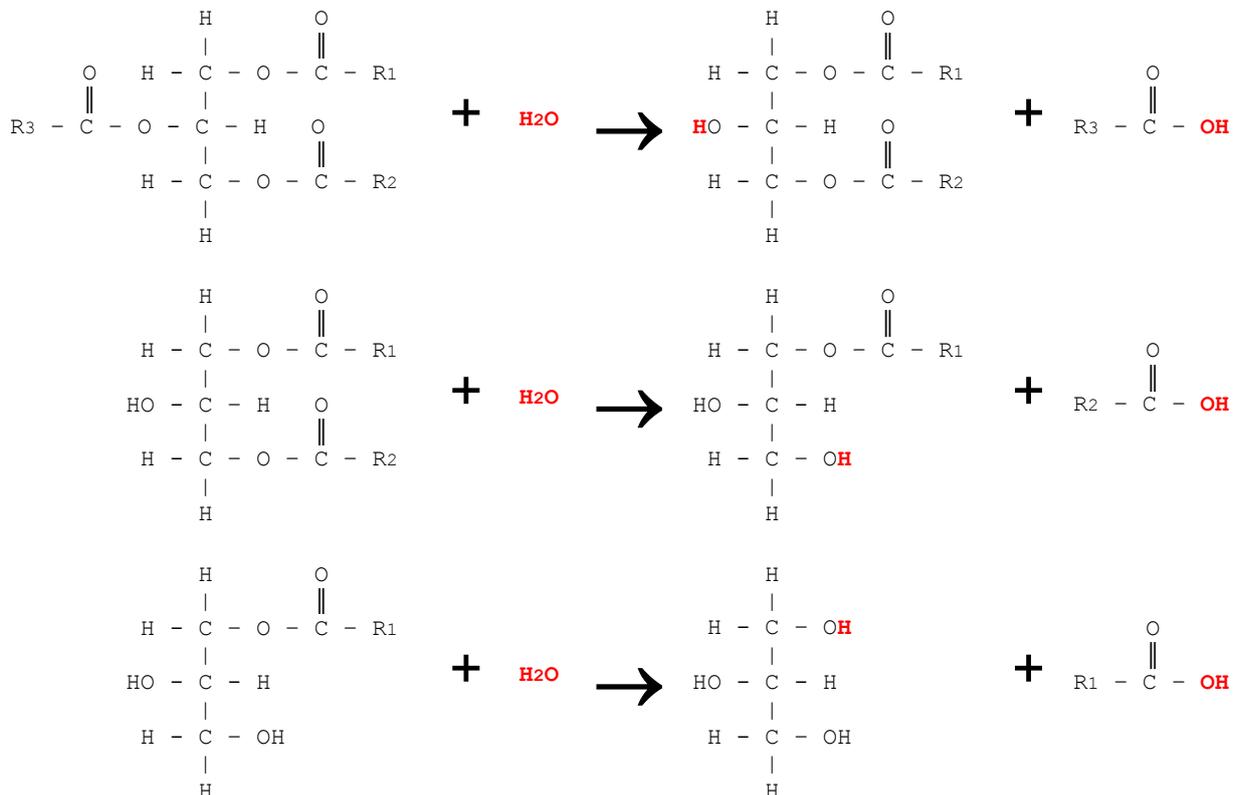
Je nach Wasser- und Fett-Anteil unterscheidet man **Fett-in-Wasser-Emulsionen** bzw. **Wasser-in-Fett-Emulsionen**. Obige Abbildung steht für eine Fett-in-Wasser-Emulsion. Kleine Tröpfchen sind bei Emulsionen die stabilsten Gebilde. Im Inneren sind sie z.B. fettliebend, nach außen wasserfreundlich und 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 sind (**Koaleszenz**). Im Extremfall kommt es zum Brechen der Emulsion – es bilden sich (weitgehend) die ursprünglichen Phasen zurück.

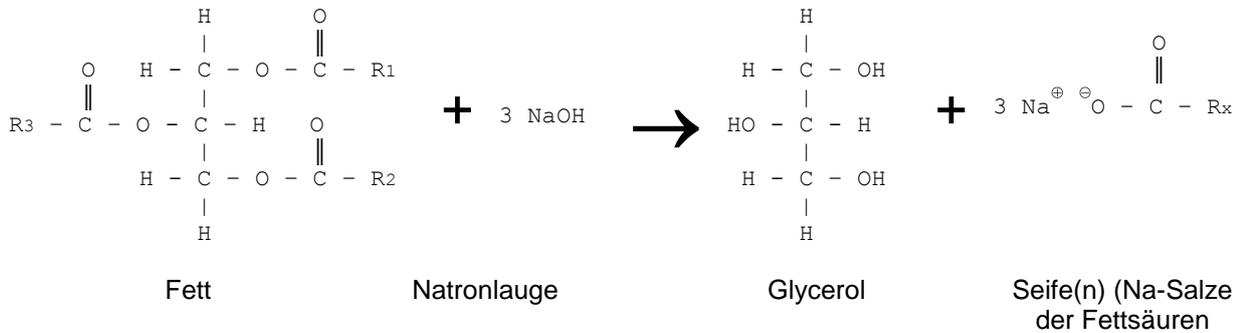


Fettspaltung:

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 bei Bedarf durchgeführt und 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, ergibt mit Kaliumhydroxid (Kalilauge) das Salz (/die Seife) Kaliumoleat.

In der Seifen-Industrie werden Abfallfette oder andere billige Fett-Quellen zur Seifen-Produktion verwendet. Unter hohem Druck werden die Fette aufgelöst 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.

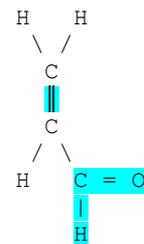
In unpolaren Lösungsmitteln, wie Benzin und Tetra(chlorkohlenstoff), lösen sich Fette meist sehr gut. Zwischen den Lösungsmittel- und den Fett-Molekülen können sich recht starke VAN-DER-WAALS-Kräfte aufbauen, die für eine gute Vermengung ineinander verantwortlich sind.

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 bzw. in die gasförmige(n) Phase zu bewegen. Weiterhin sorgen die VAN-DER-WAALS-Kräfte über die ganze Breite der Fettsäure-Moleküle für einen guten Zusammenhalt, der eben durch Energie-Zufuhr gebrochen werden muss.

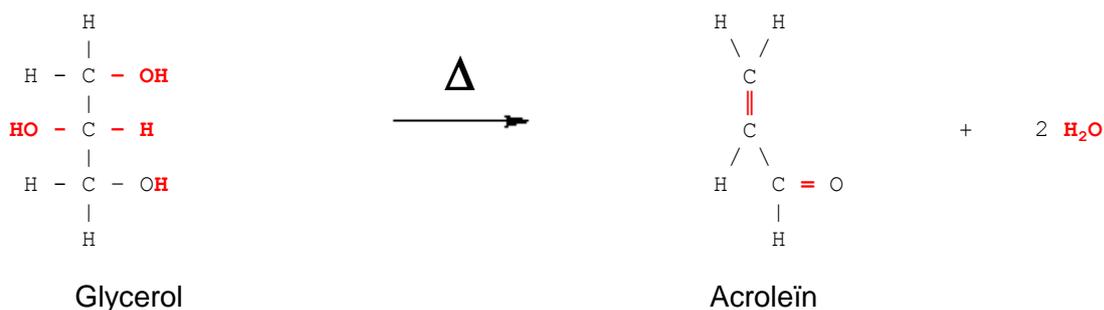
Viele Fette beginnen bei hohen Temperaturen an zu "Rauchen". Sie befinden sich an der Grenze zur eigenen Zersetzung und zum Verbrennen. Der **Rauchpunkt** (Temperatur, bei der sich das Fett unter Rauchentwicklung zersetzt (bei Erhitzung an der Luft)) ist für die unterschiedlichen Fette charakteristisch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

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

Der beißende 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 Schleimhaut-reizend. Es steht unter Verdacht, Krebs verursachen zu können.



Acrolein kann auch keine Fettsäuren mehr binden. Es kommt wegen der nun freien (, überzähligen) Fettsäuren zu einer Versäuerung des Fettes (sinkender pH-Wert).

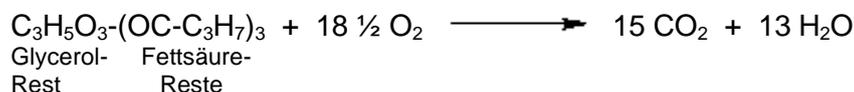


Fettsäure-Moleküle können durch Hitze oder Bakterien zu kleineren Molekülen umgewandelt werden. Dabei entsteht z.B. Buttersäure. Deren Geruch ist sehr stark und unangenehm (ranzig). Menschen können schon wenige Moleküle wahrnehmen.

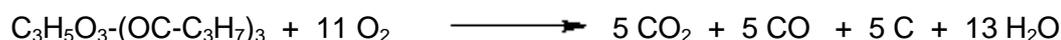
Auch reine Fette, die aus irgendwelchen Gründen Anteile an freier Buttersäure enthalten, werden als verdorben (ranzig) empfunden.

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 Kohlendioxid und Wasser.



Erst bei Sauerstoffmangel erhöht sich der Ruß-Anteil (Ruß ist reiner Kohlenstoff). Meist entsteht dann auch noch das giftige Kohlenmonoxid. (Anteile von CO_2 , CO und C in der folgenden Gleichung willkürlich gewählt. Es muß aber wenigstens 1x Kohlenmonoxid oder 1x Kohlenstoff bei einer unvollständigen Verbrennung entstehen! Gewöhnlich sind die Anteile natürlich größer.)

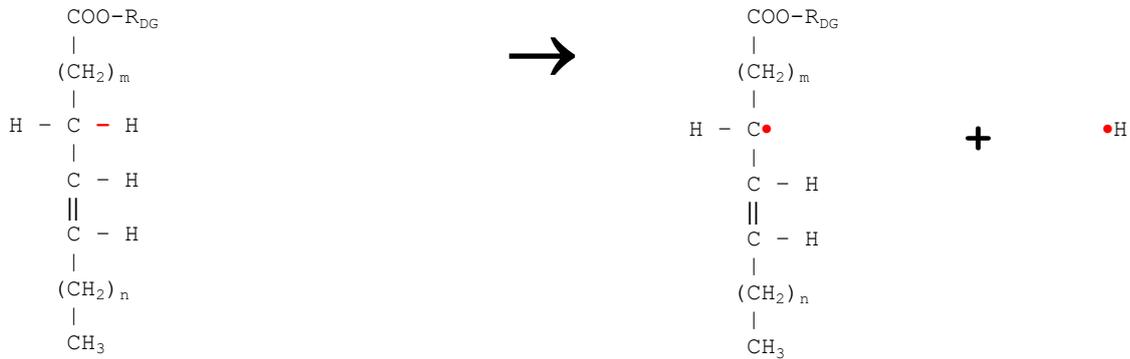


Fette können selbst auch als Lösungsmittel dienen. Interessant ist vor allem die Fähigkeit ätherische Öle (Duft- und Aromastoffe) und einige Vitamine zu lösen. Im Prinzip können Fette nur unpolare Stoffe lösen. Dazu gehören Benzin, Tetra(chlorkohlenstoff) usw. Dies ist dann bedeutsam wenn z.B. Lebensmittel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

Aufgaben:

1. Überlegen Sie sich, wie man die Summenformeln für ein spezielles Fett (Triglycerid) herausbekommen kann, ohne die komplette Struktur und Bildung aufzuzeichnen!
2. Berechnen Sie die Summenformel für ein Triglycerid | Fett, das aus Buttersäure, Ölsäure und Stearinsäure gebildet wurde!
3. Stellen Sie je eine Gleichung für die vollständige und die unvollständige Verbrennung dieses Fettes auf! (Verwenden Sie die Summenformel!)
4. Mit wievielen verschiedenen Seifen muss man rechnen, wenn das Fett von Aufgabe 2
 - a) (nur) mit Natronlauge (NaOH)
 - b) mit Kalilauge (KOH) und Natronlauge erfolgt? Erläutern Sie Ihre Lösung!

Fette mit ungesättigten Fettsäuren neigen zu einer starken **Autooxidation**. Diese ist umso stärker, je mehr Doppelbindungen enthalten sind. Besonders in der unmittelbaren Umgebung von Doppelbindungen sind die C-H-Bindungen leicht zu spalten. Die benachbarten C-Atome an einer Doppelbindung nennt man allylständige Kohlenstoff-Atome. Es reichen dafür dann schon relativ geringe Energie-Mengen, wie sie beim Erhitzen oder auch durch UV-Strahlung (Licht) wirken.



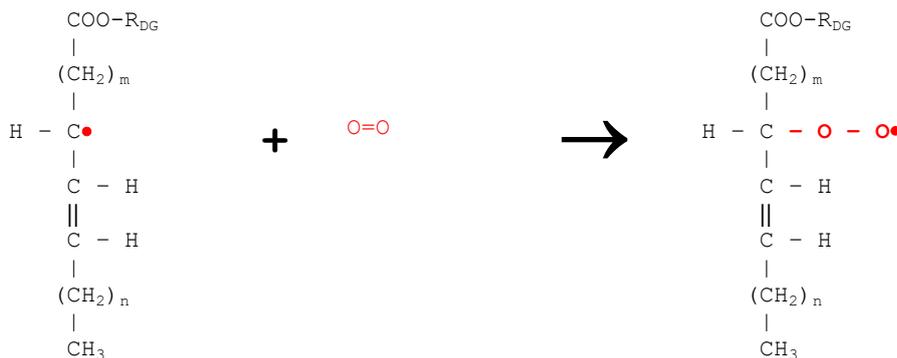
Fett-Molekül: unges. Fettsäure
an einem Diglycerid-Rest

Fett-Radikal

Wasserstoff-Radikal

Die Radikale sind sehr reaktionsfreudig. So kann z.B. das Wasserstoff-Radikal an einer Doppelbindung zu deren Zerstörung führen. Das so entstandene Fett-Radikal entspricht sachlich dem oben gezeigten (nur eben ohne Doppelbindung).

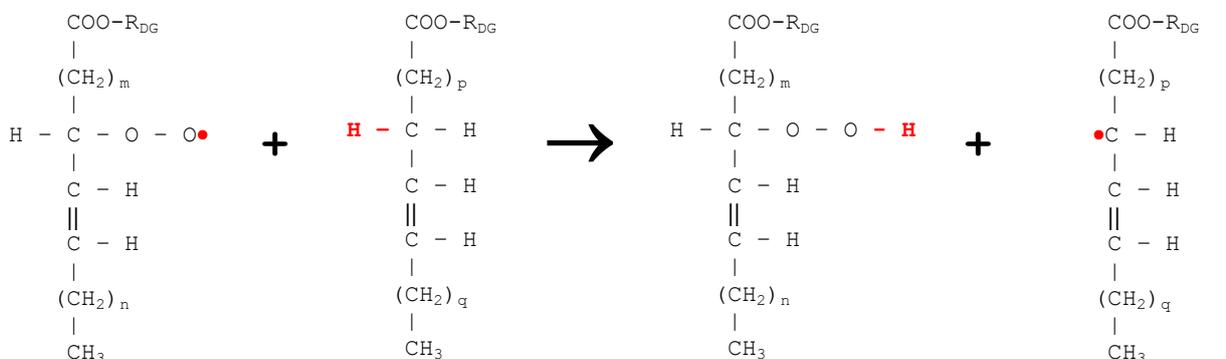
Bei einer Autooxidation reagiert Sauerstoff mit dem Radikal unter Bildung von einem Peroxid-Radikal.



Fett-Radikal

Peroxid-Radikal

Die Peroxid-Radikale sind nun reaktionsfreudiger. Es kann mit nebenliegenden (vollkommen intakten) Fettsäuren oder mit einem Wasserstoff-Radikal reagieren. Weiterhin ist auch Zerfall der Fettsäure möglich (Aldehyd-Bildung).



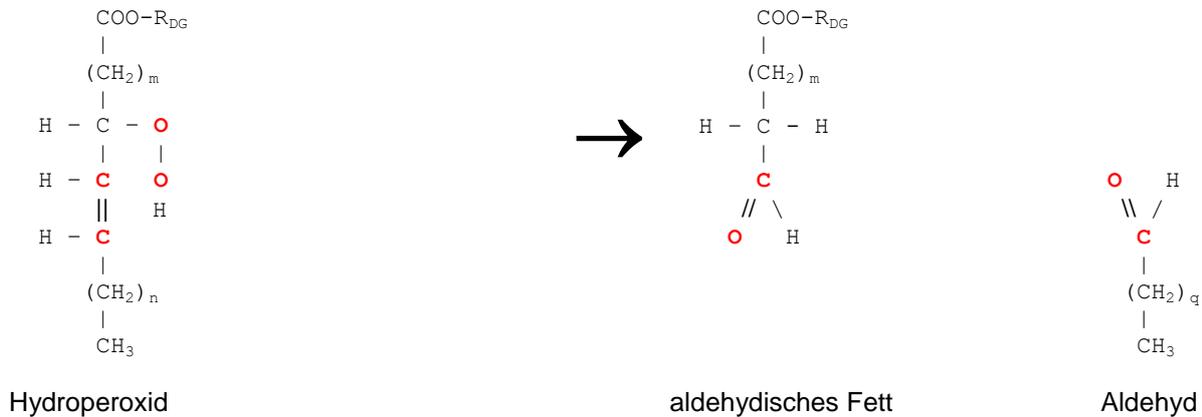
Peroxid-Radikal

intaktes Fett-Molekül

Hydroperoxid

Fett-Radikal

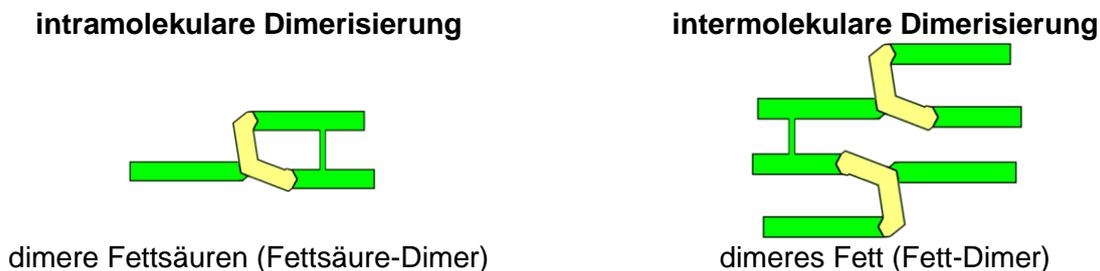
Reagiert das Peroxid intramolekular mit einer Doppel-Bindung, dann entstehen zwei Carbonyl-Gruppen. Die eine endständig am Fettsäure-Rest (des Beispiel-Fettes) und eine weitere an einem abgespaltenen – ehemaligen – Fettsäure-Rest. Das frei werdende Molekül ist dann meist ein Alkanal (Aldehyd) oder auch ein Alkenal, wenn noch mindestens eine Doppel-Bindungen enthalten ist.



Da der Reaktionsmechanismus radikalisch (unter Bildung und Weitergabe von Radikalen) abläuft, kommt es u.a. zu Kettenbrüchen (Aldehyd-Bildung) und Vernetzungen der Fettsäuren untereinander. Radikalische Reaktionen sind dadurch charakterisiert, dass sie sehr lange durch Übertragung von Radikalen von einem Molekül zum nächsten weiterreagieren können (Kettenreaktion). Erst wenn zwei Radikale miteinander reagieren, dann bricht die Kettenreaktion ab.

Durch Autooxidation kommt es wegen des Wegfalls der Doppelbindung – und der ev. auftretenden Vernetzung (inter- und intramolekulare Brücken) zwischen den Fettsäuren – zur Fetthärtung.

Unter Einfluß von hohen Temperaturen oder Strahlungs-Energie (UV-Licht) kann es auch zur Dimerisierung von Fetten kommen. Dabei reagieren die Fettsäure-Reste entweder intern (intramolekular) oder extern (mit einem weiteren Fett-Molekül). Der genaue Mechanismus dieser Reaktionen ist noch nicht vollständig geklärt.



Alle beschriebenen veränderten Fette sind nicht mehr für die menschliche Ernährung geeignet. Eine weitere Möglichkeit der **Fetthärtung** ist die Hydrierung von ungesättigten Ölen. Sie beruhen auf der Umwandlung der Doppel- in Einfachbindungen. Nur wird hier eben Wasserstoff unter Anwesenheit eines Katalysators benutzt.



Werden bei ungesättigten Fettsäuren die Doppelbindungen in einfache Bindungen umgewandelt bleiben die Fette aber weiterhin für die Ernährung nutzbar. Sie verlieren ev. nur ihre Essenziellität.

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).
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 Systemen 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 menschlich-logischer Sicht nicht immer nachvollziehbar sind.

Die nachfolgenden Vorgänge der Fett-Bildung (Lipogenese) in Organismen könnte man sicher auch bei den biologischen Eigenschaften (→) einordnen. Da wir aber hier vorrangig den Vergleich zum chemischen Pandong betrachten, soll die Lipogenese hier dargestellt werden.

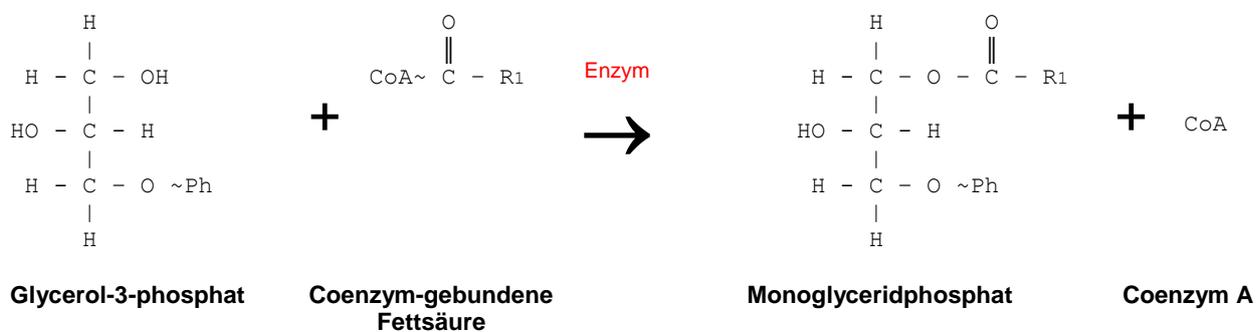
Fett-Bildung / Lipogenese

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 (anderen) Enzym (→ [Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel](#)) unterstützt, um die Reaktion auch unter den zellulären Bedingungen zu ermöglichen.

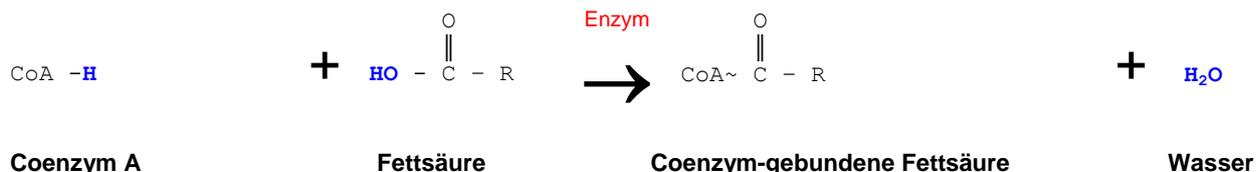
Ausgangspunkt für die Fett-Synthese ist ein aktiviertes Glycerol-Molekül (Glycerol-3-phosphat), was aus der Glycolyse (→ [Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel](#)) abgezweigt wird. Die Glycolyse ist der Zerlegungs-Vorgang von Glucose (Traubenzucker, Blutzucker) zum Zwecke der Energie-Gewinnung. 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 zu meist in abgekürzter Form in chemischen Gleichungen geführt: CoA od. Co A

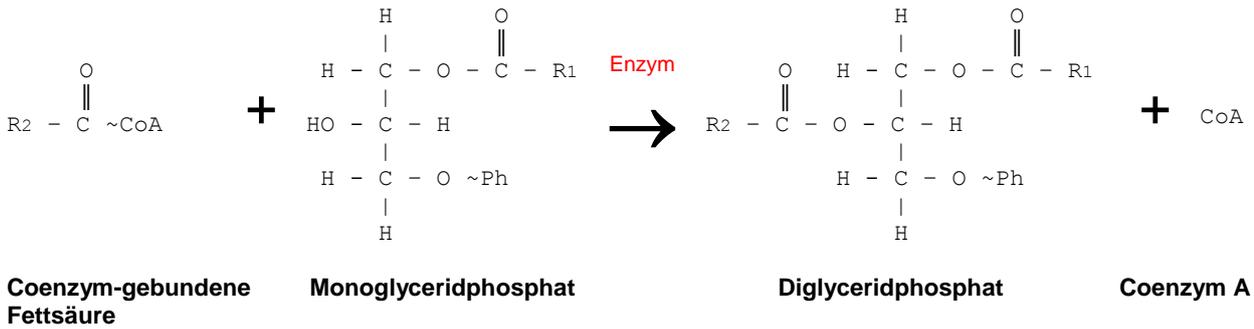
Die aktivierenden Bausteine werden zur Abgrenzung häufig statt mit einem Bindungsstrich mit einer Tilde (~, Wellenlinie) angebunden.



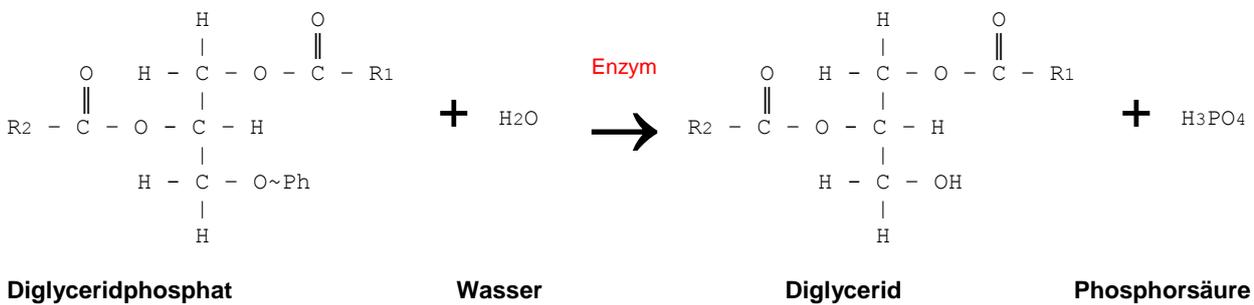
Die Wasser-Abspaltung, die wir bei der chemischen Synthese der Fette kennen gelernt haben findet bei der biochemischen Synthese immer schon einen Schritt vorher statt. In diesem wird eine Fettsäure an das Coenzym A angeestert.



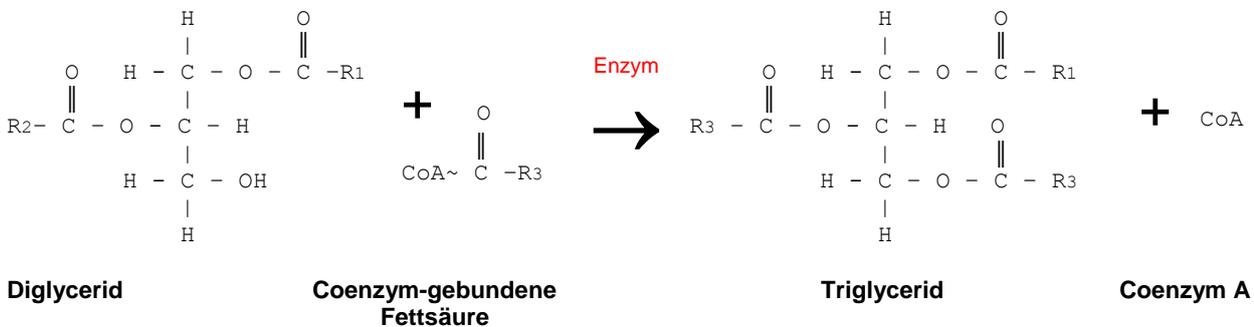
Der zweite Substitutionsschritt läuft völlig analog ab. Eine weitere Coenzym-gebundene Fettsäure wird an der mittleren freien Hydroxyl-Gruppe gebunden.



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



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



Aufgaben:

1. Stellen Sie die chemischen Gleichungen für die Biosynthese eines Triglycerids aus Buttersäure auf!
2. Lipasen sind Fett-abbauende Enzyme. Der Fett-Abbau läuft an ihnen als einfache Hydrolyse ab. Stellen Sie die Reaktionsgleichungen für den Schritt-weisen Abbau des unter 1. gebildeten Fettes auf!

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 (Depot-Fett)**.

Nun in wenigen Fällen wird Fett direkt zur Energiefreisetzung genutzt. In unserem Körper nutzen vor allem das Herz und die Leber Fette und Fettsäuren als **Energiequelle (Energie-Fett)**. Ansonsten sind es vor allem die Buttersäure-Bakterien, die Fette direkt zur Energiegewinnung nutzen. Besonders die Fettsäuren werden in kleinere Einheiten zerlegt. Diese Einheiten bestehen aus zwei Kohlenstoff-Atomen und heißen Essigsäure. In Zellen kommt diese Essigsäure hauptsächlich gebunden an einem Co-Enzym (Co-Enzym A) vor. Man spricht deshalb auch von Co-Enzym-gebundener Essigsäure (Acetyl-CoA). Das Abfallprodukt dieser Prozesse ist die Buttersäure mit ihrem sprichwörtlichen unangenehmen, ranzigen Geruch. Buttersäure-Bakterien kommen beim Menschen auch in den Talgdrüsen 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 (vor allem das Glycerol) müssen entweder in einfache Kohlenhydrate und die Fettsäuren in eine spezielle Form der Essigsäure (Acetyl-CoA, Co-Enzym-gebundene Essigsäure (am Coenzym A gebundenen)) umgewandelt werden.

Im festen und flüssigen Zustand bieten Fette einen guten **mechanischen Schutz**. Fettschichten findet man um alle inneren Organe. Allgemein sprechen wir vom **Organ-Fett**. Als relativ dicke Schicht ist Fett auch in unserer Haut angelegt.

Die **Wärme-Isolation** von Fettschichten ist sprichwörtlich. In der menschlichen Haut ist das isolierende Fett vor allem im sogenannten Unterhaut-Fettgewebe angelegt.

In allen Zellen sind Fette und ihre Abkömmlinge wichtige **Baustoffe**. Sie sind unverzichtbarer Bestandteil aller Membranen (Hüllen) um die Zellen und vieler ihrer Organellen. Hierbei sind auch die ungesättigten Fettsäuren von größter Bedeutung. Sie sind hier für die Stabilität der Membranen unbedingt notwendig. Leider können sie von den Zellen in unserem Körper nur zum Teil hergestellt werden. Wir sind deshalb auf die Zufuhr durch eine passende Ernährung angewiesen. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren werden darum beim Menschen auch als **essentielle Fettsäuren** bezeichnet. Essentiell bedeutet in diesem Zusammenhang, dass diese Fettsäuren für die gesunde Lebensführung unbedingt notwendig sind und unbedingt über die Nahrung aufgenommen werden müssen. Die wichtigste Quelle für essentielle Fettsäuren sind pflanzliche Lebensmittel. Ihre Fette - oder besser Öle - sind meist stark mit ungesättigten Fettsäuren angereichert. Aber auch in vielen Fisch-Arten findet man essentielle Fette (Fisch-Öle mit den sogenannten Omega-3-Fettsäuren).

Für den Menschen wird empfohlen, dass nicht mehr als 35 % der Energie-Aufnahme in Form von Fetten erfolgen sollte. Insgesamt sollten maximal 20 % der Energie aus ungesättigten und maximal 10 % aus gesättigten Fettsäuren stammen. Als recht günstig hat sich ein Verhältnis von **1 : 1 : 1** bei gesättigten, einfach ungesättigten und mehrfach ungesättigten Fettsäuren herausgestellt.

In modernen Industrie-gesellschaften liegt der Anteil der Fette an der Gesamt-Energie-Aufnahme bei über 40 %. Verbunden mit immer weniger körperlich anstrengender Arbeit und immer weniger Bewegung kommt es durch dieses Überangebot an Energie zu Übergewicht und anderen typischen Zivilisations-Erkrankungen.

Von großer Bedeutung sind Fette in speziellen Hüllen der Nervenfasern. Die sogenannten SCHWANNschen Zellen (SCHWANNsche Scheiden) dienen der **elektrischen Isolation** und sorgen auch für eine schnellere Erregungs-Leitung (saltatorische Erregungsleitung) (→ [📖 Biologie – Neurophysiologie](#)).

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			

Aufgaben:

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

Weitere Ausführungen zur Fett-Resorption (bei der Verdauung), dem Transport von Fetten, Fettsäuren, Glycerol und Fett-verbundenen Stoffen (z.B. Lecithin) findet der Leser im Teil-Skript Stoff- und Energiewechsel ([☞ Ernährungslehre – Stoff- und Energiewechsel](#)). Im Teil-Skript ([☞ Ernährungslehre – Gesunde Ernährung](#)) geht es auch um Erkrankungen, die mit Fetten in Beziehung stehen.

Die meisten ungesättigten natürlichen Fettsäuren liegen in der cis-Form vor. Die trans-Form wird vor allem durch deutlich erhöhte (genauer: überhöhte) Temperaturen, wie sie z.B. bei der Nahrungs-Zubereitung und –Verarbeitung auftreten können, gebildet.

Interessant ist in diesem Zusammenhang, dass die verschiedenen Formen (chemisch: Isomere) physiologisch z.T. völlig unterschiedlich wirken. Die cis-Formen wirken i.A. Cholesterin-senkend. Dagegen erhöhen die trans-Formen den Lipoprotein-Spiegel und den Trglycerid-Spiegel im Blut. Das HDL-Cholesterin ("gutes" Cholesterin) wird durch die trans-Isomere gesenkt und der Gesamt- und der LDL-Cholesterin-Wert ("schlechtes" Cholesterin) erhöht. Trans-Fettsäuren zählen heute als Risikofaktoren für viele Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Exkurs: Cholesterol (Cholesterin)

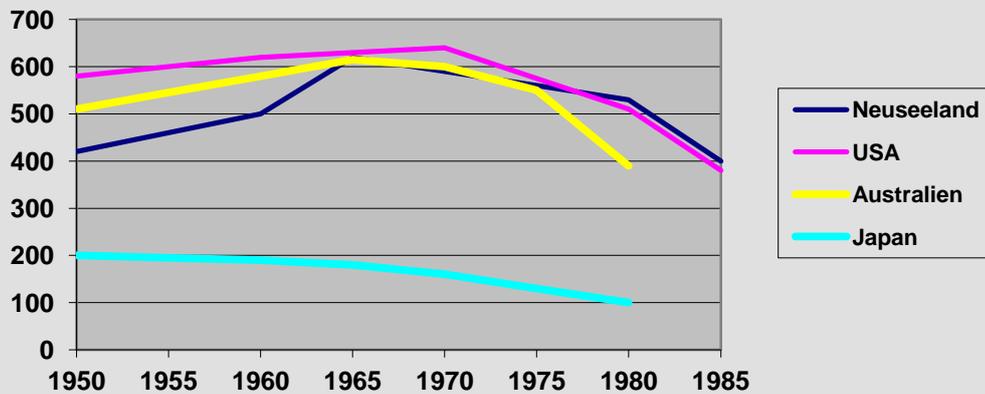
Neben den Fettsäuren ist das Cholesterol (früher und populär oft als Cholesterin benannt) der wichtigste Baustoff der Zellmembranen. Im Körper gibt es einen relativ stabilen Cholesterol-Spiegel. Er setzt sich aus dem selbstproduzierten (1000 bis 1500 mg/d) und dem mit der Nahrung aufgenommenen (300 bis 800 mg/d) Cholesterol zusammen. Selbst bei übermäßigem Angebot von Cholesterol 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 Cholesterol 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" ((populistischer Effekt) Befürworter wurden (in diesem Beispiel) mehr als sechsmal so häufig zitiert als Gegner) kamen die Falschaussagen in die Öffentlichkeit.

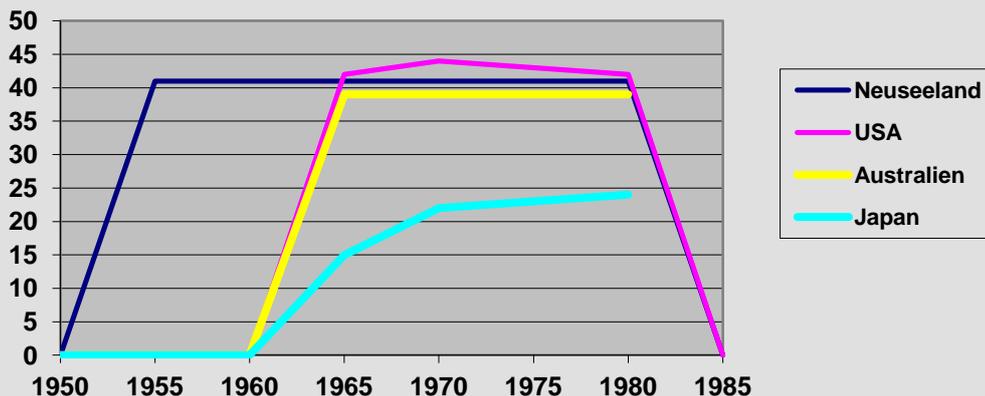
Heute gibt es keine gesicherten wissenschaftlichen Beweise für eine gesündere Ernährung durch Cholesterol-arme Nahrung.

Wissenschaftlich belegt ist dagegen, dass ein niedriger Cholesterol-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 Cholesterol- bzw. Serotonin-Pegel festgestellt.

Todesfälle durch koronare Herzerkrankungen (auf 100000 Einwohner)



Anteil von Fett an der Nahrungsenergie (in Prozent)



Q: /14/ (leicht verändert)

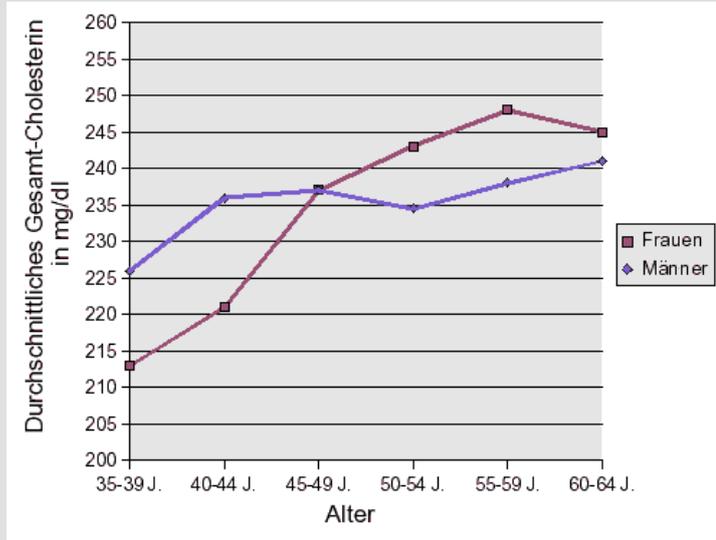
Mensch produziert 90 % allein; Gesamtgehalt beim Menschen um 140 g; 95 % davon intracellulär; Rest im Wesentlichen im Blut (→ Chylomikronen und ähnliche Lipoproteine(VLDL, LDL, HDL))

Gesamt-Cholesterol-Spiegel im Blut bei 35 – 65-Jährigen durchschnittlich 236 mg / dl (= 6,1 mmol / l); nimmt im Alter zu; bei Männern geringe Steigung; bei jungen Frauen deutlich unter den männlichen Vergleichswerten, im höheren Alter über den Werten der Männer; deutliche Erhöhung in der Schwangerschaft

1 mg/dl = 0,02586 mmol/l

1 mmol/l = 38,67 mg/dl

beim Transport von Cholesterol im Blut sind zwei Lipoproteine wesentlich beteiligt, genauer untersucht und bei Blut-Untersuchungen im Labor erfasst



Gesamt-Cholesterol-Werte in Deutschland (freiwillige Gesundheitsvorsorge-Untersuchung)

Q: de.wikipedia.org (Phrood) nach

<http://bibd.uni-giessen.de/gdoc/1999/uni/d990002.pdf>

LDL (Low Density Lipoprotein)

bei 35 – 65jährigen Frauen durchschnittlich 164 mg / dl und bei Männer bei 168 mg / dl

Absinken nach dem 55. Lebensjahr beobachtet (beide Geschlechter) , in dieser Form verbleibt Cholesterol mehrere Tage im Blut

erhöhte LDL-Werte werden als negativ betrachtet ("schlechtes od. böses Cholesterin")

HDL (High Density Lipoprotein); verantwortlich für Transport vom Gewebe zur Leber

zwischen den Geschlechtern stärkere Unterschiede; bei 35 – 65jährigen Frauen durchschnittlich 45 mg / dl und bei Männer bei 37 mg / dl

hoher HDL-Wert wird positiv interpretiert ("gutes Cholesterin"); weil Cholesterol zum Abbau in die Leber transportiert wird und somit kein arterielles Plaque entstehen könne; Plaque für Arteriosklerose (Arterien-Verkalkung (führt ev. zu Infakten, Thrombosen usw.) verantwortlich

praktisch wird der Quotient aus LDL- und HDL-Wert genutzt;

Frauen (obige Altersgruppe) durchschnittlich 3,9 Männer 4,9

Quotient aus Gesamt-Cholesterol und HDL liegt bei Frauen um die 5,7 und für Männer bei 7,0

Quotient korreliert stärker als Einzelwert mit den Risikofaktoren für koronale Herz-Krankheiten (KHK); aber kein gesicherter Zusammenhang

keine Korrelation zwischen Body-Mass-Index und Cholesterol-Spiegel

nach Untersuchungen der letzten 30 Jahre ist für Arteriosklerose vor allem chemisch verändertes (oxidiertes) Cholesterol verantwortlich

Cholesterol-Wege im Körper

1. **Aufnahme mit Nahrung** → Darm

2. **Leber** → Galle → Darm → Blut (in Chylomikronen) → **Leber (enterohepatischer Kreislauf)**

3. **im Blut: VLDL** (Leber → Gewebe) → **LDL** (Leber → Blut → Gewebe(→ Steroide, Membranen)) → **HDL** (Gewebe → Leber)

4. **Galle** (→ Gallensäuren) → Darm → **Abgabe mit dem Kot**

5. **Haut** (Talg-Drüsen) → Talg (*Abgabe mit abgestoßenen Haut-Teilen*)

Die moderne Lebensmittel-Technologie hat verschiedene Methoden entwickelt, um "überschüssiges" Cholesterol aus Lebensmitteln zu entfernen bzw. den Gehalt deutlich zu senken.

So kann man heute mit Mikroorganismen oder isolierten Enzymen Cholesterol abbauen. Diese biologischen Verfahren gelten als sehr unbedenklich und effektiv. Bei den chemischen Verfahren ist vor allem die Komplex-Bildung zu nennen. Mit bestimmten Komplex-Bildner verbindet sich das Cholesterol zu großen (z.B. ausfallenden oder abfiltrierbaren) Komplexen (z.B. Flocken). Bei anderen physikalisch-chemischen Verfahren wird die Adsorption (Anlagerung) an Aktivkohle oder Silicagel ausgenutzt. Rein

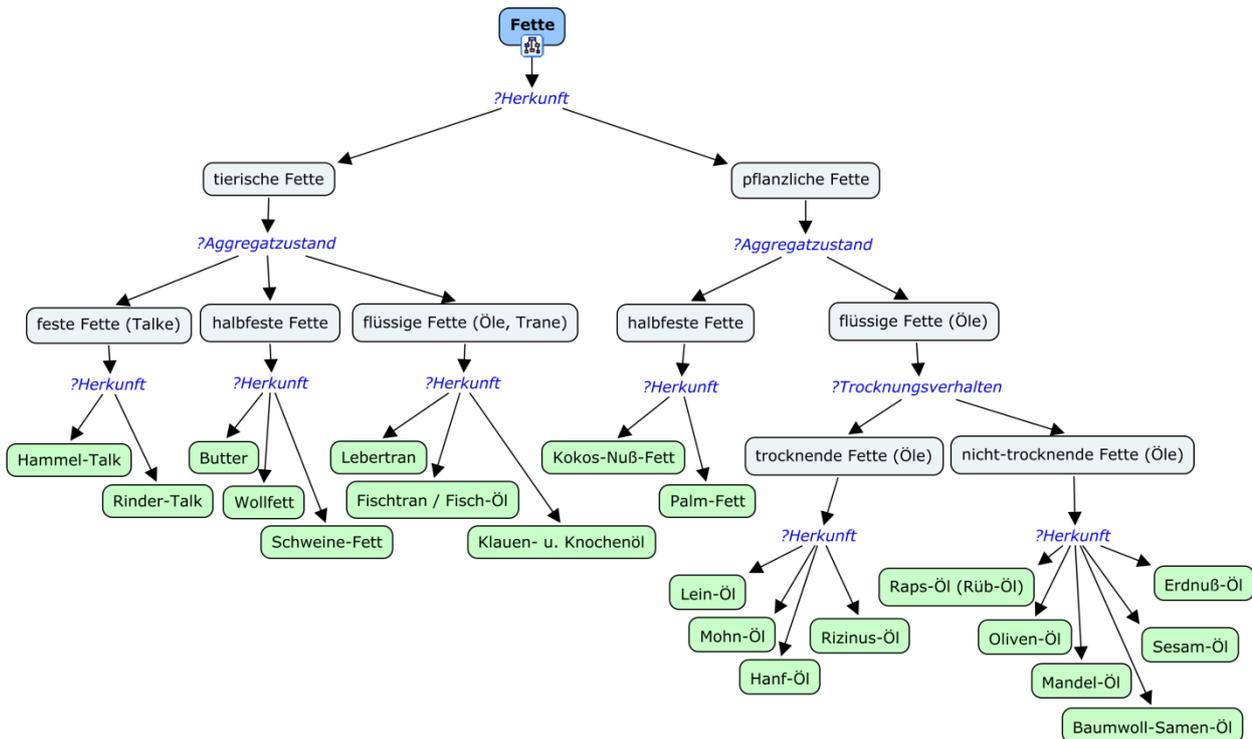
physikalisch funktionieren Destillation, Auskristallisierung und Extraktionen. Sehr modern ist die Hochdruck-Extraktion mit Cohlendioxiid.

weitere Ausführungen zum Stoff Cholesterol findet man unter: → [3.1.6.4.1. Sterine](#)

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.

Schmelz-Temperatur: Die Schmelztemperaturen reiner Fette variieren von ungefähr -20 bis +50 °C. Da im Allgemeinen die Fette auch keine Reinstoffe sind – sie also aus verschiedenen Bestandteilen zusammengesetzt sind – verzeichnen wir hier immer Schmelzbereiche. Dies liegt vorrangig an den leicht variierenden Zusammensetzungen, unter denen Naturprodukte immer "leiden". Nur Reinstoffe verfügen über definierte Schmelzpunkte. Besonders für die Einteilung und indirekt für die Verwendung wird gerne die Schmelztemperatur verwendet.



Fette mit **niedrigen Schmelz-Temperaturen** sind bei 20 bis 25 °C typischerweise flüssig und werden als Öl bezeichnet. Sie eignen sich besonders für Salate und Marinaden. Zur Konservierung werden geeignete Lebensmittel auch gerne in Öl eingelegt. Das flüssige Fett umfließt das eingelegte Lebensmittel und sorgt somit für einen Luft-Abschluß.

Die **höheren Schmelz-Temperaturen** von Fetten mit mehr ungesättigten Fettsäuren werden z.B. bei der Nutzung als Streich-Fett (z.B. Margarine, Schmalz) bevorzugt. Feste Fett-Überzüge werden aber auch bei Terrinen, Pasteten oder Sülzen als Schutz vor Verderb und Wasser-Verlust eingesetzt.

Siede-Temperatur: Genau so, wie bei der Schmelztemperatur, sprechen wir bei der Siedetemperatur nicht vom Siedepunkt, sondern vom Siedebereich. Die relativ **hohen Siedetemperaturen** machen Fette zum idealen Wärmeüberträgern 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 vieler Speisen (Röststoffe). Auch innerhalb der Moleküle – hier vorrangig an den Doppelbindungen der so wichtigen essentiellen Fettsäuren – kann es zu chemischen Veränderungen kommen (→ **Fetthärtung**). 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 – der eigentlich erwünschten – Stoffe (z.B. Vitamine) zerstören. Ein Kompromiß zwischen beiden Effekten wird meist durch eine optimale Zubereitungszeit und abgestimmte Gar-Temperaturen erzielt.

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

Dies muss besonders bei Fett-reduzierter Ernährung beachtet werden. Es reicht dann nicht aus, nur die Lebensmittel-eigenen Fette in irgendwelche berechnungen einzubeziehen, sondern es müssen Angaben zum Fett-Gehalt der fertig zubereiteten Lebensmittel betrachtet werden.

Fette, die z.B. relativ viel Eiweiß enthalten (Butter, verschiedene Margarine und Halbfettmargarinen) dürfen sowieso nicht so hoch erhitzt werden. Bei ihnen verbrennen dann die anderen natürlichen 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 Geschmacks 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 (RFB) verwendet.

Lebensmittel	Fettgehalt in m% (roh)	Fettgehalt in m%, (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 Frittierbeständigkeit (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

Neigung zum Rauchen: Wie schon erwähnt (→ [3.1.3.1. Allgemeine \(physikalische und chemische\) Eigenschaften von Fetten](#)), neigen die Fette bei höheren Temperaturen zum Rauchen. Der Rauchpunkt (Qualmpunkt) ist dabei die Temperatur, bei der sich ein Fett an der Luft unter Rauchbildung zersetzt.

Bei noch höheren Temperaturen zerfallen die Fette in ihre Bestandteile. Die freigesetzten Fettsäuren bewirken das **Sauerwerden** des Fettes. Das Glycerol wird chemisch z.B. in das Acrolein umgewandelt. Dieses macht den beißenden, ranzigen Geruch und Geschmack von verdorbenem Fett aus. Acrolein ist giftig, schleimhaut- und tränenreizend sowie cancerogen (Krebsverursachend).

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, Fett-Vererb**).

Brennbarkeit: Bei höheren Temperaturen oder direktem Flammenkontakt entzünden sich Fette. Können Fette mit ausreichend Sauerstoff abbrennen, besteht keine direkte Gefahr. Fette wurden früher vielfach auch als Brennmaterial verwendet (Öllampen, Talklichter). Viele Stoffe, die bei einer unvollständiger Fettverbrennung entstehen können, stehen im Verdacht Krebsauslöser zu sein. Für viele dieser Substanzen 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 in das 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 Fett-Nebel. Bei Kontakt mit einer offenen Flamme kann es dann zur Explosions-artigen Verbrennung kommen. Die Verbrennung setzt sich auch dann noch fort, wenn die Fett-Tröpfchen auf die menschliche Haut gelangen. Da sie hier gut haften und sehr heiß abbrennen, gibt es dann sehr unschöne Haut-Verbrennungen (mindestens 2. Grades).

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

Nach dem Löschen des offenen Feuers kann dann die Haut oder auch potentiell gefährdete andere Brand-Quellen mit Wasser gekühlt werden.

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 so nicht zur Auslaugung 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.

Fett	Rauchpunkt [°C]
Margarine	130 (– 150)
Oliven-Öl	138
Schmalz	160
Butter	130 – 150 – 175
Kokos-Fett	200
Mais-Öl	200
Rinder-Talk	210
Sonnenblumen-Öl	225
<i>pfl. Fette (allg.)</i>	250
<i>gehärtete F. (allg.)</i>	290

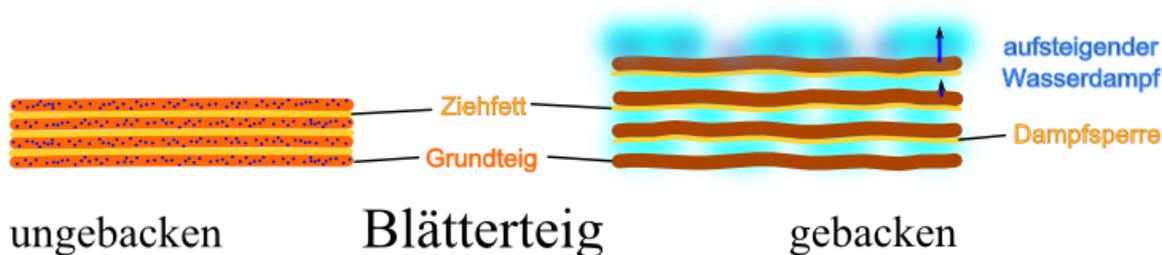
Datenquellen: /21, S. 391/

Eine ganz spezielle Art der Ausnutzung der Wasserunlöslichkeit von Fetten finden wir bei der Herstellung von Blätterteig-Gebäck (Feuilletage). Besonders gut sichtbar wird dies beim deutschen Blätterteig.

Ein Grundteig aus Mehl und anderen Zutaten wird ausgerollt und teilweise mit Zieh fett be- legt. Dann wird der freie Teigbereich über die beschichteten Teigstellen geschlagen (rüber- geklappt, touriert) und erneut gerollt. Dieses Übereinanderschlagen und Ausrollen wird u.U. mehrfach durchgeführt, so das am Ende dünne Schichten von Grundteig und Zieh fett übereinander liegen.



Blätterteiggebäck
Q: de.wikipedia.org (BMK)



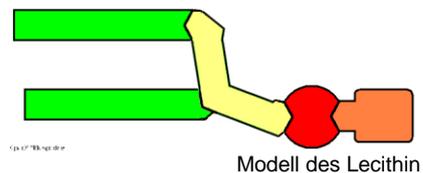
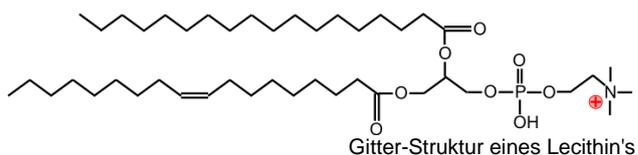
Als Zieh fette werden feste bzw. harte Fette verwendet. Die Bandbreite reicht von Butter bis zu hochwertigen Spezialfetten. Die mögliche und empfohlenen Schichtzahlen reichen von 144 (bei der empfindlichen Butter) bis zu 729 (bei Spezialfetten) und richtet sich nach dem Verwendungszweck.

Beim französischen Blätterteig wird der Grundteig in das Zieh fett eingeschlagen. Ohne Zwischenlage kommt der holländische Blätterteig (Blitz-Blätterteig) aus. Bei ihm wird reichlich (grob geteiltes / gehacktes) Fett in den eigentlichen Grund-Teig eingearbeitet.

Während des Back-Vorgangs bildet sich reichlich Wasserdampf, der aus dem Grundteig aufsteigt. Da die Fettschichten wie Dampfsperren wirken, drückt der Wasserdampf die einzelnen Teigschichten auseinander. Es entsteht ein besonders lockeres Gebäck.

Emulgierbarkeit: Die Fähigkeit Emulsionen zu bilden, wurde schon oben aufgezeigt (→ [3.1.3.1. Allgemeine \(physikalische und chemische\) Eigenschaften von Fetten](#)). Der Nachteil einer einfachen Emulsion aus Fetten und Wasser ist ihre Unbeständigkeit. Um eine Emulsion zu stabilisieren, benötigt man einen Emulgator. Dieser wirkt wie ein Klebstoff.

Lecithin (Lezithin) ist ein häufig verwendeter Emulgator. Es ist ein Lipoid – also Fett-ähnlich aufgebaut. Die mittlere und eine äußeren Kontaktstelle des Glycerols sind mit Fettsäuren besetzt. An der andere Seite ist eine andere Molekül-Gruppierung (Phosphorsäure (im Modell: rot) + Cholin (im Modell: orange)) verestert worden.



Diese Molekül-Gruppe ist sehr wasserfreundlich. Sie verstärkt den wasserfreundlichen Effekt des Glycerols weiter.

Durch das Lecithin verstärkt (stabilisiert) die Haftung zwischen Wasser und Fett. Neben Lecithin lassen sich aber auch viele Eiweiße (z.B. Eigelb) oder Senf als Emulgatoren einsetzen.

Das Eigelb war ursprünglich auch namensgebend für das Lecithin (lecithine = altgriech.: Eidotter).

Emulgatoren verbinden also zwei gegensätzliche (antagonistische) Löslichkeits-Merkmale (Löslichkeit in Wasser bzw. in Fett). Man spricht deshalb auch von einem Lösungsvermittler. Es gibt sie je nach Fettgehalt als **Fett-in-Wasser-Emulsionen** (FiW; O/W-Emulsion, fettarm) bzw. **Wasser-in-Fett-Emulsionen** (WiF; W/O-Emulsion, fettreich). Butter und Margarine sind typische Wasser-in-Fett-Emulsionen.

Je nach angestrebtem Emulsions-Typ kommen unterschiedliche Emulgatoren zur Anwendung. Neben den Lipid-ähnlichen Stoffen, wie z.B. dem Lecithin (s.a. oben) kommen auch Proteine zur Anwendung. Während sich die Lipide in die Fettschicht mit den E-förmigen Fett-Molekülen integrieren, bilden Proteine meist eine Zwischen-Schicht zwischen den Phasen.

Im Blut des Menschen kennen wir auch Fett-Tröpfchen - sogenannte Chylomikronen - bei denen kleine Proteine in die Außen-Schicht der Fett-Micellen eingestreut sind. Wie in biologischen Grenz-Schichten (Bio-Membranen) üblich sind hier aber auch vorrangig Phospholipide in der Außenschicht angeordnet. Phospholipide sind ebenfalls Lipid-ähnliche Stoffe. Sie besitzen an einem Glycerol-Rest nur zwei Fettsäure-Reste. An der dritten Position ist ein Phosphorsäure-Rest angeestert.

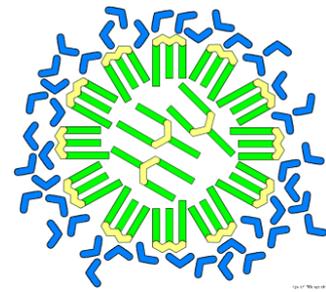
Als Merkmal wird der sogenannte HLB-Wert (hydrophilic lipophilic balance) nach GRIFFIN verwendet. Der Wert beschreibt die Verteilung der hydrophilen und hydrophoben (lipophilen) Anteile im Emulgator.

Die HLB-Werte liegen zwischen 1 und 20 (GRIFFIN-Skala).

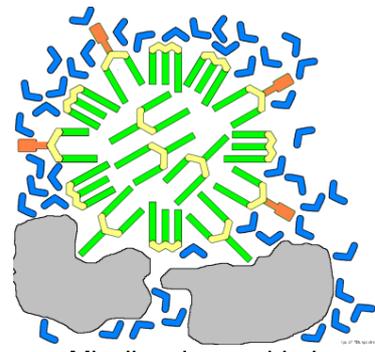
Eine Substanz mit dem höchsten möglichen Wert von 20 besteht aus Molekülen mit ausschließlich hydrophilen Teilen. Diese Obergrenze ist ein von GRIFFIN frei gewählter Wert. Der Wert 1 für die HLB dagegen bedeutet, dass der Stoff ausschließlich lipophil (Fettfreundlich, unpolar) aufgebaut ist.

Emulsionen übernehmen in der Ernährung und in der Lebensmittel-Herstellung oft die Rolle von reinen Fetten.

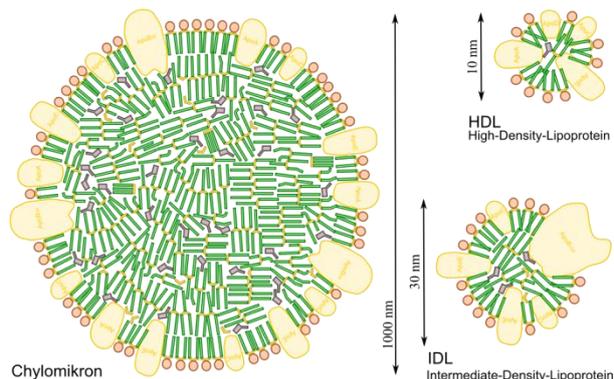
Aus praktischen Gründen unterscheidet man deshalb Emulsionsfette (z.B. Butter, Margarine, Sahne, Buttercreme) und Reinfette (z.B. Oliven-Öl, Palmfett, Schweineschmalz).



Fett-Tröpfchen (Micelle) in Wasser



Micelle mit verschiedenen Emulgatoren (grau: Protein)



HLB-Wert	Mischbarkeit mit Wasser	Verwendung	
1,5 – 3,0	unlöslich	Entschäumer	
3 – 8	milchig beim Einrühren	für W/O-Emulsionen	
7 – 9		Netzmittel	
8 – 18	stabile (milchige) Emulsion	für O/W-Emulsionen	
13 – 15	klare Emulsion / Lösung	waschaktive Substanzen	
12 – 18	klare Emulsion / Lösung	Lösungsvermittler	

Die Milch (natürlich auch die menschliche Muttermilch), Ei-Gelb, Blut und der Milchsaft der Wolfsmilch-Gewächse (Latex-Saft) sind natürliche Emulsionen.

Im Nahrungsmittelbereich ist Majonäse (Mayonnaise) eine typische und auch künstliche Emulsion.

Stoff / Stoffgruppe	HLB-Wert	Verwendung / Vorkommen / Funktion
Phospholipide	5	Zell-Membranen
Lysophosphatide	12 – 16	wichtig für die Informationsübertragung innerhalb der Zelle
Waschmittel	13 – 15	in Reinigungsmitteln

Zur Herstellung werden Öl und Zitronensaft bzw. Essig (als wässrige Phase) mit dem Emulgator Eigelb zu einer homogenen kalten Soße verrührt. Daneben können noch Gewürze und Salz hinzugegeben werden. Ein weiterer – ev. auch parallel mit hinzugesetzter – Emulgator ist Senf. Modernen Fett-reduzierte Majonäsen enthalten z.B. Joghurt oder Buttermilch. Bei ihnen ist das Volumen der Fett-Phase stark reduziert (FiW-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, ist in einer Vinaigrette 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 u.U. überkochen.

Emulsionen lassen sich aber auch gut nach ihrer Konsistenz einteilen. **Feste Emulsionen** sind z.B. Butter und Margarine. In Butter ist typischerweise rund 80 % Fett enthalten. Der Rest sind Wasser und verschiedene andere Milch-Bestandteile. Oft werden sie aber auch den halbfesten bzw. plastischen Emulsionen zugeordnet. **Flüssige Emulsionen** sind z.B. Milch, Salatsoßen oder – die schon besprochene – Vinaigrette. Sie sind bei Zimmer-Temperatur leicht bis bis wenig zäh-flüssig.

Technologisch stehen wir bei Emulsionen vor verschiedenen Schwierigkeiten. Da sich die Phasen – auch bei Stabilisierung durch Emulgatoren – irgendwann wieder entmischen, sind sie nur begrenzt Einsatz-fähig. Das Brechen ("Umkippen") einer Emulsion – wie man das Absetzen der Phasen auch nennt – bewirkt ein unschönes Aussehen. Salate mit Majonäse od.ä. werden sensorisch ungenießbar. Eine starke Zugabe von Emulgatoren bringt meist nichts, da nicht genügend Plätze für sie in der Oberfläche der Micellen vorhanden ist. Desweiteren sind so hohe Zusatzmenge auch geschmacklich und sensorisch nicht wirklich gewünscht.

Bei reinen Emulsionen (z.B. Majonäse) können leichte Absetzungen noch durch erneutes Emulgieren (Verrühren) aufgefrischt werden. Eine weitere Möglichkeit das Brechen der Emulsion zumindestens hinauszuzögern, ist die Kühlung. Dadurch sind die Moleküle weniger beweglich und das Zusammenfließen der Phasen deutlich hinausgezögert.

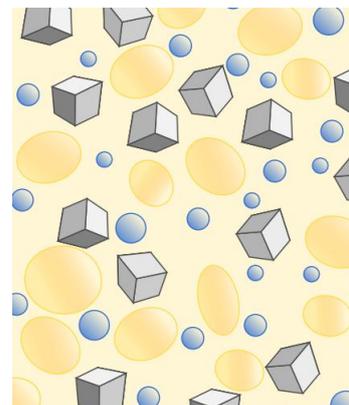
Bei Emulsionen mit Proteinen als Emulgatoren kann auch das Erhitzen zur Stabilisierung führen. Die Proteine gerinnen bei höheren Temperaturen und schränken dadurch die Beweglichkeit der Phasen-Grenze weiter ein.

Während bei Emulsionen mindestens zwei ineinander unlösliche, flüssige Bestandteile miteinander vermischt werden, wird bei einer **Dispersion** mindestens ein fester Bestandteil verwendet.

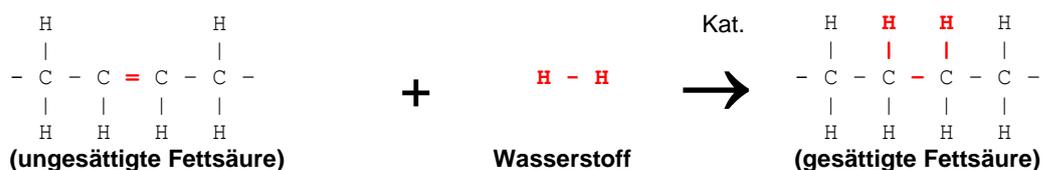
Der Begriff Dispersion wird fachlich exakt als Oberbegriff für alle heterogenen Stoffgemische verwendet. Ein fester Stoff mit einer Flüssigkeit gemischt, heißt Suspension. Im üblichen Gebrauch wird eine Suspension eher mit flüssig bis zähflüssig (cremig) assoziiert. Für festere Gemenge verwendet man meist den Begriff Dispersion.

Mürbeteig ist so eine Dispersion von Zucker, Mehl (Stärke) und Wasser in Fett.

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).



Mürbeteig (schematisch)



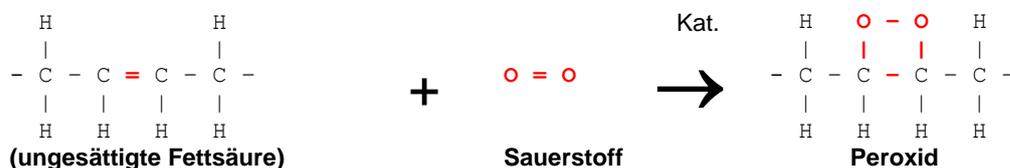
Die ungesättigten Fettsäuren werden also in gesättigte umgewandelt – die Fette bleiben dabei weiterhin für die Ernährung nutzbar. Der flüssige Zustand der genutzten pflanzlichen Fette (Öle) mit ungesättigten Fettsäuren geht durch das Hydrieren verloren. Deshalb spricht man von Fetthärtung.

Besonders für die Margarine-Produktion werden heute minder harte, billige Fette verwendet. Leider gehen bei der Hydrierung auch viele der physiologisch so bedeutsamen Doppelbindungen verloren. Trotzdem enthalten sie immer noch deutlich mehr essentielle Fettsäure als andere – natürlich feste – Fette, wie z.B. Schmalz oder Butter.

Kaiser NAPOLEON III stellte den französischen Chemiker Hippolyte 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.

Bis 1980 mußte in Deutschland der Margarine – leicht nachweisbare – Stärke zugesetzt werden, damit eine Unterscheidung von Butter einfach möglich ist. Heute wird nur noch Halbfett-Margarine mit Stärke versetzt.

Lichtempfindlichkeit: Fette sind sehr empfindlich hinsichtlich der Veränderung von Eigenschaften durch Licht. Dabei greift das Licht (besonders UV-Licht) nicht direkt das Fett-Molekül an, sondern der aus der Umgebung stammende Sauerstoff wird aktiviert (radikalisch gemacht). Dieser kann dann vorrangig mit den Doppelbindungen in ungesättigten Fettsäuren reagieren.



Als Produkte entstehen gefährliche Peroxide, die weiterhin sehr reaktionsfähig sind.

Für eine optimale Lagerung von Ölen bieten sich deshalb braune Flaschen an, die wenig Luftüberstand haben sollten. Gut eignen sich auch Metall-Behälter mit kleinen Gieß-Öffnungen.

Lösungsmittel: In Fetten lösen sich vorrangig fett-ähnliche Stoffe. Dies sind z.B. Lecithin und andere Lipide, Fettsäuren, ätherische Öle, viele Geschmacks- und Gewürzstoffe und Vitamine. Bei den Gewürzen sind es z.B. Paprika, Curry und Kurkuma, die kräftige fett-lösliche Farbstoffe enthalten.

Um verschiedene 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. Ein Mohrrüben-Rohkost-Salat ohne Fett-Begleitung nutzt hinsichtlich der "Vitamin A"-Versorgung reichlich wenig. Es fehlt einfach der Stoff, der das Vitamin löst und damit im Darm resorbierbar macht. Also sollten auch Rohkost-Salate mit Öl (vorrangig pflanzlichen Ölen mit ungesättigten Fettsäuren) angemacht werden.

Auch bei der Herstellung von Gewürz- oder Kräuterölen macht man sich das Lösungsvermögen der Fette für bestimmte Stoffe zu nutze. Die zumeist nur Fett-löslichen ätherischen Öle (Geschmacks- und Geruchsstoffe der Gewürze und Kräuter) werden so extrahiert.

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

Die Fett-Maserung von Fleisch ist ein wichtiges Qualitäts-Merkmal.

Gerade beim Braten und Grillen, wenn das Fett im fertigen Produkt verbleibt, ist ein gut durchwachsendes Stück Fleisch als Ausgangsmaterial besonders wichtig.

Bedingt durch bestimmte Eigenschaftskombinationen ergeben sich für viele Fette typische Verwendungen in der Küche. Siehe dazu auch auf den nachfolgenden Seiten die entsprechenden Tabellen mit vielen Beispielen.

Insgesamt spielt es nicht unbedingt eine herausragende Rolle, ob das reine Fett (z.B. Butter, Butterschmalz) verwendet wird oder der pflanzliche bzw. tierische Rohstoff (z.B. Milch). Oft ergibt sich hier für Energie-Bewußte eine gute Wahl-Möglichkeit, ohne auf die tragenden physiologischen und technologischen Eigenschaften zu verzichten.

Im Zusammenhang mit dem Lösungsvermögen kann es aber auch negative Effekte geben. So sammeln sich z.B. bestimmte Chemikalien besonders im Fettgewebe von Mensch und Tieren an. Nachgewiesen ist dies z.B. von DDT (Dichlordiphenyltrichlorethan). Wie viele andere Chemikalien kann DDT nicht durch biologische Prozesse abgebaut werden. Es verbleibt also ewig in den Ökosystemen. Obwohl es eigentlich nur in relativ kleinen Mengen in die Umwelt gelangt ist und breit verteilt wurde, konzentriert es sich innerhalb der Nahrungs-Ketten immer stärker auf. Besonders hart getroffen sind dann die Gipfel-Raubtiere, zu den z.B. je nach Nahrungs-Kette der Eisbär oder eben der Mensch gehört.

Paktisch kommt es zwischen den klssischen Stufen der Nahrungsketten um Steigerungen vom 10 bis 20fachen. Da wir uns nicht ausschließlich von Fisch ernähren – wie es z.B. einige Meeressäuger tun – relativieren sich die Werte sicher nach unten. Im Hinterkopf müssen uns aber auch die indiekten Einträge von Meeres-Organismen als Zusätze in Tier-Nahrungsmitteln und –Gemischen für die Massentier-Haltung bleiben. Die Gefährdung des Menschen sollte also nicht verachtet werden.



durchwachsendes Rind-Fleisch
Q: de.wikipedia.org (USGov-USDA (AlbertCahalan))



DDT - Struktur-Formel mit Namens-Erklärung
Q: de.wikipedia.org (Leyo)

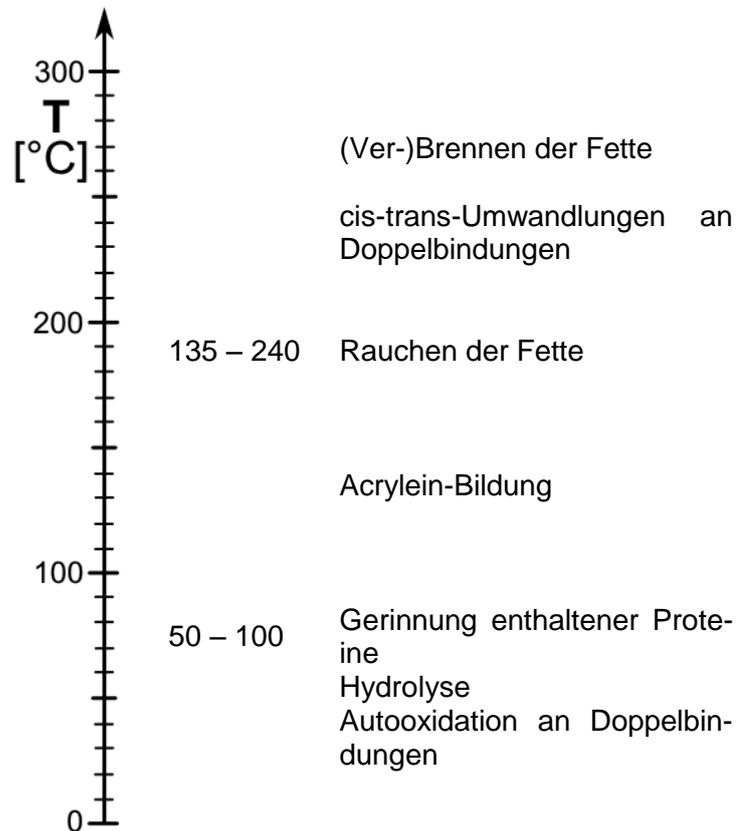
ökol. Gruppe	PCB-Gehalt [mg/l bzw. mg/kg Fett]	Anreicherungs-faktor in Bezug auf Wasser	
Wasser	0,000'002	1	
pfl. Plankton	8	40'000	
tier. Plankton	10	50'000	
Wirbelose	6	30'000	
Fische	18	90'000	
Seevögel	110	55'000'000	
Meeressäuger	160	80'000'000	

Bei ganz aktuellen Untersuchungen (VETTER, 2014) fanden die Forscher im Fett-Film von Dunstabzugs-Hauben und -Filtern recht große Mengen (im mg-Bereich) von Chlor-Parafinen. Diese auch als chlorierte Alkane (Halogen-Alkane) bezeichnete Chemikalien werden in extrem kleinen Mengen z.B. als Flamm-Schutzmittel in Elektro-Geräten und Küchen-Möbeln eingesetzt. Aus diesen gasen sie langsam aus und sammeln sich dann gelöst im Fett der Dunst-Abzugshaube. Von hier können sie wieder in die Raumluft entweichen. Insgesamt gelten die Chlor-Parafine als gesundheitlich bedenkliche bis sehr gefährliche Stoffe.

Einige der Chemikalien – z.B. PCB (Polychlorierte Biphenole) – stehen im Verdacht Homon-ähnlich zu wirken. Zumeist sind dies Wirkungen, die man weibliche Hormonen zuordnet. Die Langzeitwirkungen dieser "Hormon-Therapie" z.B. auf männliche Kinder und Jugendliche ist noch nicht geklärt.

Fettverderb: Der Fettverderb beinhaltet verschiedene Veränderungen der Fett-Eigenschaften, einige haben wir schon erwähnt (Rauchen der Fette, chemische Veränderungen (→ [3.1.3.1. Allgemeine \(physikalische und chemische\) Eigenschaften von Fetten](#)), ...). Er basiert somit meist nicht auf eine einzelstehende Eigenschaft, sondern vielfach auf die Kombination verschiedener Faktoren.

Für den Gebrauch als Lebensmittel eignen sich nur solche Fette, die höchstens geringfügig verändert (verdorben) sind. Im Allgemeinen kann man davon ausgehen, solange das Fett angenehm riecht, ist es auch genießbar. Wenn das Fett allerdings andersartig (ranzig oder reizend) riecht, sich deutlich verfärbt oder andere atypische Veränderungen aufweist, dann ist es verdorben und nicht mehr für die menschliche Ernährung geeignet.



Fette können z.B. durch Hydrolyse, Umsetzung des Glycerols zu Acrolein und begleitende Versäuerung, Dimer-Bildungen, Oxidationen, Hydrierungen (Addition an Doppel-Bindungen) usw. ihre biologische Bedeutung verlieren. Nur die typischen Fett-Moleküle können in Biomembran verbaut oder von Enzymen weiterverarbeitet werden. Abgewandelte Moleküle können im Stoffwechsel giftig wirken oder veränderte Effekte (meist negativ) hervorrufen.

Aufgaben:

1. *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!*
2. *Warum verwendet man für eine Lagerung von essentiellen Fetten am Besten braune oder Metall-Flaschen mit geringem Luftüberstand und einen kühlen Platz? Begründen Sie ausführlich!*

für die gehobene Anspruchsebene:

3. *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!*

Fett / Öl	Quelle / Herkunft	Verwendung	Bemerkungen
Butter	Kuhmilch	Streichfett, zum Dünsten und Verfeinern, für Teige und Massen Butterschmalz: zum Braten und Verfeinern	
Rinder-(nieren)-Fett	Rinderniere	Yorkshire- und eng. Christmas-Pudding	
Rinderfett	Knochenmark	für Suppen und Brühen, Klößchen, Risotto, zum Konservieren von Rinderfleisch, für Margarine	schwer verdaulich
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 Fischleberöl	Fischleber	Gewinnung von Vitaminkonzentraten, für Margarine und Kunstspeisefette	
Tran, Walöl	Unterhaut	für Margarine und Kunstspeisefette	heute untergeordnete Bedeutung

Fett / Öl	Quelle / Herkunft	Verwendung	Bemerkungen
Sonnenblumenöl	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 asiatische Küche
Maiskeimöl	Keimlinge	kalte Küche (z.B.: Salate)	
Distelöl Safloröl	Samen (Färberdistel)	kalte Küche (z.B.: Salate), diätetische Margarine	
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: gehärtetes 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	
Traubenkernöl	Samen (Weintraube)	kalte und warme Küche (z.B.: Salate, zum Braten)	
Haselnußöl	Samen	kalte Küche	
Baumwoll(saat)-öl		Speiseöl, Back- und Bratfett, für Margarine	
Walnußöl	Samen	Salatöl	

interessante Links:

<http://www.dr-bernhard-peter.de/Apotheke/Phytochemie/Fette.htm> (viele chemische Hintergründe)

3.1.4. Nachweise und Prüfverfahren für Fette

Die Überprüfung, ob z.B. in einem Lebensmittel Fett enthalten ist, wird wohl in der Schule immer gezeigt und auch selbst durchgeführt. Aber auch ohne hat jeder den Effekt gesehen, dass Margarine, Butter oder fettige Wurst auf dem Butterbrot-Papier einen deutlich sichtbaren Fleck hinterlassen.

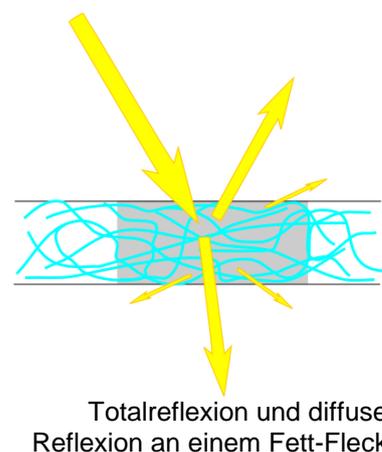
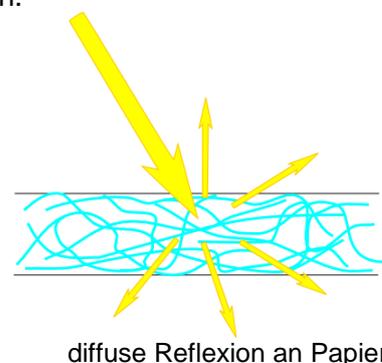
Die **Fettfleckprobe** wohl der leichteste Nachweis für Fette. Der Test beruht auf die Schwerflüchtigkeit von Fetten. Dies bedeutet, Fette verdunsten nur sehr schlecht. Fette hinterlassen auf Papier oder Textilien dauerhafte und durchscheinende Flecken.

Für den Test überführt man einen Tropfen der zu testenden Flüssigkeit auf das Filterpapier. Feste Proben werden direkt auf dem Papier aus- bzw. aufgepreßt. 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. von 15 oder 30 min festlegen. Wasser bietet sich aber auch als Blindprobe an.

Der Test beruht im Wesentlichen auf zwei Eigenschaften. Zum Einen gehört hierzu die schon erwähnte Schwerflüchtigkeit. Der Fleck bleibt langfristig erhalten, da Fett bei Zimmer-temperatur im Prinzip nicht verdampfen (verdunsten).

Zum Anderen verändern sich die optischen Eigenschaften an der Auftragestelle. Papier zeigt – bedingt durch die faserige Innenstruktur eine sehr diffuse Lichtreflexion. Es erscheint uns weiss. Der Fett-Fleck bewirkt eine starke Totalreflexion. Das Licht wird durch das Papier geleitet, aber auch gebrochen. Als Ergebnis haben wir einen durchscheinenden Effekt.

An der Auftragestelle kann man durch das Papier hindurch große Buchstaben einer darunterliegenden Testseite (z.B. eine Zeitung) lesen.



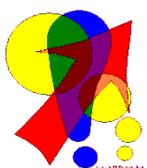
Als **Arbeitsschritte** für diesen **Test** ergeben sich:

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. Diese Form der kompakten Darstellung nutzen wir für die meisten regulären Tests. Im Schema sind alle relevanten Informationen enthalten. Beim Durchführen einer Probe wird man dann nicht von – vielleicht verwirrenden – Formulierungen in die Irre geführt.

Nachweis von Fett mit der Fettfleck-Probe (Hinweis auf Fette):

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



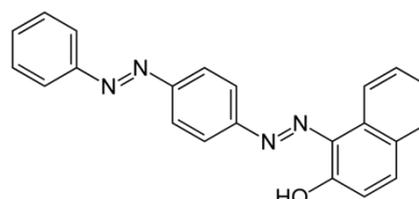
Beachten Sie, dass der Begriff "Probe" in der Praxis in zweierlei Bezug benutzt wird. So versteht man zum Einen eine bestimmte Untersuchungsmethode / einen Nachweis bzw. Test als Probe. Als Beispiel hatten wir gerade die Fettfleck-Probe. Zum Anderen wird ein Stück oder das gesamte Untersuchungs-Material als Probe – besser noch – als Stoff-Probe bezeichnet. Man zieht z.B. eine Probe. Das soll heißen, von einem Untersuchungs-Objekt wird ein Teil zum Untersuchen entnommen.

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 objektiv betrachtet 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.

Übliche Farbstoff-Test's (- wie Sie diese in der Schul-Chemie bisher kennen gelernt haben -) 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 (auch Sudan-Rot bzw. Sudanrot B) wird aber lediglich die Löslichkeit des Farbstoffes in Fetten genutzt. D.h. hier kommt es zu keinem Farbumschlag, sondern nur zu einer Aufkonzentrierung des Farbstoffes in den Fett-haltigen Lebensmitteln oder deren Fett-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.



Strukturformel von Sudan-III
Q: de.wikipedia.org (Jürgen Martens)

Nachweis von Fett mit Sudan-III-Lösung (qual. Test):

	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.

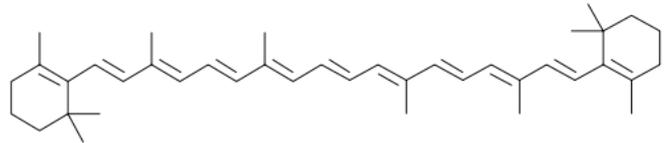
Für feste Proben wird auch die Verwendung von Sudan-III-Papier empfohlen. Hierbei wird die Probe auf dem Papier zerdrückt und sofort und nach rund 10 min wiederholt beobachtet.

Weiterhin geeignet wären auch 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.)

Mit anderen – nur in Wasser-löslichen – Farbstoffen, wie z.B. **Methylenblau** lassen sich die wässrigen Phasen anfärben. Eine – sogenannte – Kontrast-Färbung lässt sich dann durch gemeinsamen Einsatz von Methylenblau für die wässrige Phase und Sudan-III (od. auch Sudan-Rot) für die Fett-Phase realisieren. Diesen Kontrast kann man gut zur makroskopischen und mikroskopischen Untersuchung von Emulsionen nutzen.

Für einen Schnelltest mit Küchenmaterialien nutzt man die Eigenschaft der Fette aus, dass sie bestimmte Farbstoffe aus anderen Lebensmitteln bzw. Gewürzen gut lösen und in sich aufnehmen (absorbieren) können. Ein solcher Farbstoff ist z.B. das Carotin aus Mohrrübe oder Paprika.



Strukturformel von β -Carotin
Q: de.wikipedia.org (Slashme)

Nachweis von Fett mit Carotin (Paprika-Pulver) (qual. Test):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	Spatelspitze Paprika-Pulver		Orange- bis Rotfärbung (des Probenmaterials)	Fett
	(dunkelrot, braun)		anders	kein Fett

Alternativ lassen sich Curry oder Kurkuma einsetzen. Aus ihnen werden dann bestimmte gelbe Farbstoffe herausgelöst.

Nachweis von Fett mit gelbenFarbstoffen aus Lebensmitteln (Kurkuma- od. Curry-Pulver) (qual. Test):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	Spatelspitze Kurkuma-Pulver od. Curry-Pulver		Gelbfärbung (des Probenmaterials)	Fett
	(gelb)		anders	kein Fett

Wenn Lebensmittel oder andere zu testende Materialien schon selbst gefärbt sind, dann sollte immer eine Vergleichs-Probe mit Wasser oder dem verwendeten Lösungsmittel daneben gestellt werden. So kann man auch feine Farb-Unterschiede oder schleichende Veränderungen gut erkennen. Außerdem muss man beachten, dass in handelsüblichen Gewürzen auch viele andere Stoffe enthalten sind. Vieles davon löst sich auch in Wasser. Da können dann auch farbige Stoffe dabei sein. Die Ergebnisse sind dann weniger eindeutig.

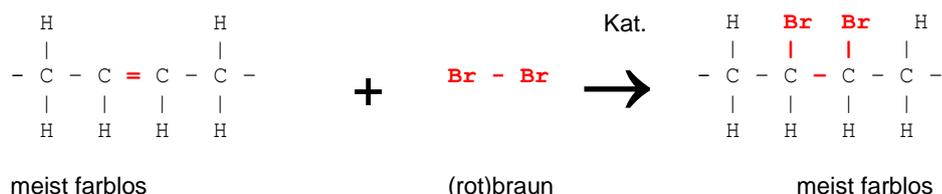
Besonders schön ist die Färbung von Ölen oder Fetten beim Arbeiten mit Mohrrüben oder Tomatenmark. Die Fette nehmen sehr schnell eine orange-rote Farbe an. Dies stammt von den Carotinoiden in der Mohrrübe. Die Farbstoffe färben z.T. so intensiv, dass man noch Wochen nach dem Benutzen in Plaste-Gefäßen die Farbe erkennen kann.

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 von Fetten aus. Es handelt sich also um **qualitative Tests**. Teilweise lassen sie sich auch für semiquantitative Aussagen gebrauchen. In solchen Fällen können grobe Aussagen zum vorhandenen Fett-Gehalt machen (z.B.: viel .. wenig; mehr .. weniger usw. usw.). Semiquantitative Tests reichen meist schon für einen Vergleich verschiedener Proben aus.

Für viele Anwendungen (amtliche Lebensmittel-Untersuchungen usw.) ist es aber nötig, genaue quantitative Aussagen zu machen.

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.

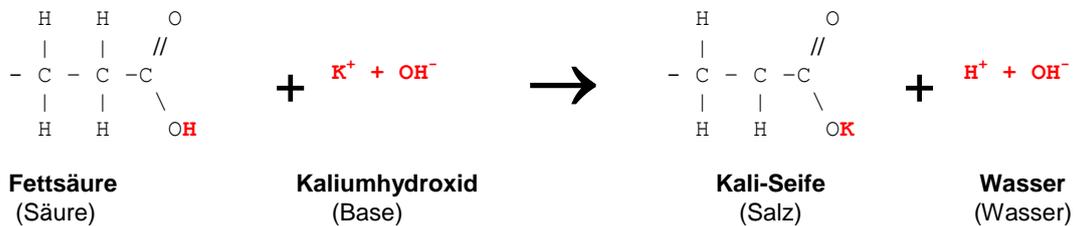
Eine vollquantitative Analyse setzt auch die Kenntnis des Brom-Gehalts (im Brom-Wasser) und des Fettgehalts in der Probe voraus.

Nachweis von Doppelbindungen mit Brom-Wasser (semiquantitativ):

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

Zur Bestimmung der exakten Menge (vollquantitativ) an ungesättigten Fettsäuren (genauer der Menge an Doppelbindungen) benutzt man die **Iod-Zahl** (alt: JZ (Jod-Zahl); neu: IZ). Auch hier wird die Anlagerungsfähigkeit 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 gebraucht 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.

Ein Fett mit einer Säurezahl bis 0,5 gilt als völlig in Ordnung. Bei Werten im Bereich von 0,9 bis 2,1 ist das Fett noch nutzbar. Steigt der Wert über 3,1, dann ist das Fett verdorben.

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).

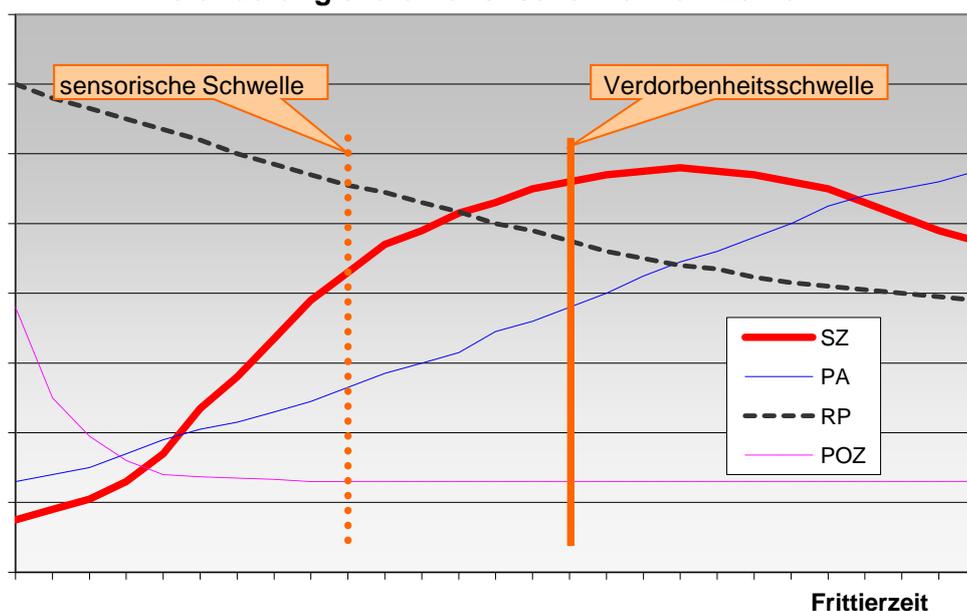
$$EZ = VZ - SZ$$

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 Acetylierung äquivalent ist.

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

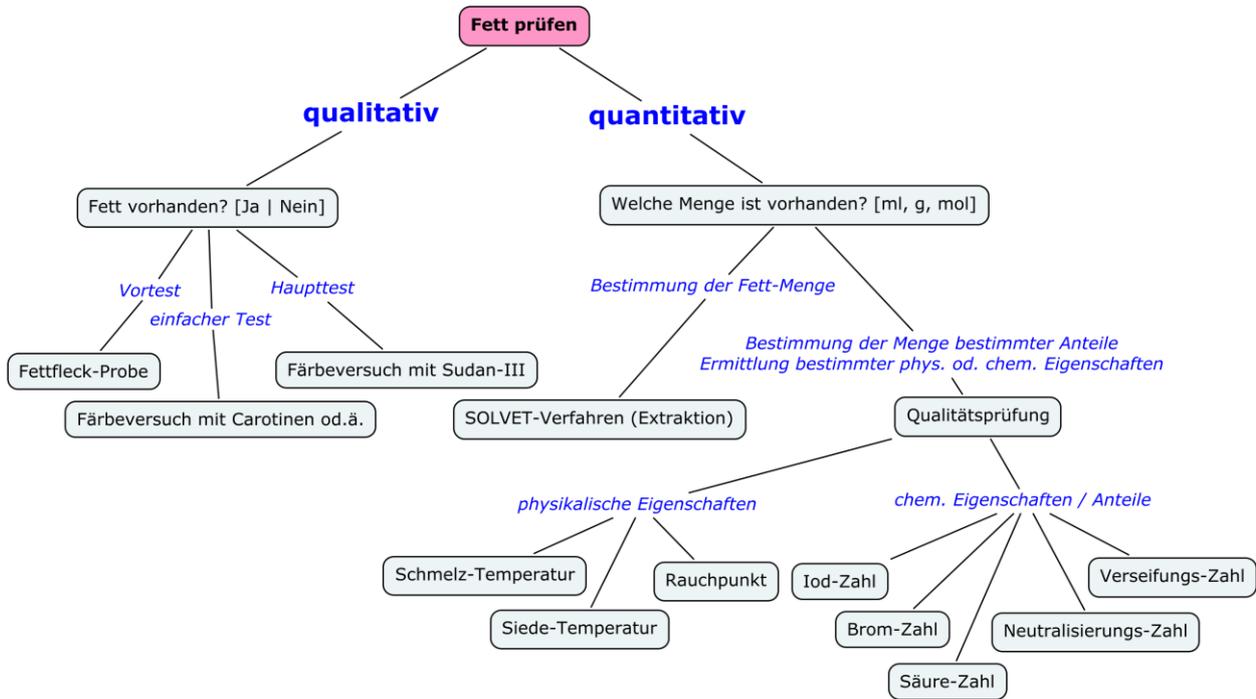
Zu Vergleichszwecken kann man auch die Rauchpunkte eines Fettes verfolgen. Mit steigender Frittierzeit sinkt der Rauchpunkt immer mehr.

Veränderung charakteristischer Fettkennzahlen



SZ .. Säure-Zahl; PA .. ; RP .. Rauchpunkt; POZ .. Peroxid-Zahl

grobe Übersicht über mögliche Fett-Untersuchungen:



Kennzahlen ausgewählter Fette

Fett	Schmelz-Punkt [°C]	Iod-Zahl (nach ???)	Verseifungs-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	39	42	
*)				17	56	42	
Heringsöl				22	56	22	
Leinöl	-27 ... -16	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	-18 ... -8	125 – 134	190 – 193	15	21	64	
Sesamöl	-6 ... -4	103 – 115	186 – 195				
Sonnenblumenöl	-18 ... 11	130		13	23	64	
feste Fette							
Butterfett	26 ... 39	26 – 46 (35)	220 – 233	64	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

Praktikums-Aufgaben:

Praktikum "Prüfung auf Fett-Gehalt" (30 - 45 min)

Prüfen Sie Salatöl, 2 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (vorrangig flüssig) auf ihren Fett-Gehalt (qualitativ)! Gut geeignet sind die folgenden Lebensmittel (kein Muss, nur Empfehlung!):

Milch, Sahne, Majonäse, Quark, Frischkäse, Marmelade, Säfte, Avocado, Streichwurst, 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 abgearbeitet 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?

Praktikum "Löslichkeit und Mischbarkeit von Wasser und Fett" (45 min)

Untersuchen Sie die Mischbarkeit | Löslichkeit sowie die Stabilität der Mischung (über 20 – 25 min) von Öl in Wasser

a) bei einfachem Mischen | Zusammengießen

b) bei leichtem Schütteln

c) bei kräftigem Schütteln!

Hinweise zum Protokoll:

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

1. Was versteht man unter Löslichkeit / Mischbarkeit von Stoffen?
2. Wie ist es um die Löslichkeit von Öl in Wasser oder andersherum bestellt? Warum ist das so?
3. Welche Beobachtungen erwarten Sie, wenn Sie die Versuche durchführen (Voraussage)? Warum müsste es gerade so sein (Begründung)?
4. Wieviele Thesen sind notwendig? Wie lauten die experimentellen Thesen?

3.1.5. Ergänzende Experimente zu und mit Fetten

Extraktion von Fetten aus Lebensmitteln

Materialien / Geräte:

SOXLETH-Apparat; 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-Apparat 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:

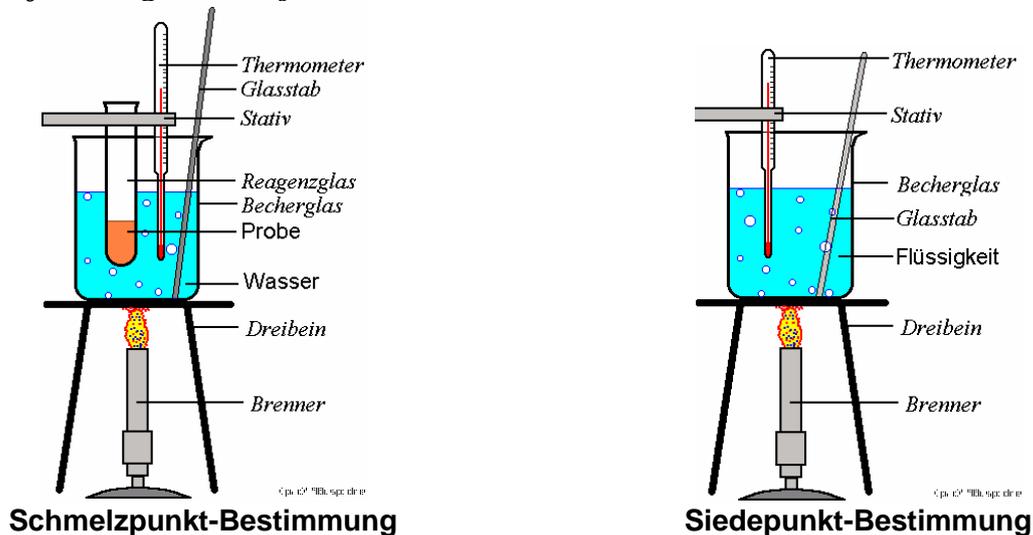
- die Löslichkeit kann auch in Abhängigkeit von der Temperatur untersucht werden (unter Erwärmung auf z.B. 60 od. 80 °C und nachfolgender Abkühlung auf Zimmertemperatur)

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 Schmelz- bzw. Erstarrungspunkt flüssiger Öle zu bestimmen
- bei der Siedepunktbestimmung Brandschutz beachten (Löschdecke, Deckel für Probegefäß, Feuerlöscher)!

Verseifung eines Fettes

Grundlagen / Prinzipien:

Die Bildungsreaktion 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)

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 (Phenolphthalein); Bürette; Kalilauge (Kaliumhydroxid); ERLLENMEYER-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:

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

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

Bestimmung der Iod-Zahl eines Fettes

Grundlagen / Prinzipien:

Die Iod-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 Iodmonobromid zugesetzt
- unter Zusatz von Stärke-Lösung, 10 ml 10%iger Kaliumiodid-Lösung und 100 ml Wasser wird mit 0,1N-Natriumthiosulfat titriert

Berechnung:

$$IZ = 1,269 \frac{V_{HV} - V_{BV}}{m_{Probe}}$$

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 Iod

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 Acrolein (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	→ SZ = 0,5	→ ok.
hell- bis mittelbraun	→ SZ = 0,9 – 2,1	→ noch nutzbar, muss bald ausgetauscht werden
dunkelbraun	→ SZ > 3,1	→ 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

Kontrast-Färbung mit Sudan-Rot (Sudan-III) und Methylenblau

Grundlagen / Prinzipien:

Sudan-Rot (Sudan-III) ist ausschließlich Fett-löslich; Methylenblau löst sich nur in Wasser

Materialien / Geräte:

kleine Reagenzgläser (besser noch Sprungdeckel-Dosen), alte sehr feine Damen-Strumpfhose, Haushalts-Gummi's, Sudan-Rot (fest, kristallin), Methylenblau (fest, kristallin),

Vorbereitung:

- in die trockenen Reagenzgläser werden geringe Mengen der Farbstoffe gefüllt
- über die Öffnung wird ein Stück Damen-Strumpfhose gespannt (ev. doppelt verwenden) und mit Haushalts-Gummi's fixiert
- die gebauten Farbstoff-Streuer beschriften

Durchführung / Ablauf:

- auf die Untersuchungs-Objekte jeweils nur wenig von jedem Farbstoff streuen
- kurz einwirken lassen (Farbstoffe müssen sich erst lösen)

Tip und Q: Dr. E. NITSCHKE (Uni Frankfurt)

Zusatzuntersuchung:

- unter dem Mikroskop lassen sich auch Mikroregionen erkennen und unterscheiden; z.B. Fett-Tröpfchen in Milch usw.

Fette als Aroma-Träger

Materialien / Geräte:

dicht verschließbare Haushalts-Gläser (Marmeladen-Gläser); Fett (z.B. Margarine-Würfel 1 – 2 cm Kantenlänge; Schokoladen-Stücke); Aroma-Quellen (z.B. Knoblauch, Fenchel (z.B. Teebeutel), Zwiebel, Gewürze, ...)

Durchführung / Ablauf:

- Fett und Aroma-Quelle möglichst getrennt in das Glas füllen; fest verschließen und für 1 Woche an einem kühlen Ort (z.B. Gemüsefach des Kühlschranks) aufbewahren
- Aroma-Quelle entfernen; einmal kurz durchlüften (oder Fett in neues Glas überführen) und Glas wieder verschließen
- nun kann die Geruchs-Probe erfolgen (kann auch noch nach 1 bis 4 Wochen gemacht werden, wenn das Glas zwischenzeitlich kühl und dunkel gelagert wurde)

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:

-

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
Porzellangefäß (100 - 200 ml) (Tasse; kleine, hohe Schale), Plastikwanne mit Eiswasser, Rührstab (Schneebeesen)

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 Testament 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 Lipide als auch Stoffe, die häufig mit Fetten assoziiert werden bzw. sind.

In mancher Literatur werden verschiedene Stoffgruppen (Phospholipide, Fettsäuren, Steroide, Gallensäuren usw. usf.) zu den Lipiden gezählt. Dieser Zuordnung folgen wir hier nicht!

3.1.6.1. weitere Lipide

wir unterscheiden nicht hydrolysierbare und hydrolysierbare Lipide

zu den nicht hydrolysierbaren Lipiden gehören:

- Carotinoide
- Steroide
- (freie) Fettsäuren

zu den hydrolysierbaren Lipiden werden neben den Tri(acyl)glyceriden (Fette, Neutralfette) noch:

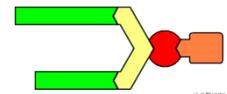
- Phospholipide
- Wachse
- Glycolipide

gezählt.

insgesamt also sieben Stoffgruppen

3.1.6.1.1. Phospholipide (Phospholipide)

Lecithin (Lezithin)



Kephalin

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

3.1.6.1.2. Wachse

Veresterungsprodukt einer höheren Fettsäure mit einem (höheren) einwertigen Alkohol auf Blättern und Früchten verschiedener 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; $C_{15}H_{31}COOC_{30}H_{61}$)

Walrat

reich an Hexadecylpalmitat (Cetylpalmitat; $C_{15}H_{31}COOC_{16}H_{31}$)

chinesisches Wachs

wachsartiger Hauptbestandteil: Hexacosylhexacosanoat (Cerylcerotat; $C_{25}H_{51}COOC_{26}H_{53}$)

Bürzeldrüsen"fett" der Vögel

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

ernährungsphysiologisch haben Wachse aber eine sehr geringe oder gar keine Bedeutung

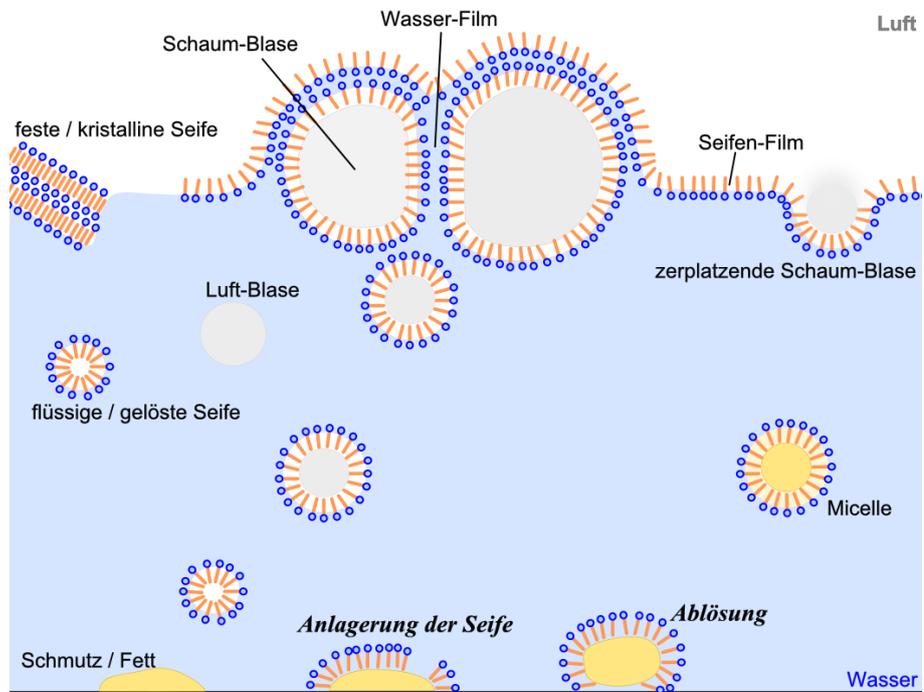
3.1.6.3. Seifen

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 (-SO₃H) oder Benzensulfonate (-C₆H₄-SO₃H)

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. für eine Eutrophierung (Überdüngung) von Gewässern.

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



3.1.6.4. Steroide

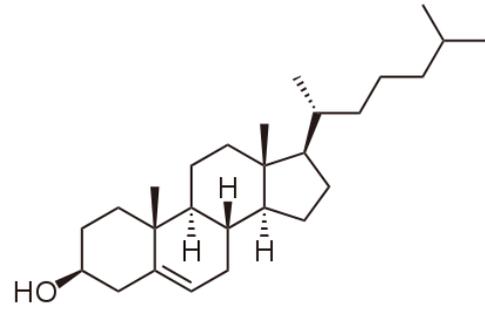
3.1.6.4.1. Sterole (Sterine)

Cholestrol (Cholestrin)

wahrscheinlich eines der Moleküle, die sich evolutionär kaum verändert haben und sehr alt sind; im Reich der Tiere vorkommend; Pflanzen und Pilze haben andere – funktionell ähnliche – Stoffe in den Zellmembranen

Eigenschaften:

nicht Wasser-löslich; weiß, fest, fast geruchlos



Struktur-Formel von Cholesterol
Q: de.wikipedia.org (BorisTM)

Bedeutung:

wichtiger Bestandteil der Zellmembran; verkittet die Phospholipide und sorgt so mit für die Stabilität der Membran

Ausgangsstoff für diverse Biosynthesen; z.B. Steroid-Hormone und Gallensäuren, aber auch eine Vorstufe für das Vitamin D

wirkt in der Zellmembran bei der Einschleusung von Signalstoffen mit

Mensch produziert 90 % allein; Gesamtgehalt beim Menschen um 140 g; 95 % davon intracellulär; Rest im Wesentlichen im Blut (→ Chylomikronen und ähnliche Lipoproteine)

1 g Tagesbedarf (50 % aus eigener Biosynthese und 50 % durch Resorption im Darm)

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*

Ergosterin

Provitamin D

3.1.6.4.2. Gallensäuren

Cholsäure

Chenodesoxycholsäure

Lithocholsäure

DEsoxycholsäure

3.1.6.4.3. Hormone der Nebennierenrinde

3.1.6.4.4. Sexualhormone

gerade weil die Sexual-Hormone Fett-lösliche Stoffe sind, sind bestimmte Fett-Gehalte im Körper notwendig, damit sie ihre Wirkung entfalten können

Bei Mädchen, die einen verringerten Fett-Gehalt im Körper haben, beobachten u.a. ein Aussetzen der Menstruations-Blutung. Die Fett-löslichen Östrogen und Gestagene (weibliche Sexual-Hormone) können sich nicht in der notwendigen Menge im Körper anreichern.

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-Ersatz- und -Austausch-Stoffe

chemisch geringe od. gar keine Ähnlichkeit mit natürlichen Fetten (Triglyceriden)

Gefahr bei verstärktem Einsatz, dass Fett-lösliche Vitamine (vorrangig A, E und D) nicht mehr ausreichend resorbiert werden
gleiches gilt für bestimmte Arzneimittel

Einsatzziel ist Reduzierung der Energiezufuhr und letztendlich Gewichtsabnahme
Körper merkt aber scheinbar den "Betrug"
es kommt zu Hunger-Gefühlen, da Teile der Hunger-Entstehung auch über Fett und deren Anteile in der Nahrung funktionieren
alternativer Ansatz ist z.B. ATKINS-Diät, bei der Fette und Eiweiße im relativ freiem Rahmen gegessen werden dürfen

3.1.7.1. Fett-Ersatzstoffe

synthetisch hergestellte Kunst-Fette, auch Designer-Fette, maßgeschneiderte Lipide, zumeist mit Ziel der Gewichtsreduzierung / Energiereduktion
häufig Saccharose-Polyester od. Saccharose-Derivate
allg. kein physiologischer Brennwert, unverdaulich und meist unverändert wieder abgegeben
weiterhin problematisch ist die Umwelt-Verträglichkeit, selten gut biologisch abbaubar

Olestra®

seit 1960 im Handel (nicht in der EU), von Procter & Gamble (z.B. in Kartoffel-Chips, Snacks, ...)

Saccharose-Polyester

Nebenwirkung Durchfall und Stuhlinkontinenz (umgangssprachlich: Anschlecken), auch Blähungen und Bauchkrämpfe werden beschrieben, da Parafine sich unverdaut an den Darmwänden absetzen und bei Körpertemperatur flüssig sind → Halten des Kotes schwierig
selten auch Tenesmen (schmerzhafte Stuhlgänge)

Herstellung aus echten Fetten. Zuerst wird mit Methanol umgeestert. Die Methanol-Fettsäure-Ester werden danach mit Saccharose umgesetzt (Umesterung). Das Produkt ist ein Gemisch aus Okta-Estern (8x verestert; 76 %), Hepta-Estern (7x verestert; 24 %) und geringen (je rund 0,2 %) von Hexa- und Penta-Estern (6x bzw. 5x verestert).

Penta-, Hexa- und Hepta-Ester sind verdaulich

In der freien Natur kommt es zum Abbau durch Mikroorganismen. Die Halbwertszeit schwankt zwischen 10 und 88 Tagen.

neben den nachfolgend kurz beschriebenen Fett-Ersatzstoffen werden noch EPG (Propylenglycol mit Fettsäuren verestert) und DDM bzw. TATCA (Polycarbonsäuren mit Fettsäuren verestert) gehandelt

Salatrim

bisher als einziges Produkt in der EU zugelassen, hat verringerten Brennwert von 5 kcal/g Triglycerid aus lang- und kurzkettigen Fettsäuren

Caprenin

nur USA

Triglycerid aus lang- und mittelkettigen Fettsäuren; hat verringerten Brennwert von 5 kcal/g

Paraffine

Jojoba-Öl

3.1.7.2. Fett-Austauschstoffe

natürliche Basis, oft Kohlenhydrate oder Eiweiße,

begrenzt Hitze-stabil (bis rund 65 °C)

geschmacklich ähneln sie Fette, aber Unterschiede feststellbar, aus als Fett-Simulatoren bezeichnet

vorrangig für Light-Produkte, Majonäsen, Süßspeisen, Eiscreme, allg. kalte Speisen

z.T. verdaulich, aber mit wesentlich geringerem physiologischem Brennwert als Fette

Eiweiß-basierte Fett-Ersatzstoffe

z.T. problematisch für Eiweiß-Allergiker

wegen schwerverdaulicher Bestandteile kann es zur Veränderung der Darmflora kommen, ev, verbunden mit Blähungen

Neben Simplex sind noch Dairy-Low Finesse bzw. NutriFat, PC und Trailblazer im Handel (nicht EU).

Protein-Bestandteile müssen für ein cremiges Mundgefühl auf Teilchengröße von 0,1 bis 3 µm mikropartikuliert werden

Simplex

auf Eiweiß-Basis (Magermilch, Molken-Eiweiß)

feinst zerkleinertes Hühner-Eiweiß

Zusatz zu Majonäsen, Eiscreme und Milchprodukten

Kohlenhydrat-basierte Fett-Ersatzstoffe

technologische Eignung durch hohen Cellulose- oder Stärke-Anteil; es wird die Quellfähigkeit dieser Kohlenhydrate genutzt, dadurch erreicht man cremige Konsistenzen
bei Kohlenhydrat-basierten Fett-Ersatzstoffen kommt es durch den erhöhten Wasser-Anteil im Produkt oft zu Problemen mit der Haltbarkeit

Neben den nachfolgend kurz dargestellten KH-basierten Fett-Ersatzstoffen sind noch NutriFat (Mischprodukt) und Avicel (mikrokristalline Cellulose) im Umlauf (nicht EU).

häufig Durchfall als Nebenwirkung

Hydrokolloide

verschiedene Quellen: Alginate, Gummi arabicum, Guar und Carragen
mit Wasser ergeben sich zähfließende Flüssigkeiten oder halb feste bis feste Gele
große Quellfähigkeit und hohes Wasser-Bindungsvermögen

Carragen

andere Namen: Karragheen, Fucellaran
aus Rot-Algen, Extraktion durch heißes Wasser
für Fett-arme Fleisch-Produkte, Trockenmilch- und Dauermilch-Produkte, wärmebehandelte Sahne, Puddig- und Dessert-Pulver, Eiscreme, spezielle Süßigkeiten (Gelee-Produkte) Ketchup und Soßen
im Lebensmittel-Einsatz nur Mischungen mit sehr langen Makro-Molekülen
ADI-Wert: 75 mg/kg [Körpergewicht] (ADI: Acceptable Daily Intake (täglich akzeptable Zufuhr ohne gesundheitliche Bedenken))

Innulin

Kohlenhydrat, aus der Chicoreewurzel
auch Raftline

Litesse

künstliche Glucose-Polymere; Polydextrose

Maltrin

auf Stärke-Basis, Mais-Produkt
Maltodextrin
in Brotaufstrichen, Dips, Salatdressing's und gefrorenen Milchdesserts

Paselli SA 2

auf KH-Basis, aus Kartoffel-Stärke gewonnen

kann teilweise Fette in Backwaren, leichten Mayonnaisen, Salatdressings, Eiscremes und Schmelzkäse ersetzen

N-Oil

Tapiokadextrin

Hemicellulosen

Ballaststoff
aus Soja: Fibrin
aus Zuckerrübe: Fibrex

β-Glucane

auch Oatrim
aus Hafer

spezielle Quellen und Internet-Links zu diesem Abschnitt:

- ADAM; ARNALD; FORTH: Pharmakologische Bewertung von Adipositas-Therapeutika
<http://www.aerzteblatt.de/v4/archiv/pdf.asp?id=20507>
bzw.: Dt Ärztebl 1999; 96: A-3243–3247 [Heft 50]

3.1.8. ausgewählte Fett-haltige Lebensmittel im Einzelnen

3.1.8.1. Butter

geschütztes Lebensmittel-Produkt

Butter-Klärung

Butter-Schmalz

Verhalten von Butter beim Erhitzen

Materialien / Geräte:

Butter, Pfanne od. Becherglas, ev. Thermometer, Metall-Löffel; ev. Brot zum Neutralisieren oder als Probenträger; Salz

Durchführung / Ablauf:

- Butter langsam in der Pfanne od. einem Becherglas erwärmen (nicht über den Rauchpunkt hinweg!)
- Veränderungen beobachten und ev. Temperatur messen (innerhalb des geschmolzenen Fettes)
- ab und zu mit dem Metall-Löffel eine kleine Probe entnehmen und kosten; ev. vorher auf Brot geben

Zusatzuntersuchung:

- gleichen Versuch mit etwas Salz in der Schmelze wiederholen

3.1.8.2. Speisefette und Speiseöle

Beschreibung	Bedeutung	Bemerkungen
"praktisch wasserfrei"	< 0,05% Wasser	
Cholesterinfrei	<5 mg/100 g Cholesterol	
nativ	keine thermische Vorbehandlung; mechanisch schonendes Pressen ohne 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)

3.1.8.3. Schokolade (Kakao-Butter)

Zusammensetzung der Schokolade

Kakao-Masse

Kakao-Butter

Zucker

(Voll-)Milch-Pulver

Arten von Schokolade

Herstellung von Schokolade

Herkunft des Kakao

Kakao-Pflanze

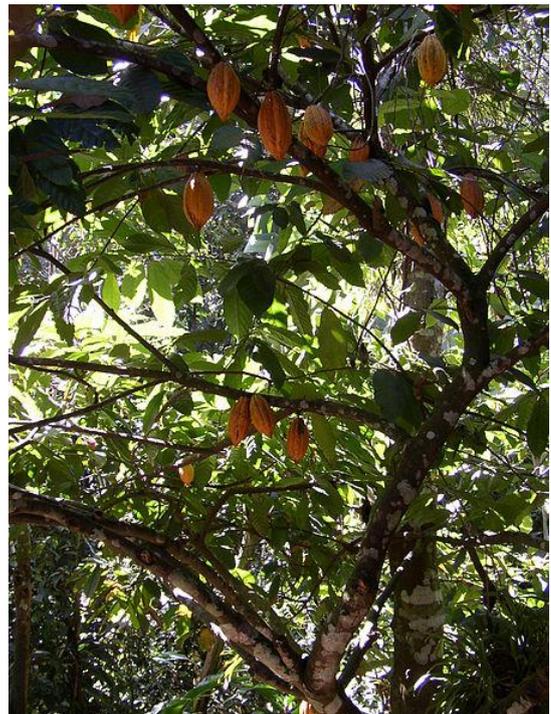
(s) Theobroma cacao (Gottes-Speise)

Kakao-Baum ist zwischen 4 und 15 m hoch, man findet zugleich Blüten, unreife und reife Früchte, die vorrangig am Stamm und den dicken Ästen ansetzen, Früchte wiegen bis zu 500 g und enthalten 20 – 60 Samen

die unzähligen doldenartig stehenden Blüten werden von Fliegen und Mücken bestäubt, nur wenige Blüten bilden Frucht-Ansätze, von diesen werden dann die meisten weit vor der Reife schon abgeworfen

ursprünglich wurde wohl mehr das Fruchtfleisch für die Zubereitung eines süßlichen, vergorenen Getränkes genutzt

Getränk für höhere Gesellschafts-Kreise und Kult-Zwecke → zugesprochene aphrodisierende Wirkung (wahrscheinlich aber eher sehr gering)



Kakao-Baum mit Früchten
Q: de.wikipedia.org (Rhaessner)

Fermentation

Ernte muss sehr vorsichtig erfolgen, an Sammelplätzen werden die Früchte geöffnet und die weißen Samen sowie das Fruchtmark (Pulpe) getrennt, Samen fermentieren unter Luftabschluß in Erdgräben bis sie eine leicht bräunlich sind, dauert rund 1 Woche, erst jetzt entwickelt sich das charakteristische Aroma, es kommt zur alkoholischen Vergärung von Zuckern, die in der noch anhaftenden Pulpe und den Bohnen zu finden ist, Fruchtmark verflüssigt sich und läuft ab, es muss regelmäßig gewendet werden, die Temperatur beträgt in der Grube 50 – 60 °C nachfolgend werden die Bohnen an der Luft getrocknet, dabei kommt es zur Essigsäure-Gärung

Herstellung der Kakaomasse (KAMA))

nach mehrfacher Reinigung und ev. Einlagerung werden die Bohnen in einer IR-Wärme-Anlage erwärmt und mittels Sprühwasser geschockt (Puff-Effekt), bewirkt Lockerung der Schalen, brechen der Bohnen und aussieben der Schalen

Kakaokern-Bruchstücke (Nibs) kommen in den Röster, das Rösten verstärkt die Farbe und die Aromen und wirkt desinfizierend; weiterhin wird der Wasser-Anteil reduziert
 Mahlen der Kakaomasse bis sie sich verflüssigt, dies passiert vor allem deswegen, weil das eingeschlossene Kakao-Fett freigesetzt wird
 Veredlung durch Entfeuchten, Entgasen und Entsäuern
 Fein-Mahlen
 in anderen Verfahren werden die ganzen Bohnen oder die gemahlene KAMA geröstet
 bei allen Arbeitsschritten wird mit speziellen Temperaturen-Profilen gearbeitet

Weiterverarbeitung der KAMA

mischen mit Zucker, kneten der Masse
 Auswalzen durch mehrere Walzstufen bis auf eine Korngröße von 30 bis 20 µm
 Endveredeln der KAMA durch das Conchieren, dabei kommt es zur Reduzierung des Gehaltes an Wasser, organischen Säuren (besonders Essigsäure); die Nichtfett-Bestandteile werden durch die Kakaobutter benetzt, Bildung einer sehr feinen Dispersion, Entwicklung der besonderen sensorischen Eigenschaften (Schmelzverhalten, Knackigkeit, Geschmack, Grießigkeit der Schmelze), dem Conchieren kommt wahrscheinlich die größte Bedeutung für die Qualität des Endproduktes zu

Qualitäts-Beurteilung nach Geschmack, Bruch, Schmelz-Verhalten, Kontraktions-Verhalten, Haltbarkeit (Fettreif-Bildung))

Abfüllen und Abpacken

Handelsklassen von Kakao (Varietäten)

Klasse	Umschreibung	Herkunft	Bemerkungen
Forastello	Konsumkakao	West-Afrika	80 % der Welternete übers.: "Fremdling"
Criollo	Edelkakao	Java, Equador	übers.: "Einheimischer"
Trinitario	Verschnitt aus Forastello und Chriollo	Trinidad	hybide Pflanze

3.1.8.3.1. Kakao-Butter (Kabu)

Kakao-Fett, Oleum Cacao

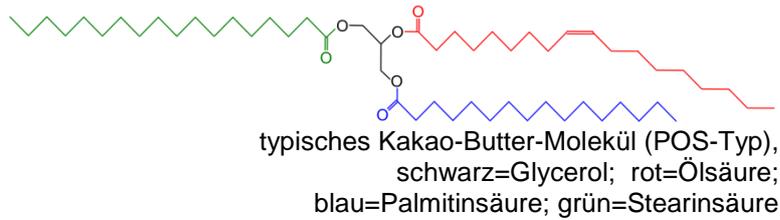
Schmelz-Punkt 30 – 38 °C (33 – 35 °C), gelblich, weich
 max. 0,1 % Wasser enthalten
 in der reinen Form (Typ A) keinen Eigengeschmack;
 "Lösungsmittel" für weitere Geschmacks- und Aromastoffe (Kakao)
 mit Rest-Kakao-Geschmack (Typ A/B) oder sehr starken Geschmack (Typ B) bei unzureichender Extraktion



Kakao-Butter
 Q: de.wikipedia.org (David Monniaux)

zur Neutralisation vorhandener Säuren (z.B. Essigsäure) und zur Verbesserung der Haltbarkeit wird Kabu alkali-siert

22 – 30 % Palmitinsäure; 32 – 37 % Stearinsäure; 30 – 37 % Ölsäure; 2 – 4 % Linolsäure
 POS, SOS, POP –Anordnung der Säuren (Ölsäure immer in der Mitte (β -Position))
 in Spuren Sterine gelöst



DSC-Form	RÖNTGEN-Muster	WILLE & LUTTON (1966)		MERCKEN (1980)	DIMICK (1986)	Bemerkungen
		latente Wärme [kJ/g]	Schmelz-Punkt T_{FP} [°C]	Schmelz-Punkt T_{FP} [°C]	Schmelz-Punkt T_{FP} [°C]	
I	γ	-	17,3	17	13,1	
II	α	86	25,3	21 – 24	17,7	
III	β'	113	25,5		22,4	
IV	β'	118	27,3	28	26,4	
V	β	137	33,8	34 – 35	30,7	thermodyn. stabilste Form
VI	β	148	36,3		33,8	

DSC .. Differential Scanning Calorimetry

Q: KATENBERG: Qualität der Schokolade hängt von der Kakaobutter ab (<http://www.sweetcom.de/archiv/pdf/2001/pdf010301.pdf>)

wegen des hohen Anteils an gesättigten Fettsäuren (rund 60 %) und nur wenig ungesättigten Fettsäuren (rund 4 %) zählt die Kakao-Butter zu den stabilen Fetten und kann bei geeigneten Lagerbedingungen (gleichmäßig kühl, trocken, dunkel, verschlossen) rund zwei Jahre gelagert werden

Aufgaben:

1. *Skizzieren Sie die Struktur-Formeln für Kakao-Butter-Moleküle vom Typ POP und SOS!*
2. *Schätzen Sie, wieviele Stückchen bzw. Tafeln Schokolade man benötigt, um ein Spiegel-Ei zu machen!*
3. *Berechnen Sie den physikalischen und den physiologischen Brennwert eines Stückes Schokolade (übliche Teilung)!*
4. *Berechnen Sie, wie lange ein Mensch mit der Energie einer Tafel Schokolade auskommt, wenn er sich in Ruhe befindet (Grund-Umsatz = 260 kJ/h)!*

Brennwert von Schokolade

Materialien / Geräte:

Stativ mit zwei Rundkolben-Halterungen, kleine Pfanne oder flacher Tiegel, flacher Tiegel oder Porzellan-Schale, Flammbier-Brenner, Ei, Öl, (dunkle) Schokolade

Durchführung / Ablauf:

- beide Rundkolben-Halterungen dicht übereinander montieren
- auf den oberen Halter kommt die eingefettete Pfanne (bzw. der Tiegel) mit dem aufgeschlagenen Ei
- in die untere Halterung kommt der Porzellan-Tiegel mit einem Stück Schokolade, Tiegel zum Anzünden freidrehen
- mit dem Brenner (sehr heiße Flamme einstellen) zuerst das Stück Schokolade rundherum erwärmen und dann (wenn Fett austritt) anzünden, dann Brenn-Tiegel unter die Pfanne drehen
- ev. noch das eine oder andere Mal neu anzünden (aber immer vorher unter der Pfanne herumdrehen!), nachdem Anzünden wieder schnell unter die Pfanne eindrehen

Beispiel-Aufgaben zur Wiederholung und zur Vorbereitung auf eine Klausur |
Leistungskontrolle | Prüfung | ...

1. Welche Bedeutung haben Fette für den Menschen! Erläutern Sie diese kurz!
2. Stellen Sie anhand von chemischen Gleichungen mit Strukturformeln die Bildung eines Fettes dar! Benennen Sie alle reagierenden Stoffe!
3. Stellen Sie die chemische Gleichung für die Bildung eines Diglycerid's aus einem Monoglycerid auf! Kennzeichnen Sie die Reaktionsorte! Ordnen Sie die Reaktion einem Reaktionstyp zu und begründen Sie ihre Zuordnung!
4. Stellen Sie anhand von chemischen Gleichungen mit Strukturformeln die Zerlegung eines Fettes in seine Grundbausteine dar! Benennen Sie alle reagierenden Stoffe!
5. Nennen Sie 5 physikalische od. chemische Eigenschaften der Fette!
6. Erklären Sie folgende Phänomene!
 - a) Fette mit kurzen Fettsäuren haben kleinere Siedepunkte als solche mit langen Fettsäuren.
 - b) Fette mit ungesättigten Fettsäuren haben höhere Schmelzpunkte als solche mit gesättigten Fettsäuren.
7. Was ist eine Emulsion? Welche Arten gibt es? Auf Grund welcher Eigenschaften entstehen Emulsionen? Erläutern Sie zusammenhängend!
8. Nennen Sie 3 technologische Eigenschaften der Fette und erläutern Sie diese!
9. Von einem Ernährungswissenschaftler stammt folgende Aussage:

"Da Fette Ursache sehr vieler Zivilisationskrankheiten sind, müssen sie aus der menschlichen Ernährung verbannt werden."

Bewerten Sie diese Aussage und begründen Sie Ihre Meinung!
10. Geben Sie als "Ernährungsberater" einer übergewichtigen Person fünf Ratschläge | Empfehlungen zu einem sinnvollen Umgang mit Fetten in seiner Ernährung! Begründen Sie jeweils Ihre Ratschläge und Empfehlungen!
11. Von einem Ernährungswissenschaftler stammt das folgende Zitat:

"Fette sind sehr wichtige Bestandteile der täglichen Nahrung. Auf sie zu verzichten ist populistischer Schwachsinn. Man kann sie in beliebiger Menge zu sich nehmen."

Bewerten Sie diese Aussage und begründen Sie Ihre Meinung!
12. Ein Ernährungsberater gibt seinen Patienten | Kunden die Empfehlungen, dass sie zum Abbau ihrer Fettleibigkeit viel Sport treiben sollen und absolut kein Fett mehr essen sollen.

Bewerten Sie die Empfehlungen und begründen Sie Ihre Meinung!
13. Mit welchen Methoden kann man Fette nachweisen bzw. einen recht guten Hinweis auf Fette erhalten? Erläutern Sie kurz, wie diese Methoden funktionieren!

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).

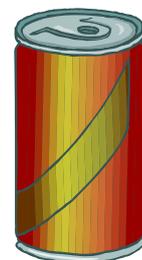
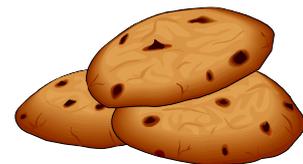
Die herausragende Funktion der Kohlenhydrate liegt im Bereich Betriebsstoffe. Sie sind die Treibstoffe - das Benzin - für die Lebewesen und ihre Zellen. Insgesamt darf man aber die Rolle der Kohlenhydrate nicht auf die Betriebsstoffe reduzieren. Auch als Baustoffe - besonders in Pflanzen - erfüllen sie wichtige Aufgaben (z.B. Cellulose in den Zellwänden). Trotzdem sind Kohlenhydrate eigentlich keine essentiellen Nährstoffe. Wir könnten gut auf sie verzichten, da in unserer Leber ein Mechanismus zur Neuproduktion von Glucose (Gluconeogenese) vorhanden ist. Sie gehören aber zu den Energie-liefernden Nährstoffen, so dass vielleicht die Einordnung als fakultativ oder semi-essentiell die Bedeutung in der Ernährung genauer trifft.

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 länger-kettigen Kohlenhydrate können im Körper bzw. in den Zellen selbst gebildet werden.

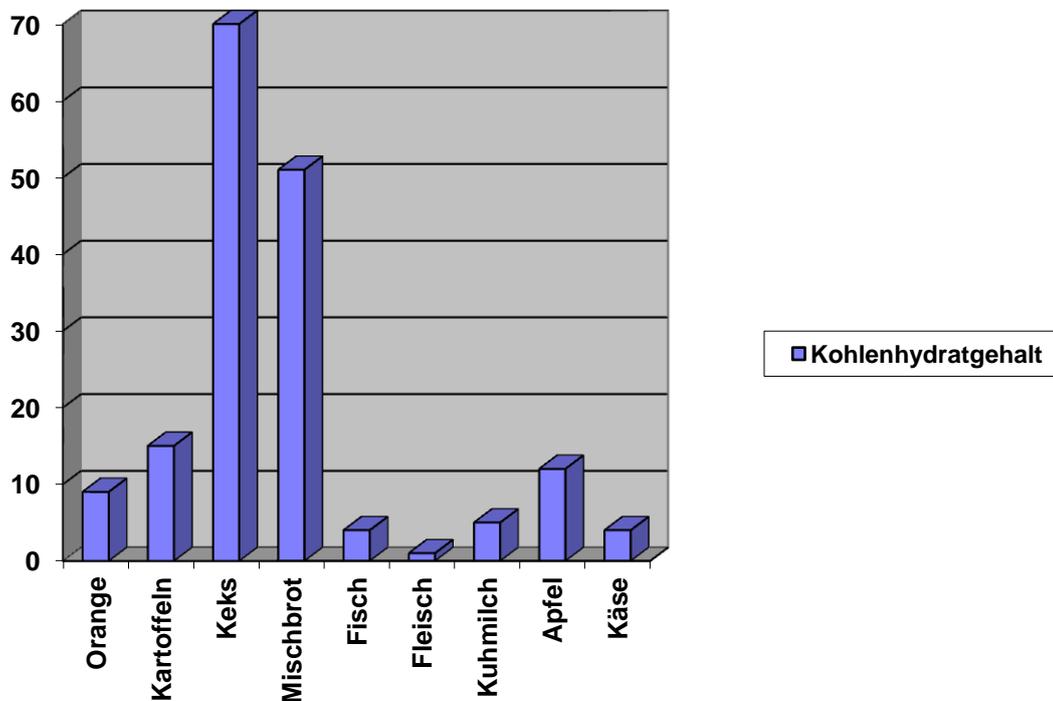
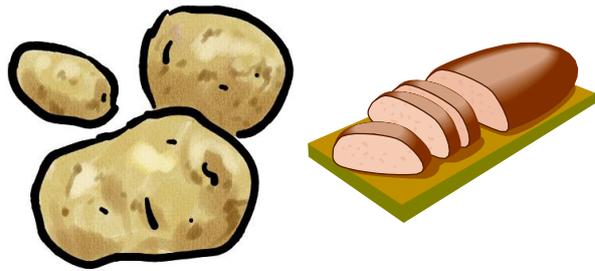
Heterotrophe Organismen (z.B. Tiere und Pilze) können nur fertige Kohlenhydrate umwandeln. Zur Neuproduktion - der als Bauelement notwendigen einfachen Kohlenhydrate (Einfachzucker, Monosaccharide) - sind nur autotrophe Organismen (z.B. Blaualgen und Pflanzen) fähig. Der dazu notwendige Stoffwechselvorgang 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 Schilf-ähnlichen Zuckerrohres findet man ungefähr 9 - 16 % Zucker.



Honig ist mit seinen rund 80 % Zuckergehalt aber unangefochtener Anführer unter den natürlichen Kohlenhydratquellen. Der durchschnittliche Gehalt an Kohlenhydraten in unseren Lebensmitteln liegt zwischen 3 und 15 %.



In unserer Ernährung spielen aber immer mehr künstliche Kohlenhydratquellen eine Rolle. Die Zucker selbst sind zwar natürlich entstanden (\rightarrow Photosynthese und nachgelagerte Stoffwechselfvorgänge (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.

Aufgaben:

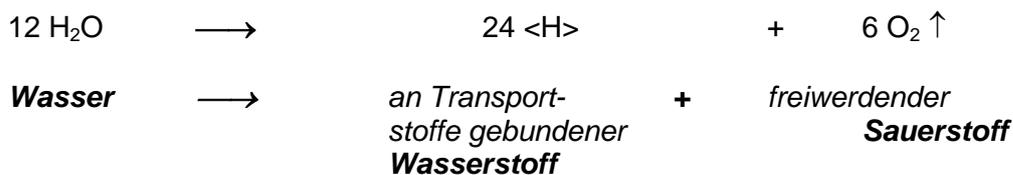
1. Ermitteln Sie von fünf Lebensmitteln den Kohlenhydratgehalt laut Verpackungsetikett!
2. Informieren Sie sich über den Prokopf-Verbrauch von Kohlenhydraten in Deutschland!
3. Vergleichen Sie den deutschen Prokopf-Verbrauch mit Angaben zu anderen Ländern! Ziehen Sie dazu mindestens die USA, ein afrikanisches,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

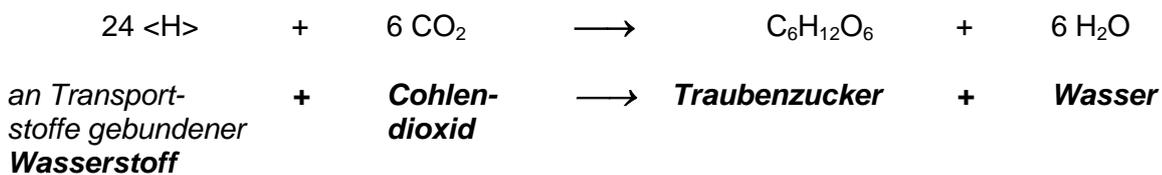
Die Photosynthese gliedert sich in die Licht- und Dunkelreaktionen. Bei den Lichtreaktionen werden Wasser-Moleküle in Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt. Dies passiert am Chlorophyll (grüner Pflanzen-Farbstoff). Damit das Chlorophyll diese chemisch schwere Arbeit erledigen kann, ist Energie in Form von 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:

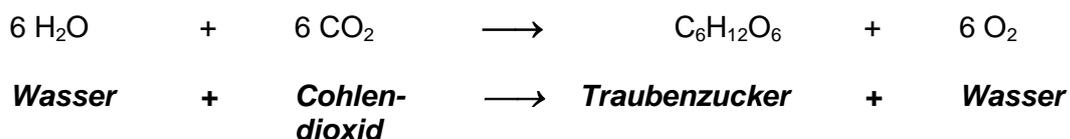


Der an die Transportstoffe gebundene Wasserstoff wird nun in den komplizierten Dunkelreaktionen mit Kohlendioxid zusammengebracht. Dabei entsteht Traubenzucker.

Dunkelreaktionen:



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



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 Kohlenstoff im gleichen Verhältnis vor. Für Wasser existiert in der Chemie die Bezeichnung Hydro. Aus der Kohlenstoff-Wasser-Verbindung (Kohlenstoff-Hydrat) wurde dann schnell Kohlenhydrat. 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.

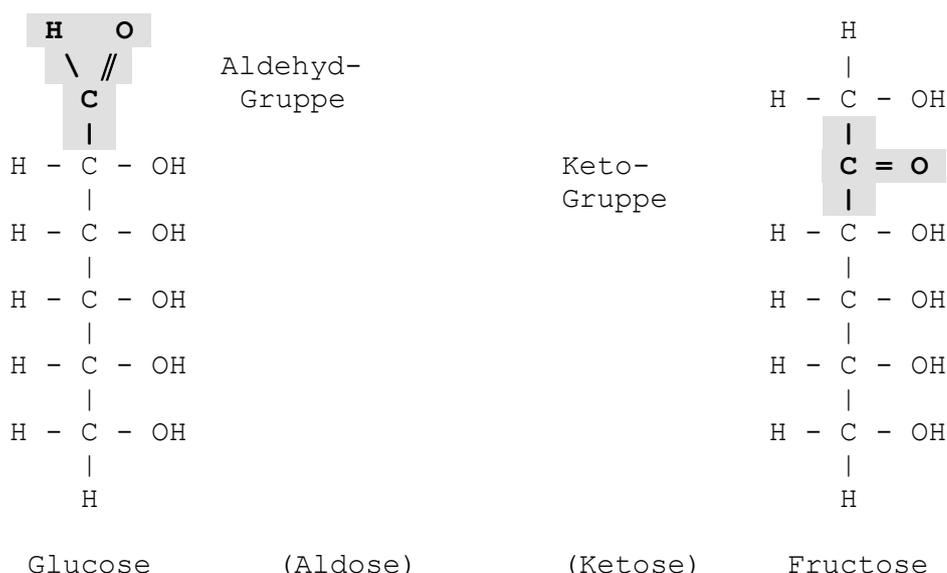
Klassisch ist die Einteilung nach der Anzahl von Bauelementen (Monomeren). Dabei geht man von der Kenntnis aus, dass größere Kohlenhydrate in kleinere zerlegt werden können. Auf der Ebene der sogenannten Einfachzucker (Monosaccharide, Glykosen) ist damit aber Schluss. Die Monosaccharide gelten als die 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 Kohlenstoff-Atome je Molekül (/ Monomer). Besonders wichtig sind aus dieser Einteilung die Pentosen - mit 5 C-Atomen - und die Hexosen (mit 6 C-Atomen). 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 (C_3), Tetrosen (C_4) und Heptosen (C_7) in wichtige Rolle. Biosen (C_2) 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. Aldosen und Ketosen sind die Möglichkeiten bei der Klassifizierung nach der charakteristischen funktionellen Gruppe.

Es gibt also z.B. bei den Pentosen sowohl Aldosen (z.B. Ribose) als auch Ketosen (z.B. Xylulose).

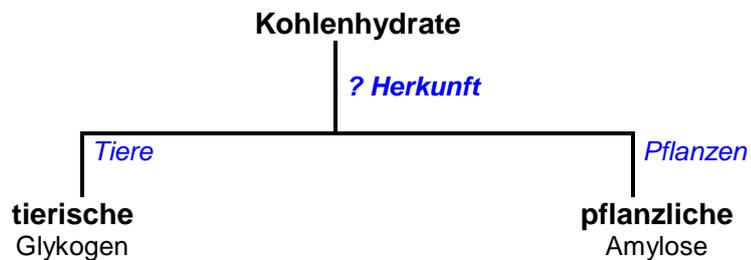
Um eine schnellere Beschreibung und Klassifizierung vorzunehmen werden verschiedene Einteilungsmerkmale in den Gruppen-Bezeichnungen zusammengefasst. So sind die Aldo-hexosen sowohl Aldosen als auch Hexosen. Entsprechend werden Ketosen und Pentosen zu den Ketopentosen zusammengefasst usw. usf.

Natürlich lassen sich Kohlenhydrate auch nach anderen – z.T. trivialen – Kriterien einteilen. Sehr praktisch ist dabei die Herkunft. 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 (lösliche Stärke) und das Amylopektin (nichtlösliche Stärke). Der überwiegende Teil der Kohlenhydrate ist universell und kommt in allen Organismengruppen vor (Glucose, Ribose).

Aufgabe:

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

Oberbegriff, Überordnung
<i>Einteilungskriterium</i>
Variante (Ausprägung) des Kriteriums
Unterordnung (Benennung)
Beispiel(e)



3.2.3. Eigenschaften der Kohlenhydrate

3.2.3.1. physikalische und chemische Eigenschaften der Kohlenhydrate

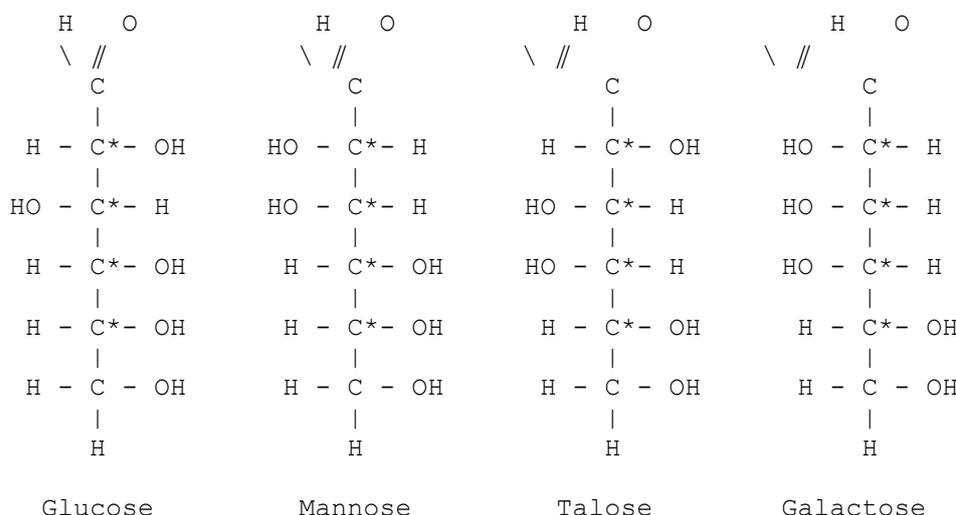
Alle Kohlenhydrate sind farblos oder weiß. Die Kleineren von ihnen sind in Wasser löslich. Erst bei sehr großen Molekülen kann das Wasser sie nicht mehr tragen. Nur wenige Kohlenhydrate sind völlig in Wasser unlöslich.

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 (fuchsin-schweflige Säure) versagen aber. Aufgrund dieses seltsamen Verhaltens untersuchte man den Bau der Moleküle genauer.

Dabei fand man erstaunliche Eigenschaften des Traubenzuckers und anderer Kohlenhydrate heraus.

Viele andere Hexosen (z.B. Altrose, Mannose, Idose, Galactose, Talose) haben die Summenformel $C_6H_{12}O_6$. Sie alle sind auch alle Aldosen. Wo liegen dann aber die Unterschiede?

Die unterschiedlichen Kohlenhydrate ergeben sich aus unterschiedlichen Stellungen der OH-Gruppen im Molekül.

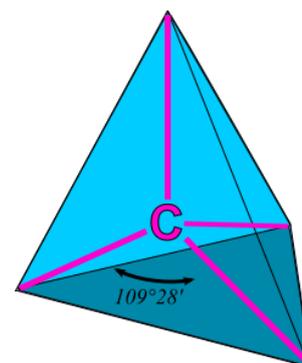


Aber wieso sind diese Kohlenhydrate verschieden? Lassen sich nicht die einzelnen Anordnungen durch Drehen an den Einfachbindungen ineinander überführen? - Leider nein!

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 um ein Kohlenstoff-Atom herum 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 asymmetrische (stereogene, chirale) Atome. Ein asymmetrisches C-Atom muss vier verschiedene Reste besitzen.

In der wissenschaftlichen Literatur findet man auch andere Kennzeichen für die Asymmetrie eines Atoms. Sehr häufig wird dabei die Raute # (od.a. Doppelkreuz) genutzt. In solchen Büchern steht dann das Sternchen * für die Anregung eines Atoms (= Energie-reicher bzw. angeregter Zustand).



In den nächsten Darstellungen sind die verschiedenen Reste zur besseren Übersicht als verschiedenfarbige Kugeln dargestellt.

Beim genauen Betrachten ergeben sich zwei verschiedene räumliche Anordnungen der Bindungspartner am asymmetrischen C-Atom. Beide lassen sich **nicht** durch Drehung ineinander überführen. Dafür muss man spiegeln (oberes Pärchen). 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 Pärchen stellt den Versuch dar das rechte Objekt passend zu drehen. Obwohl gelb und violett übereinstimmen, finden wir bei rot und grün keine Übereinstimmung.

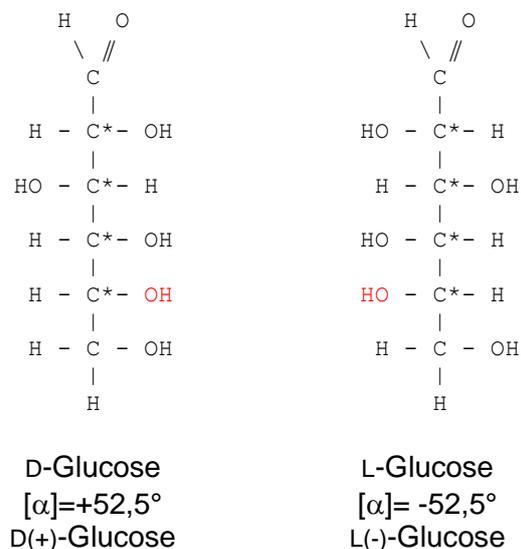
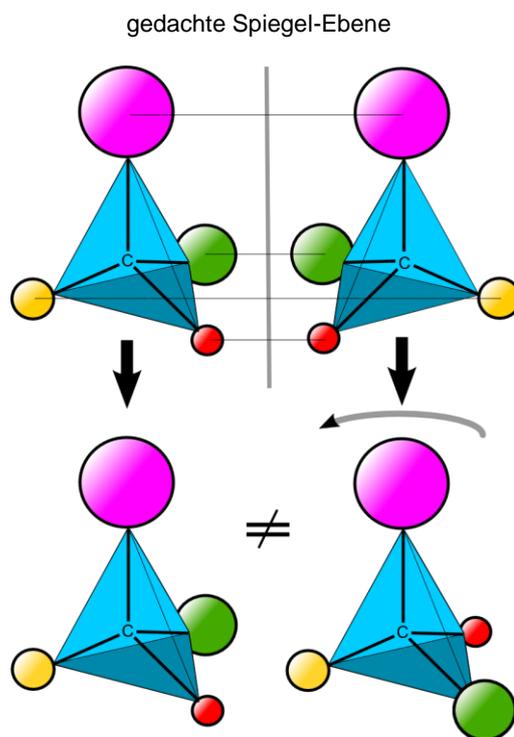
Untersuchung von Glucose mit polarisiertem Licht (Lichtwellen schwingen nur in einer Ebene) bestätigen diese Aussage. Man stellt dann fest, dass die Schwingungsebene durch die Glucose-Lösung verändert wird. Ursache dafür sind unsymmetrische Moleküle.

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 (das höchstoxidierte C-Atom möglichst weit oben gelegen).

Dann benötigt man eine Kennzeichnung aller asymmetrischen C-Atome. Diese Aufgabe ist relativ leicht, da man nur die Reste miteinander vergleichen muss.

Ausgehend vom höchstoxidierten C-Atom (also, dass mit der Aldehyd- oder Keto-Gruppe) wird dann das am weitesten entfernte asymmetrische 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 asymmetrischen 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 bei der Glucose eingebürgert. Ob es dann die L- oder D-Glucose sein soll bzw. ist wird einfach durch die Lage der OH-Gruppe am letzten asymmetrischen C-Atom bestimmt.

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

Der optische Drehsinn (Die optische Aktivität) wird in Klammern vor dem Namen angegeben.

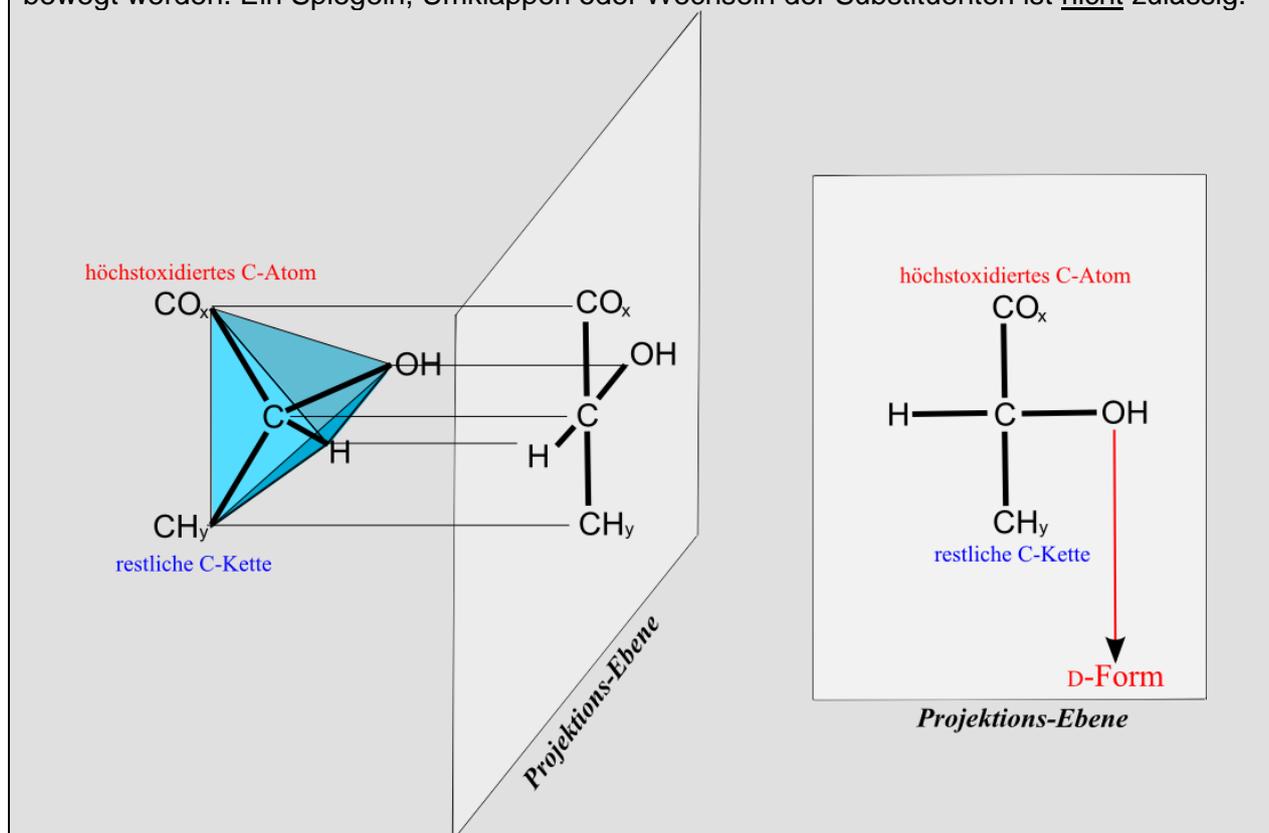
Neben der Drehsinn- sowie der D-/L-Charakterisierung von optisch aktiven Substanzen gibt es noch eine weitere Namenskonvention nach CAHN, INGOLD und PRELOG (kurz: CIP). Diese beschreibt die Lage der Substituenten nach Größe und Lage zueinander. Zur Benennung der beiden Antipoden werden die Buchstaben 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 Kohlenstoff-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_y) zeigt dementsprechend nach unten. Geht man von Tetraeder-förmigen Raumstrukturen an den C-Atomen aus, dann bildet die C-Kette das Rückrat. Die restlichen Substituenten liegen waagrecht nach vorne bzw. nach hinten.)
2. Nun wird die Struktur auf die Projektionsebene abgebildet (quasi von hinten auf das Papier beleuchtet; die Blickrichtung (s.a. untere Abbildung) ist von rechts nach links).
3. Eine D-Form liegt vor, wenn am untersten asymmetrischen C-Atom der größte Substituent (in der Abb.: $-\text{OH}$) 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.



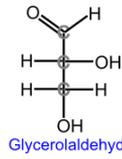
Aufgaben:

1. *Bauen Sie mit Hilfe von Molekülbaukästen zwei optisch aktive Moleküle auf! Versuchen Sie die Moleküle durch Drehungen an den Bindungen ineinander zu überführen!*

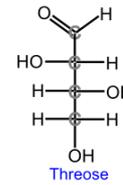
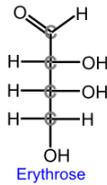
Aus diversen Struktur-Untersuchungen (Abbau-Reaktionen, IR-Spektroskopie, NMR-Spektroskopie) konnte man die Strukturen der verschiedenen Monosaccharide aufklären. Auf der nächsten Seite sind die wichtigsten Vertreter als Stammbaum der D-Einfachzucker jeweils in FISCHER-Projektion dargestellt.

Stammbaum der D-Monosaccharide

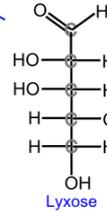
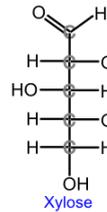
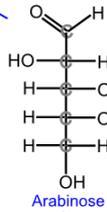
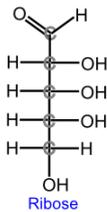
Aldotriose



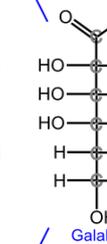
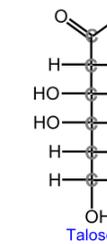
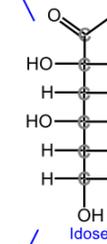
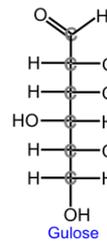
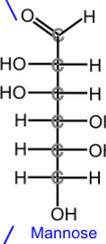
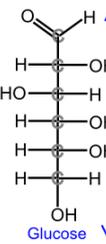
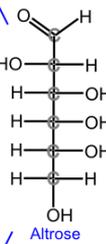
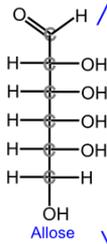
Aldotetrosen



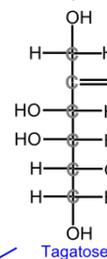
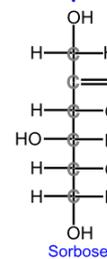
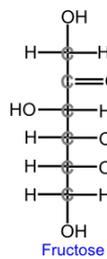
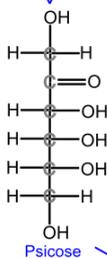
Aldopentosen



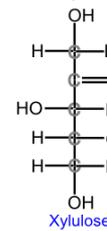
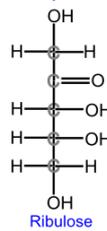
Aldohexosen



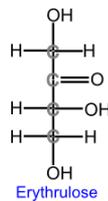
Ketohexosen



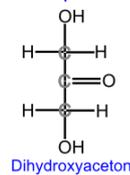
Ketopentosen



Ketotetrose

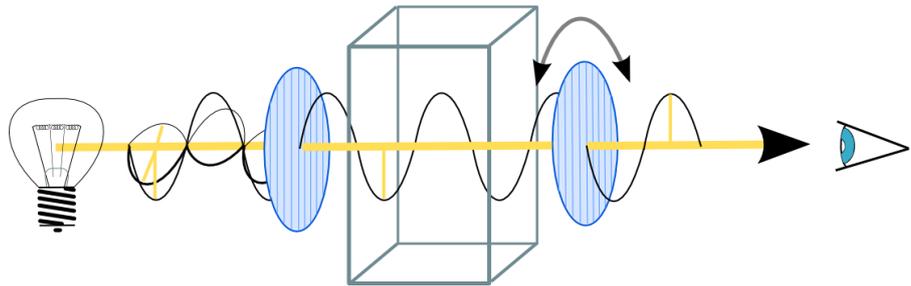


Ketotriose



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.)

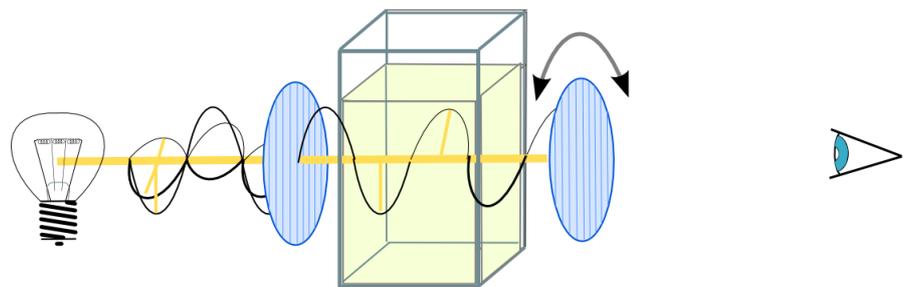
Der erste Polarisationsfilter ist fest eingebaut, der zweite kann gedreht werden und hat eine Winkel-Skala (360° oder $\pm 180^\circ$). Bei optisch nicht aktiven Substanzen – wie das gewöhnliche Wasser – müssen beide Filter gleich eingestellt sein.



Das heißt, an der drehbaren Skala muss 0° eingestellt werden. 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 asymmetrischen 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.

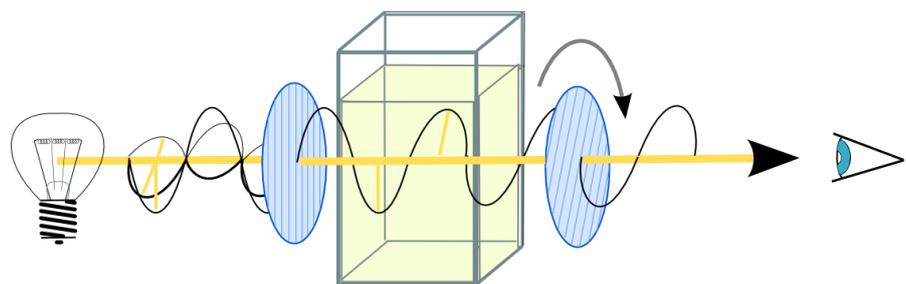
Hier wird auch deutlich, dass der gemessene Drehwinkel u.a. von der Schichtdicke unserer Probe abhängig ist und später für tabellarische Zwecke normiert werden muss.

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 – dann ist die neue Schwingungsebene 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 Schicht-Dicke 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.

Für die D- und L-Monosaccharide ergeben sich durch ihren vollständig Spiegelbildlichen Aufbau immer genau entgegengesetzte Drehwinkel. Den Drehwinkel eines anderen Monosaccharides oder optisch aktiven Stoffes vorausszusagen, ist nur durch aufwändige Computer-Simulationen

möglich. Jedes asymmetrische C-Atom leistet einen Eigen-Beitrag, der aber auch noch durch die anhängenden Substituenten bestimmt wird. Diese verdrehen das Molekül auch um kleine Winkel-Beträge, da sie mit anderen Anhängen interagieren (z.B. durch sterische Effekte, polare Kräfte usw.).

Exkurs: Drehsinn und Spezifischer Drehwert

$$[\alpha]_D^{25} = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

gemessen bei 589 nm und 25°C

a..gemessener Drehwert; l...Länge der Messzelle [dm], c..Konzentration [g/ml]

Aufgaben:

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 Formeln ausgewählter Fette auf das Vorhandensein von asymmetrischen C-Atomen!

für die gehobene Anspruchsebene:

4. Berechnen Sie den spezifischen Drehsinn für eine Stoffprobe mit einer Konzentration von 0,15 g/ml in einer 10 cm-Küvette und einem gemessenen Drehwert von 6,65°!

Das unterschiedliche Verhalten gegenüber den Nachweismitteln (nach FEHLING, TOLLENS, SCHIFF) können wir mit den asymmetrischen 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 Molekül-interne Ringe. Dazu 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 – am häufigsten auftretende – Ring besteht aus fünf Kohlenstoff- und einem Sauerstoff-Atom. Man spricht auch von einem heterocyclischen 6er-Ring.

Laut IUPAC heißen cyclische Halbacetale auch Lactone.

Beim genaueren Hinsehen stellen wir auch fest, dass sich das erste C-Atom nun zu einem asymmetrischen gewandelt hat. Es hat vier verschiedene Reste.

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

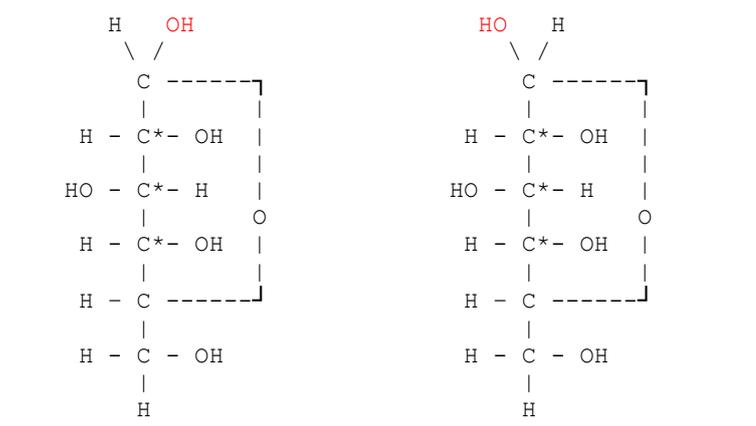
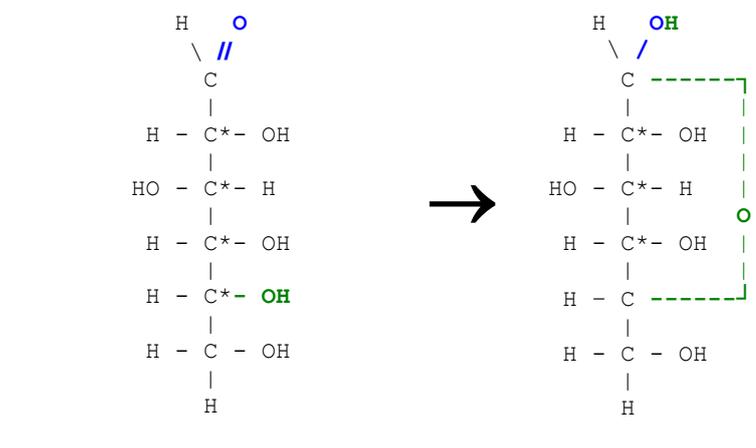
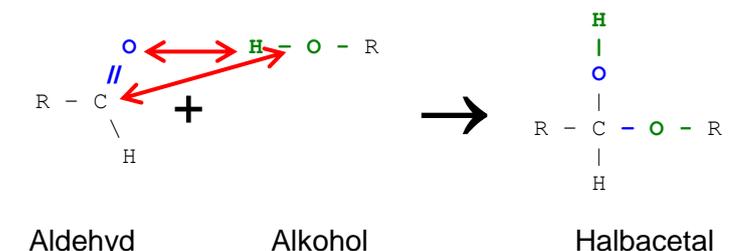
In der FISCHER-Projektion werden α -ständige OH-Gruppen rechts und β -ständige links geschrieben.

Der kleine Unterschied ist verantwortlich für so völlig verschiedene Stoff-Bildungen, wie Cellulose und Stärke mit z.T. entgegengesetzten Eigenschaften.

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

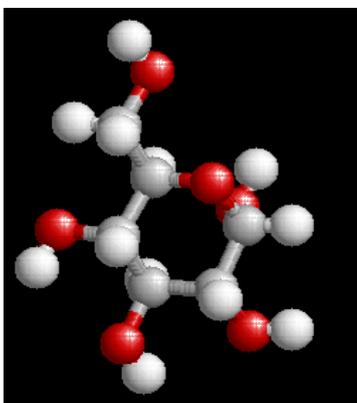
Alle anderen Hydroxyl-Gruppen werden alkoholisch genannt

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

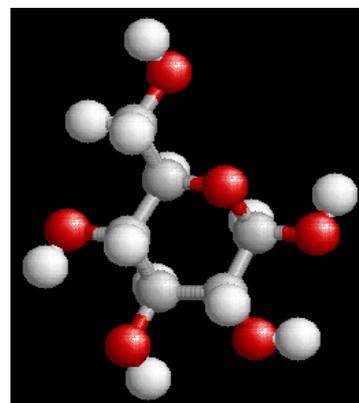


α -D(+)-Glucose
[α]=+111°

β -D(+)-Glucose
[α]=+19°

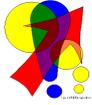


α -D(+)-Glucose
(Kugel-Stab-Modell)



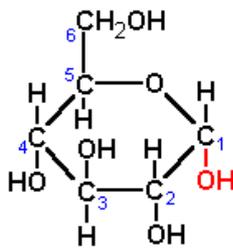
β -D(+)-Glucose
(Kugel-Stab-Modell)

HAWORTH schlug deshalb eine andere Schreibweise der Ringe und Molekülstrukturen vor. In seiner Darstellung (Projektion) werden die Ringe eben gezeichnet. 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 Kohlenstoff-Gerüsts 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.

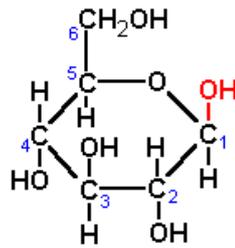


Als praktische Regel zur Überführung von FISCHER- in die HAWORTH-Projektionen kann man sich merken, dass links liegende OH-Gruppen bei HAWORTH nach unten geschrieben werden. Das Molekül wird also im Prinzip nach rechts gedreht (in Uhrzeiger-Sinn).

ausführliche Strukturformeln

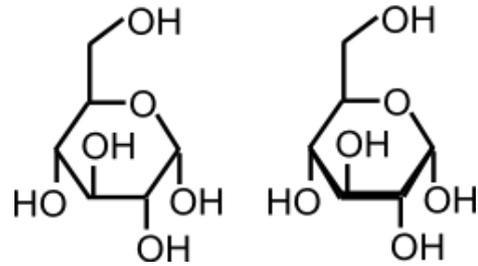


α -D(+)-Glucose



β -D(+)-Glucose

Gitterstrukturformeln



α -D(+)-Glucose

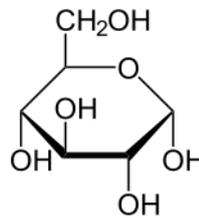


!!! viele der nachfolgenden Strukturformeln stammen aus wikipedia (de.wikipedia.org) und sind als Lizenzfrei oder public domain gekennzeichnet, weshalb hier auf eine individuelle Kennzeichnung verzichtet wird, Urheber dieser Gitterstruktur-Formeln ist zumeist NEUROtiker

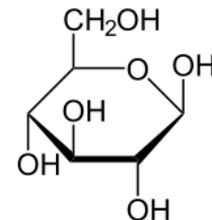
Die beiden Ring-Varianten werden auch als **Anomere** bezeichnet. Anomere sind also Kohlenhydrate, die sich nur in der Lage der glycosidischen Hydroxyl-Gruppe unterscheiden.

Anomere sind chemisch gesehen spezielle Epimere und Isomere.

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

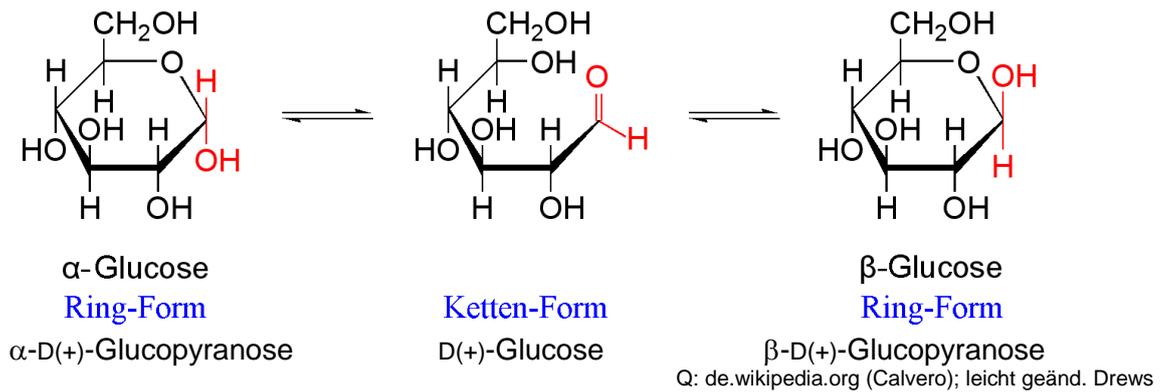
Ketten- und Ring-Form bilden in Lösung ein Gleichgewicht (0,003 : 99,997). Bei den Ring-Formen ist im Gleichgewicht die β -Form etwas bevorteilt (energetisch günstiger gebaut; 63,6%; Hydroxyl-Gruppe steht equatorial). In der α -Form steht die anomere Hydroxyl-Gruppe axial (nach unten).

Viele Kohlenhydrat-Nachweise beruhen auf dem Nachweis der Aldehyd-Gruppe. Durch Zugabe von Basen (z.B. Natriumhydroxid bei der FEHLINGSchen Probe) wird die Ketten-Form (al-Form, Oxo-Form) bevorteilt. Nur dadurch sind dann genügend Carbonyl-Gruppen als Reduktions-Mittel vorhanden, um z.B. die Cu²⁺-Ionen zu Cu⁺ zu reduzieren. Bei Aldehyd-Nachweisen im saurem Milieu (z.B. SCHIFFSche Probe) sinkt der Anteil der Ketten-Form weit unter die Nachweis-Grenze (< 0,001%).

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 immer erst einstellen müssen, kann man einen stabilen Drehwert erst nach einer längeren Zeit beobachten. Davor schwankt der Messwert stark und pegelt sich dann nach und nach bei 53° ein. Der Prozess wird **Mutarotation** genannt.

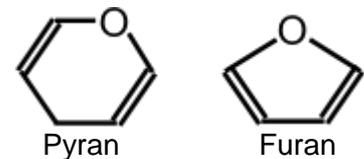
Die Umwandlung der Drehwinkel-bestimmenden Formen ineinander erfolgt immer über die Kettenform.



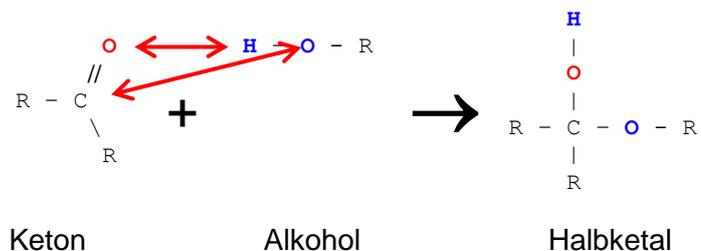
Die Kohlenhydrate mit 6er Ringen werden wegen der Ähnlichkeit des Ringkörpers zum Pyran (früher auch Pentaphan) auch als **Pyranosen** bezeichnet.

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

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



Bei den Ketosen heißen die Ringstrukturen abgeleitet Halbketale.



Aufgaben:

1. Besorgen Sie sich eine Kopie des Stammbaum der D-Monosaccharide! Kennzeichnen Sie darin alle asymmetrischen C-Atome mit einem Bleistift-Punkt!
2. Erstellen Sie sich auf einem Extrablatt den Stammbaum der L-Monosaccharide!
3. In einer wässrigen Glucose-Lösung befinden sich a) 1'000 bzw. b) 100'000 Moleküle Glucose. Wieviele Moleküle davon liegen jeweils 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!

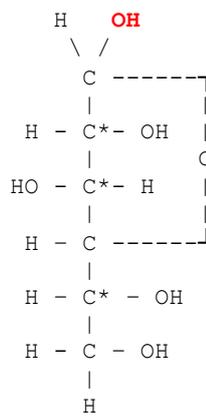
für die gehobene Anspruchsebene:

5. In einer wässrigen Lösung wird ein Kristall mit angenommenen 10'000 Molekülen reiner β -D-Glucose gelöst. Wieviele Molekül Ketten-förmige, Ring-förmige, α - und β -D- bzw. der L-Glucose befinden sich nach beliebig langer Zeit in der Lösung? Erklären Sie Ihren Lösungsweg und geben Sie die notwendigen Reaktions-Gleichungen mit ausführlichen Strukturformeln an!

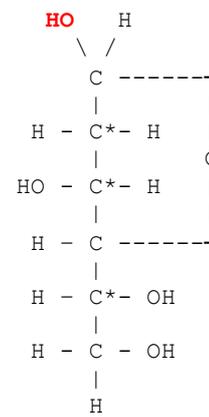
Neben den besprochenen heterocyclischen 6er Ringen kommen auch 5er Ringe vor.

Der gebildete 5er Ring sieht dem Furan sehr ähnlich (siehe auch Abb. weiter vorn), 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

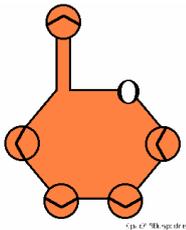
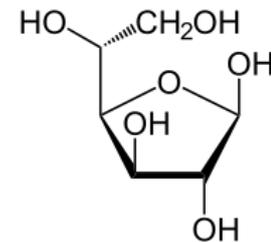
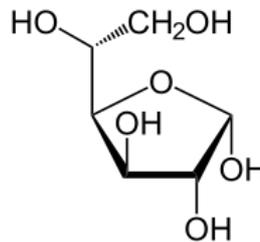


α -D(+)-Glucofuranose
 $[\alpha]=+^{\circ}$

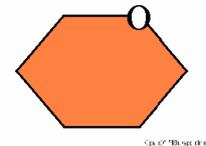


β -D(+)-Glucofuranose
 $[\alpha]=+^{\circ}$

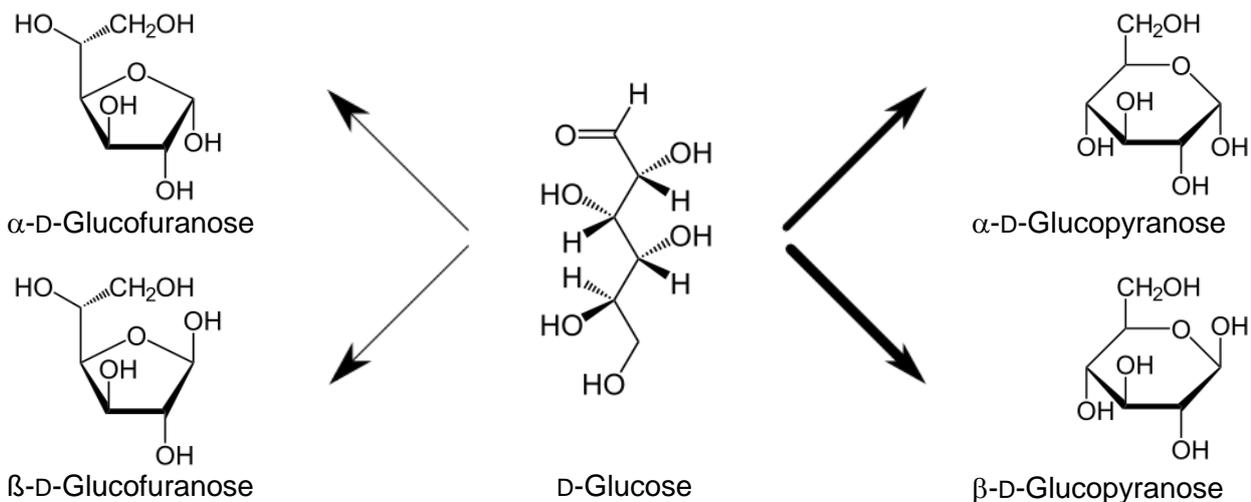
In diesem Skript werden wir oft für die Glucose (- in der überwiegenden Pyranose-Form -) extrem vereinfachte Modelle benutzen. Diese sollen jeweils immer nur die wesentlichen Abschnitte des Moleküls andeuten.



Im linken Modell stehen die Kreise für die Hydroxyl-Gruppen. Werden diese gar nicht gebraucht, um irgendwelche Sachverhalte zu besprechen, dann werden auch sie weggelassen. So ergibt sich ein sehr einfaches – Symbol (siehe rechte Abbildung), dass Sie vielleicht auch in anderen Literatur gefunden haben. Manchmal wird in den Modellen sogar noch auf den Ring-Sauerstoff verzichtet. Übrig bleibt dann ein Sechseck als allgemeines Zeichen für ein Monosaccharid(-Baustein).



Im der nachfolgenden Darstellung sehen wir alle Reaktions-Möglichkeiten zusammengestellt. Die Dicke der Reaktions-Pfeile soll die Reaktions-Stärke bzw. –Häufigkeit darstellen. Wie schon erläutert, ist die Reaktion zur β -D-Glucopyranose am häufigsten.



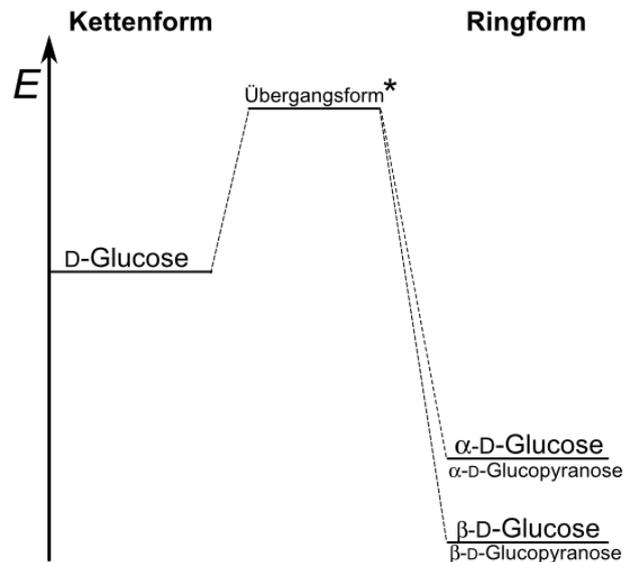
Ursache für die unterschiedliche Häufigkeit / Stärke der Einzelreaktionen ist das Energie-Niveau der jeweiligen Stoffe und deren Relationen zueinander. Jedes System – und dazu gehören

eben auch chemische Reaktionen – sterbt einen möglichst Energie-armen und damit stabilen Zustand an.

Betrachten wir nur die Pyranose-Bildungen:

Die Ketten-förmige D-Glucose befindet sich auf einem relativ hohen Energie-Niveau. Von diesen Molekülen können relativ viele die Ring-Bildung durchführen. Dazu müssen sie die notwendige Niveau des Übergangs-Zustandes besitzen. Wir sprechen auch von einem angeregten Zustand und kennzeichnen diesen durch ein Sternchen. Da in einem Stoff immer Moleküle mit verschiedenen Energie-Inhalten auftreten, sind das praktisch immer nur ausgewählte Teilchen.

Vom Niveau des Übergangs-Zustandes gibt nun drei weitere Wege. Der erste Weg führt wieder zurück zur "normalen" D-Glucose. Die überschüssige Energie (E) wird einfach an andere Teilchen abgegeben. Die anderen beiden Wege führen zu einer Pyranose. Welche das ist, ist gleich-verteilt und erfolgt zufällig.



Die Energie-Niveaus der Produkte sind deutlich unter dem, der Ketten-förmigen Form. Im Fall der Glucose-Pyranosen ist es nun auch noch so, dass die eine Form (β -D-Glucopyranose) energetisch etwas günstiger ist, als die andere. Das Niveau der beiden Pyranosen ist also im Diagramm unterschiedlich.

Trotzdem gibt einige Moleküle der Pyranosen, welche die notwendige besitzen, die dem Übergangs-Zustand entspricht. Sie können dann wieder alle drei möglichen Wege von diesem Energie-Berg aus gehen. Bei der β -D-Glucose sind es aber weniger als bei der α -D-Glucose. Somit werden sich mehr von der α -D-Glucose wandeln können, als von der β -Form.

Nach und nach stellt sich ein Gleichgewicht zwischen allen drei stabilen Formen ein. Diese haben wir schon genau besprochen. Es handelt sich aber um ein dynamisches Gleichgewicht, das durch ständige Umwandlungen gekennzeichnet ist. Von außen beobachten wir dann eine statistische Konstanz.

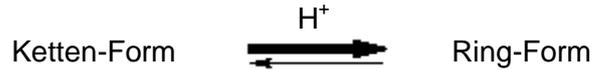
Aufgaben:

1. *Skizzieren Sie sich das obige Reaktions-Schema ab! Kennzeichnen Sie zuerst durch eine oder mehrere Farbe(n), wo sich die charakteristischen | Namens-gebenden Struktur-Elemente befinden!*
2. *Geben Sie für die einzelnen Reaktionen die Stärke | Häufigkeit der Rückreaktionen in Form unterschiedlich dicker Pfeile an!*
3. *Erklären Sie, warum sich nicht alle Moleküle auf dem absolut niedrigsten Energie-Niveau befinden! Nutzen Sie dazu das obige Energieniveau-Schema!*

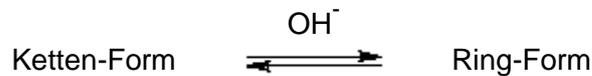
Die Halbacetal-Bildung und –Auflösung ist vom pH-Wert des Lösungsmittels abhängig. Dies ist auch der Grund für das unterschiedliche starke Anschlagen der Aldehyd-Nachweise bei den Monosacchariden. Bei neutralen Verhältnissen (pH = 7), wie sie beim einfachen Lösen von Glucose in Wasser vorliegen, ist das Gleichgewicht deutlich hin zur Ring-Form verschoben.



Die Zugabe von Säure (also sinkender pH-Wert) führt zur Förderung der Ring-Bildung. Damit reduziert sich die Zahl der Ketten-förmigen Moleküle und damit auch die Zahl der verfügbaren / nachweisbaren Aldehyd-Gruppen.

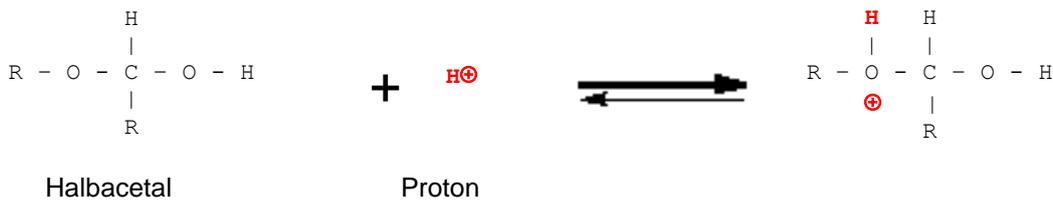


In der Folge der Ring-Öffnung durch die Säure kommt es dann zur (Voll-)Acetal-Bildung. Durch Basen wird die Ketten-Form gefördert. Es werden also die Halbacetale (Ring-förmige Monosaccharide) wieder zerlegt. Damit steigt die Anzahl der freien Aldehyd-Gruppen, die sich mit (im basischen Milieu reagierenden) Nachweismittel nachweisen lassen.



Was passiert nun genau, wenn in das "normale" Gleichgewicht durch Zugabe von Hydronium-Ionen Einfluß genommen wird?

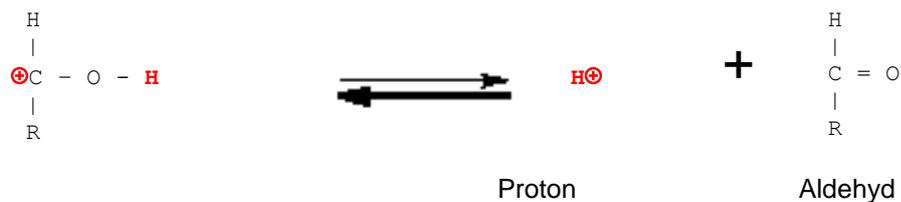
Das Wasserstoff-Ion (Proton) greift die Sauerstoff-Brücke an. Es lagert sich hier an. Das Sauerstoff-Atom bildet mit dem Wasserstoff die im saueren Milieu stabilere Hydroxyl-Gruppe (OH-Gruppe).



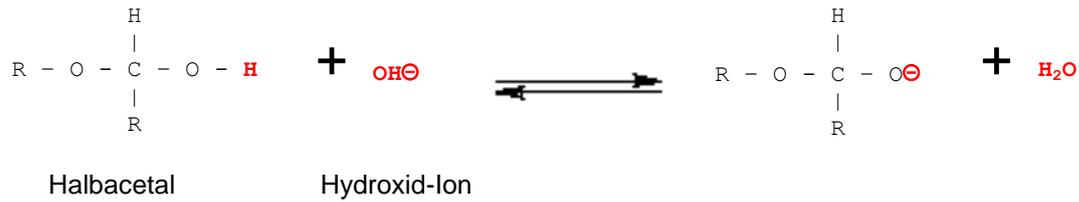
Am endständigen C-Atom (C1) stabilisiert sich die positive Ladung.



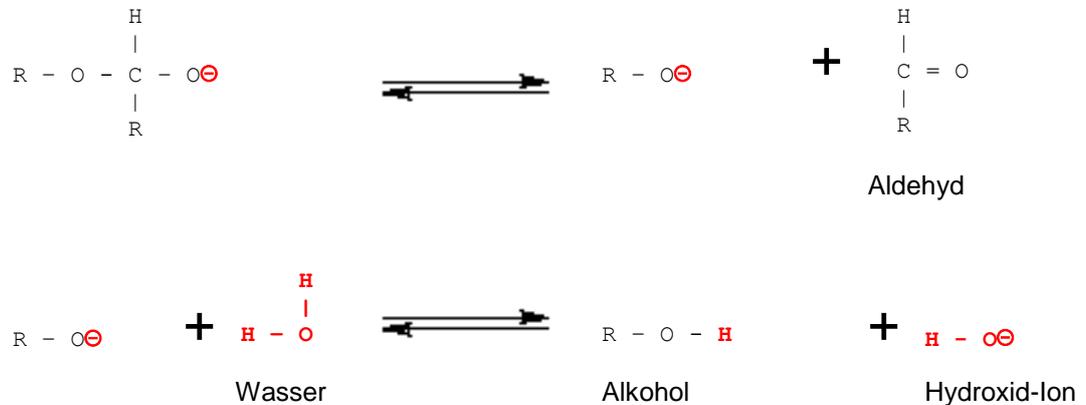
Die Anwesenheit der Protonen verhindert nun aber die Abspaltung des "überschüssigen" Wasserstoff-Ions vom Carbonyl-Sauerstoff.



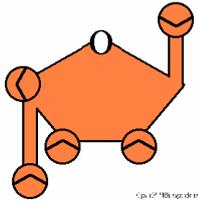
Die Aldehyd-Gruppe bildet sich nicht zurück. Der Protonen-Überschuß sorgt zudem noch dazu, dass die restlichen Aldehyd-Gruppen (in der verbleibenden Ketten-Formen) ebenfalls protoniert werden und dann ebenfalls nicht für die Aldehyd-Nachweise zur Verfügung stehen. Mehr oder weniger entgegengesetzt verlaufen die Reaktionen, wenn zum Mutarotations-Gleichgewicht eine Base dazugegeben wird.



Das negativ geladene Hydroxid-Ion entzieht der glycosidischen OH-Gruppen (acetale Hydroxyl-Gruppe) den Wasserstoff. In der Folge kommt es zum Stabilisieren der Situation am C1 durch die (Rück-)Bildung der Carbonyl-Gruppe und die negative Ladung geht auf das Brücken-Sauerstoff über. Die Brücke ist nun aufgelöst und es liegt ein Alkoholat-Ion vor. Dieses übernimmt nun wieder ein Proton aus einem Wasser-Molekül und ein Hydroxid-Ion bleibt übrig.

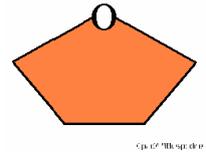


Das Hydroxid-Ion hat für diesen Reaktions-Mechanismus (Acetal-Zerlegung) also katalytische Wirkung.



Im Prinzip neigen alle Monosaccharide in Lösung zur Ringbildung. Im Falle der Fructose (Fructozucker) entsteht eine Furan-ähnliche Struktur – also ein fünfzähliger heterocyclischer Ring.

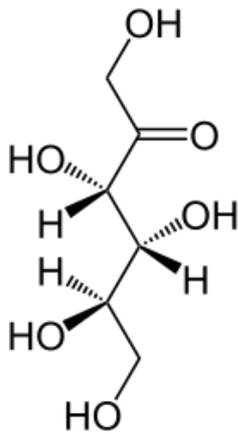
Die ablaufenden Vorgänge der Ringbildung und Ringauflösung unterscheiden sich prinzipiell nicht von den bei der Glucose. Herausragendes Strukturmerkmal ist die schon erwähnte Furan-ähnliche Ringstruktur. In Modellen wird dieser oft auf den 5er Ring reduziert.



Dabei darf man natürlich nicht vergessen, dass Fructose auch in der Ring-Form eine Hexose (exakt: Hexulose) bleibt.

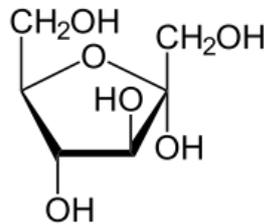
Bei der Fructose tauchen neben den hier häufiger vorkommenden Furanose auch die Pyranose-Formen auf.

Keilstrich-Formel
(Gitterstruktur-Formel)

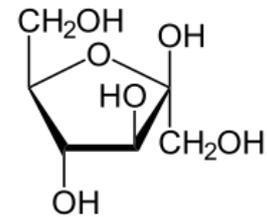


D-Fructose

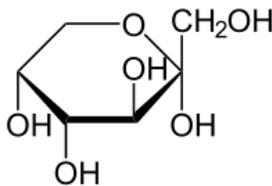
HAWORTH-Projektion / -Formel



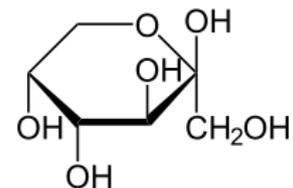
α -D-Fructofuranose



β -D-Fructofuranose



α -D-Fructopyranose



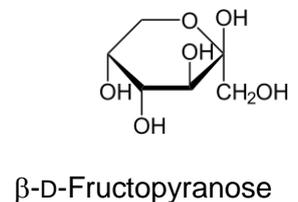
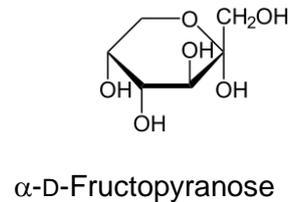
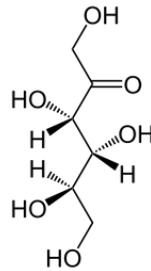
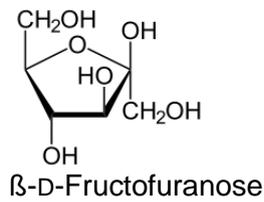
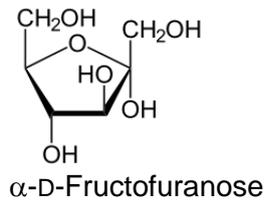
β -D-Fructopyranose

Monosaccharid	α -Pyranose	β -Pyranose	α -Furanose	β -Furanose
Fructose	3	57	9	31
	3	65	6	25

Daten aus verschiedenen Quellen!

Aufgaben:

1. Skizzieren Sie sich die obigen Gitterstrukturformeln ab und nummerieren Sie die C-Atome! Zeichnen Sie ebenfalls die vollständige Strukturformel von der Ketten-förmigen D-Fructose in der FISCHER-Projektion dazu!
2. Vervollständigen Sie das folgende Energieniveau-Schema um die Niveaus der Pyranosen (und der Furanosen)! Begründen Sie Ihre Positionierung!
3. Übernehmen Sie das nachfolgende Schema und ergänzen Sie die fehlenden Reaktions-Pfeile! Geben Sie durch die Dicke der Pfeile an, wie stark / häufig die jeweilige Reaktion abläuft!



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 L-Glucopyranose!

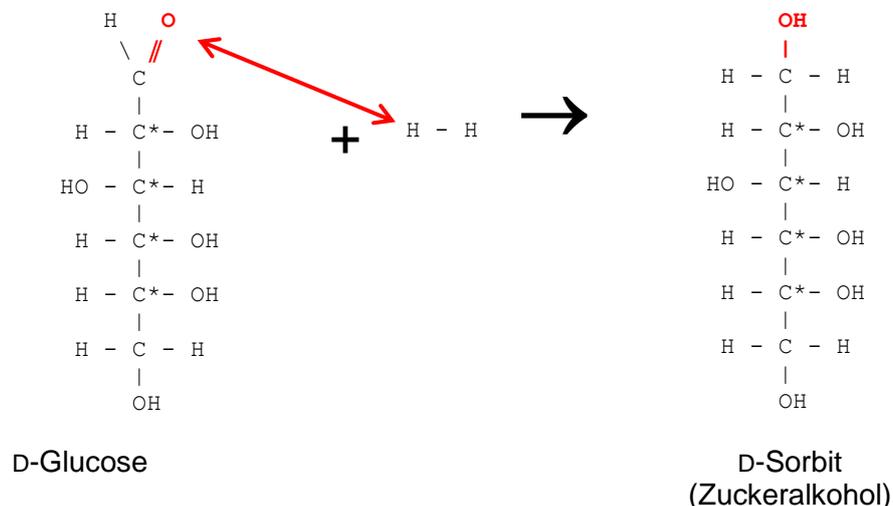
Prozentuale Gleichgewichtszusammensetzung von Aldosen in wässriger Lösung

Monosaccharid	α -Pyranose	β -Pyranose	α -Furanose	β -Furanose
Allose	18	70	5	7
Altrose	27	40	20	13
Arabinose	61	35	2	2
Fructose	3	57	9	31
	3	65	6	25
Galaktose	27	73	<1	<1
Glucose	36	64	<1	<1
Gulose	22	78	<1	<1
Idose	31	37	16	16
Lyxose	71	29	<1	<1
Mannose	67	33	<1	<1
Ribose	21,5	58,5	6,5	13,5
Talose	40	29	20	11
Xylose	35	65	<1	<1

Daten-Q: http://www.dcb-server.unibe.ch/groups/hunziker/teaching/carbohyd/kap_02/209konfo.html
 kursive Daten aus einer anderen Quelle!

weitere chemische Eigenschaften von Monosachariden

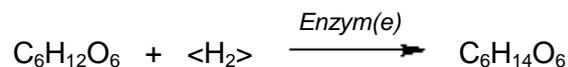
Aus der organischen Chemie ist vielleicht noch bekannt, dass Aldehyd-Gruppen sowohl reduziert als auch oxidiert werden können. In Kohlenhydraten ist diese Fähigkeit prinzipiell erhalten. Voraussetzung ist natürlich, die Gruppe ist frei und nicht in eine andere Bindung einbezogen (z.B. in einer glycosidischen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



Der in der obigen Gleichung aufgezeigte Wasserstoff reagiert natürlich nicht einfach so mit Glucose. 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. NADH_2^+) zugeführt bekommen. Ähnlich verhält es sich mit dem Sauerstoff in den folgenden Formeln. Allerdings kann dieser wirklich auch als Gas aus der Umgebungs-Luft an der Reaktion beteiligt sein. U.U. muss der Sauerstoff aber erst gelöst oder in eine andere (reaktive) Form gebracht werden.

Sind Gase bzw. aufgezeigte Stoffe nicht in der reinen Form an der Reaktion beteiligt, sondern werden in gebundener Form übertragen, dann kennzeichnet man das in chemischen Gleichungen gern durch gewinkelte Klammern.

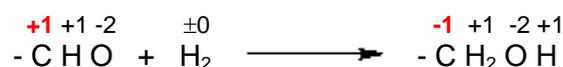
Weiterhin müssen wir im Hinterkopf behalten, dass praktisch alle Reaktionen innerhalb einer Zelle immer über Enzyme ablaufen. Sie übernehmen die Funktion eines (Bio-)Katalysators. Ev. sind die Reaktionen auch in kleinere Einzelschritte zerlegt, die jeder für sich ein Enzym benötigt. Die obige Reaktion würde dann wie folgt aussehen (als Summen-Formel-Gleichung):



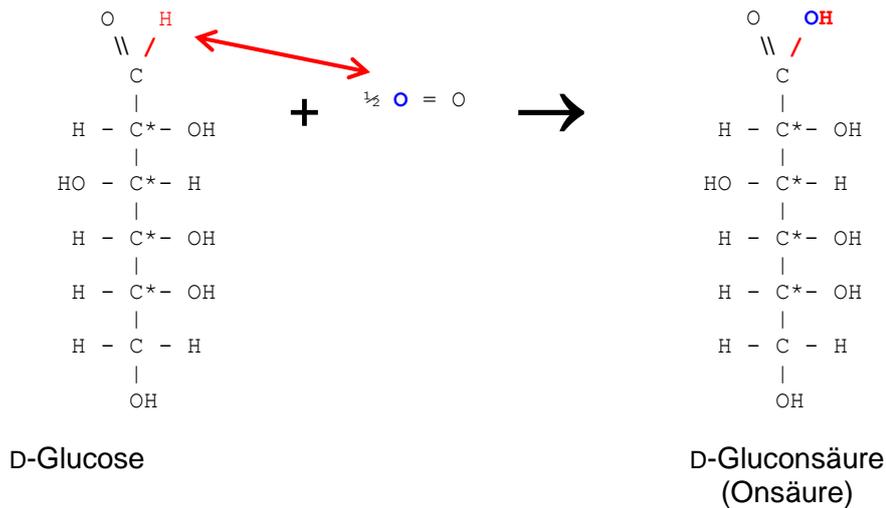
Bei Verwendung von Galactose als Ausgangsstoff erhält man Dulcitol als Zuckeralkohol – bei Mannose ist es Mannitol.

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 begehrte Zuckeraustauschstoffe.

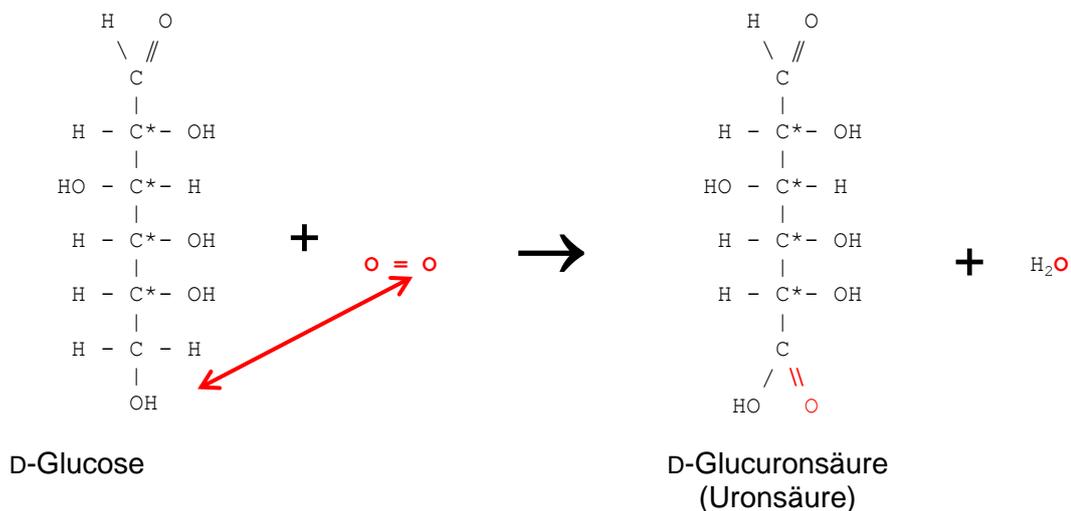
Aus der Chemie wissen wir noch, dass Reaktionen mit Wasserstoff sehr häufig Reduktionen sind. Unter Verwendung der Oxidationszahlen lässt sich das auch gut prüfen. Wir konzentrieren uns hier auf den Molekül-Teil der in der Reaktion umgewandelt wird.



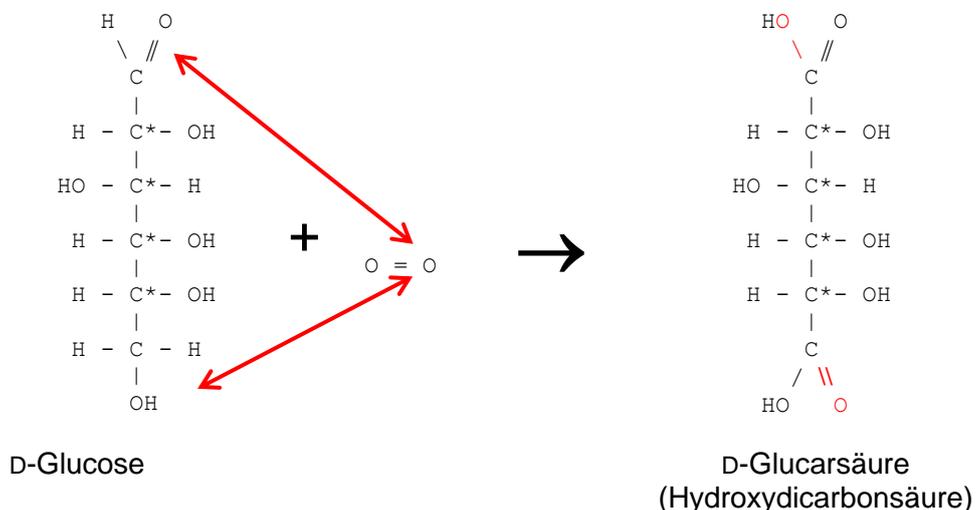
Eine Oxidation der Aldehyd-Gruppe lässt eine Hydroxy-Carbonsäure entstehen.



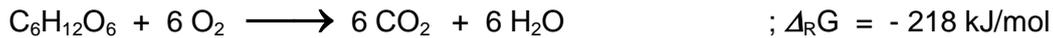
Mit der Oxidation der Aldehyd-Gruppe sind die Oxidations-Möglichkeiten aber nicht ausgereizt. Wird die (primäre) Hydroxyl-Gruppe am sechsten C-Atom oxidiert, dann entsteht eine sogenannte Uronsäure (enthält $-\text{OH}$ -, $-\text{CHO}$ -, und $-\text{COOH}$ -Gruppe(n)).



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



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



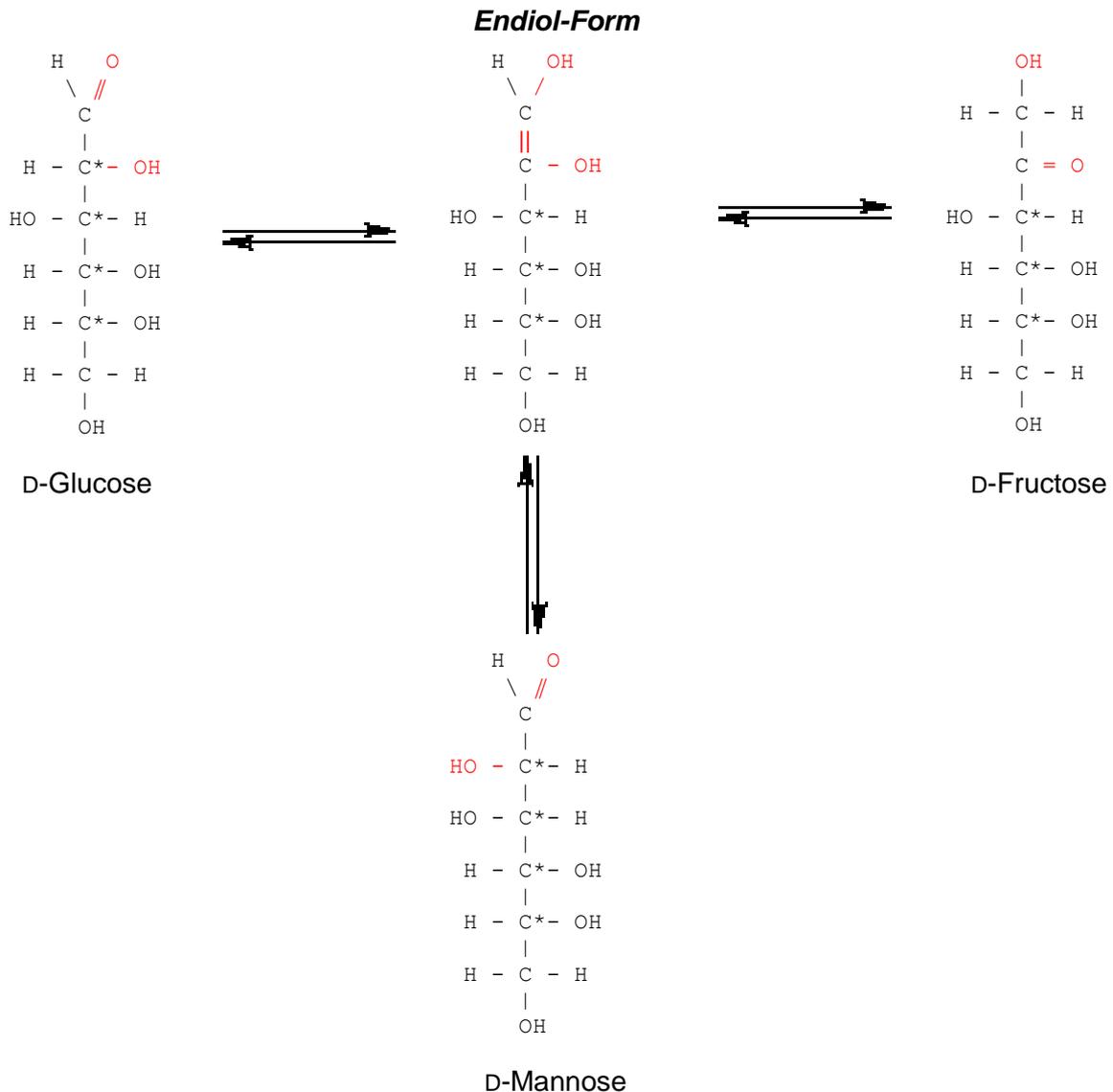
Aufgaben:

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

für die gehobene Anspruchsebene:

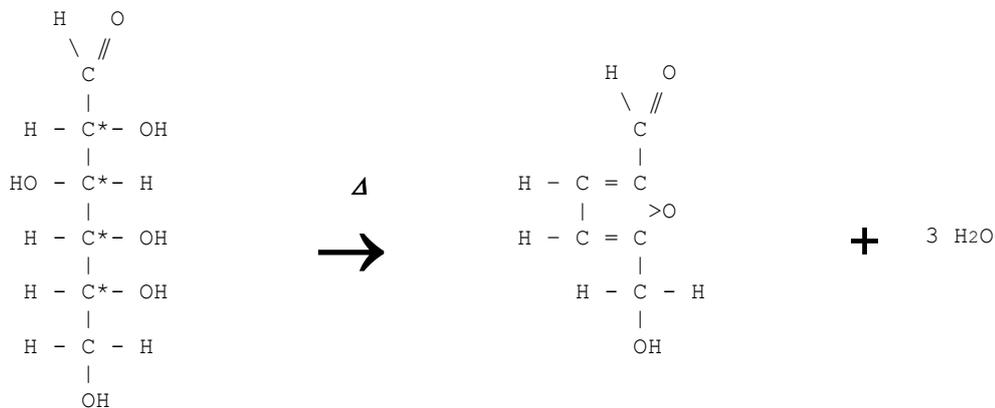
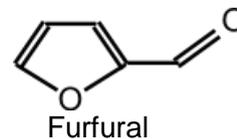
2. Überlegen Sie sich, welche Oxidationsmöglichkeiten bei Fruchtzucker vorhanden sind! Stellen Sie passende Gleichungen auf! Benennen Sie die gebildeten Stoffe!

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



In saurem Milieu und unter Erwärmung kommt es bei Glucose zu einer Molekül-internen 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

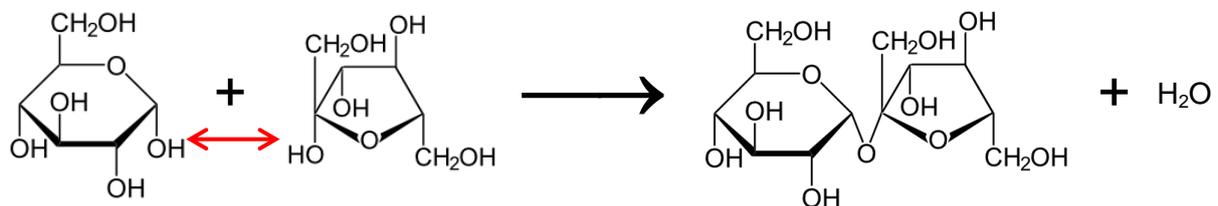
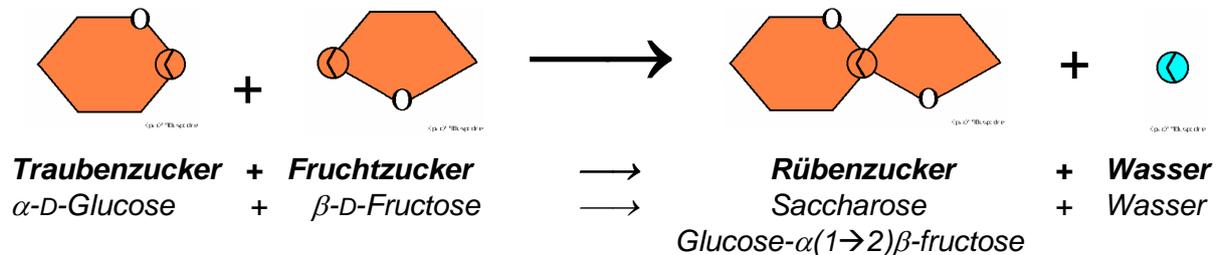
Hydroxymethylfurfural

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.

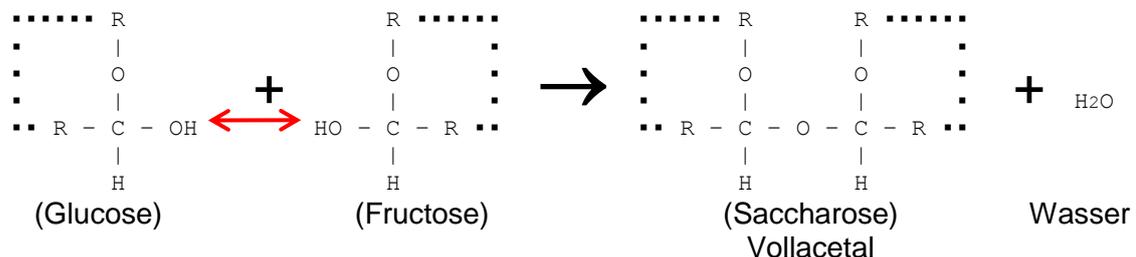
Bildung von zusammengesetzten Zuckern

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 Bedingungen (saurer / 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 länger-kettigen Kohlenhydrate ab.



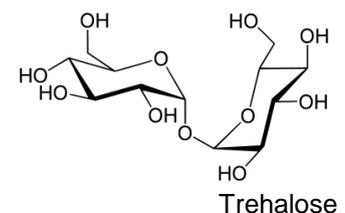
Schauen wir uns die reagierenden Molekülteile noch etwas genauer an:



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 **nichtreduzierenden** Disaccharid. Im Endprodukt ist das Kohlenstoff-Atom 1 (von Glucose) mit dem zweiten Kohlenstoff-Atom von Fructose über die Sauerstoff-Brücke verbunden.

Wir sprechen auch von einer 1,2 (sprich: eins zwei) glycosidischen 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 $\alpha\text{-D-Glucose}$ -Moleküle 1,1-glycosidisch verknüpft.



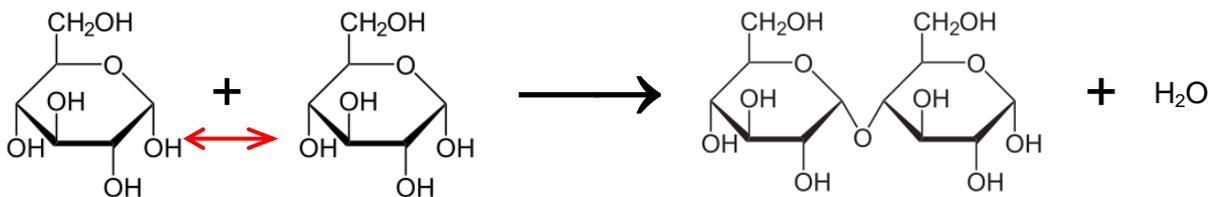
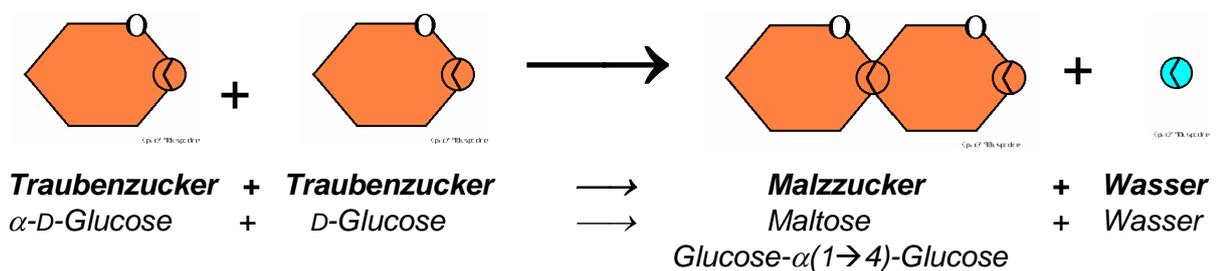
Nichtreduzierende Saccharide können auch nicht mehr aktiv weiterreagieren, da bei ihnen keine freie glykosidische Hydroxyl-Gruppe mehr da ist. Eine gleichwertige Verknüpfung ist die 1,1 glycosidische Bindung, wenn z.B. zwei Aldosen entsprechend miteinander reagieren.

Mittels der gewonnenen Kenntnisse wird nun auch die systematische Benennung der Saccharose als Glucose- $\alpha(1\rightarrow2)\beta$ -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.

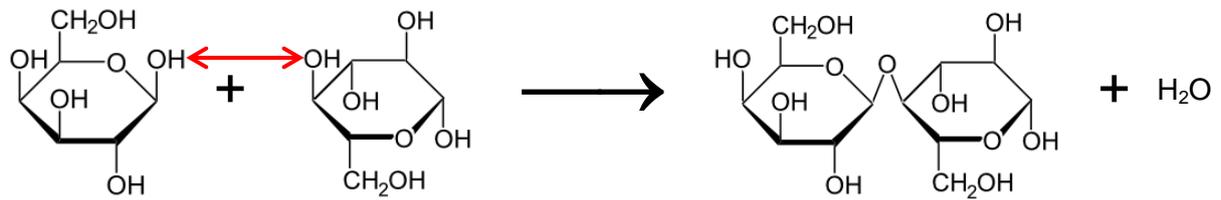
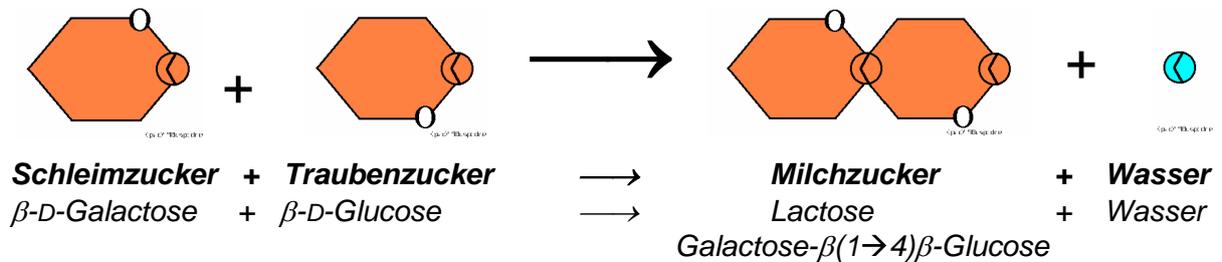
Auf den ersten Blick handelt es sich auch um den gleichen chemischen Vorgang – die Bildung eines Vollacetals.



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, $\alpha(1\rightarrow4)$ -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)!

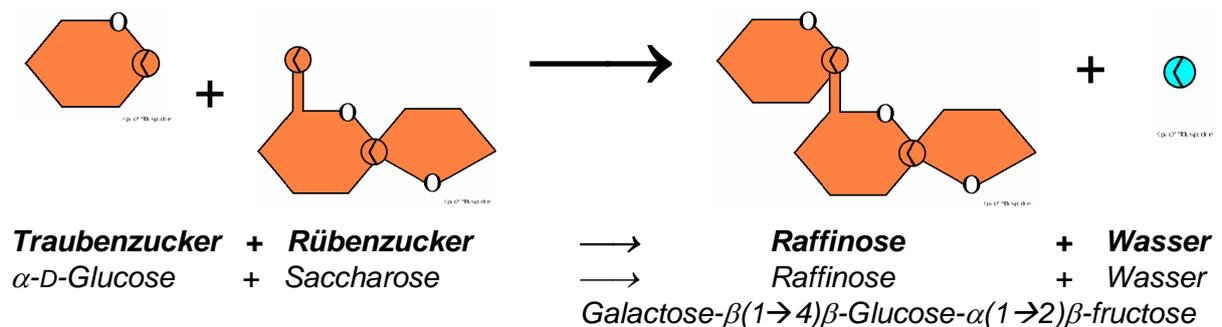


Lactose ist ebenfalls ein Disaccharid vom Maltose-Typ.

Weitere Bindungsvarianten sind der Cellobiose-Typ ($\beta(1\rightarrow4)$ -Bindung), Brachiose-Typ ($\alpha(1\rightarrow6)$ -Bindung) und der Gentobiose-Typ ($\beta(1\rightarrow6)$ -Bindung). Bei den Disacchariden spielen diese Verknüpfungen eine untergeordnete Rolle. Wichtiger sind sie dann bei den länger-kettiger 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 **Mehrfachzuckern** (Oligosacchariden) gezählt. Selten werden bei den Mehrfachzuckern noch die Pentasaccharide und die Hexasaccharide usw. unterschieden.

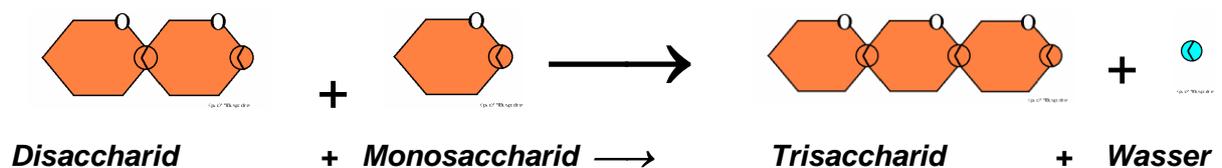
Zu den etwas häufigen Dreifachzuckern gehört die Raffinose. Die Saccharose ist gewissermaßen um einen Galaktose-Baustein ergänzt. Die Galactose ist $\alpha(1\rightarrow6)$ -glycosidisch am Glucose-Teil gebunden (entspricht Brachiose-Typ). Der systematische Name der Raffinose lautet deshalb auch Galaktose- $\alpha(1\rightarrow6)$ -Glucose- $\alpha(1\rightarrow2)$ -Fructose.

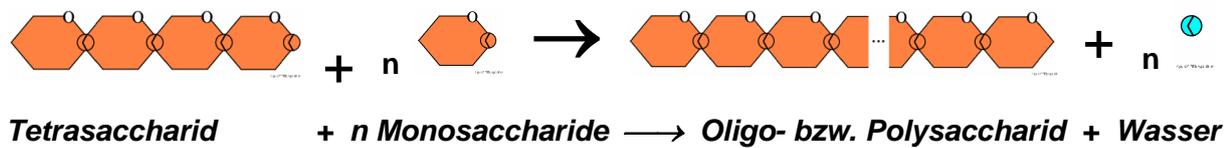
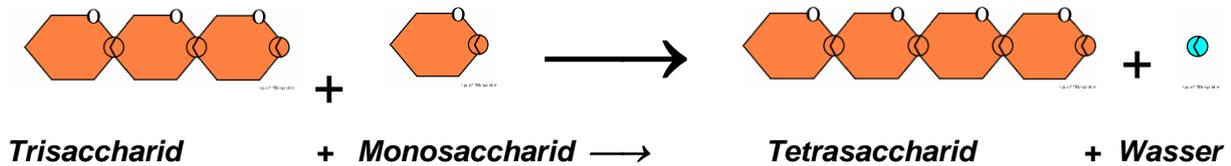


Raffinose ist eines der kleinsten Speicher-Kohlenhydrate. Es entspricht in der Funktion vielfach der Stärke. Besonders Erbsen und Bohnen enthalten viel davon (5 – 15 % in der Trockenmasse). In anderen Pflanzen ersetzt die Raffinose die Saccharose als Transport-Substanz. Hier sind vorrangig Kürbisgewächse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

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

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



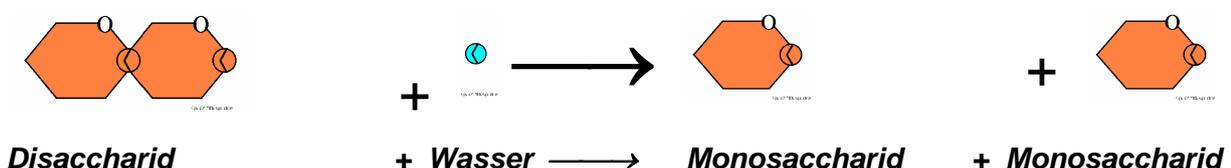
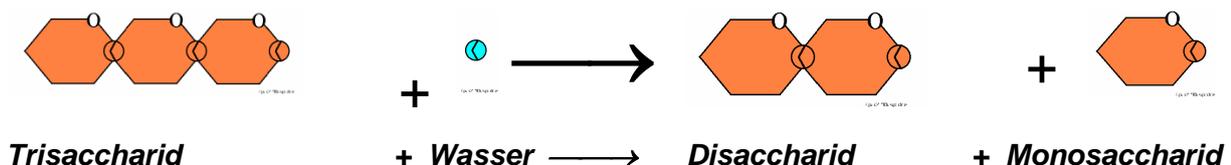
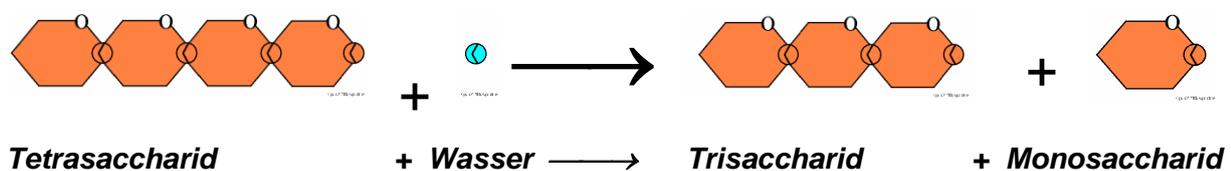
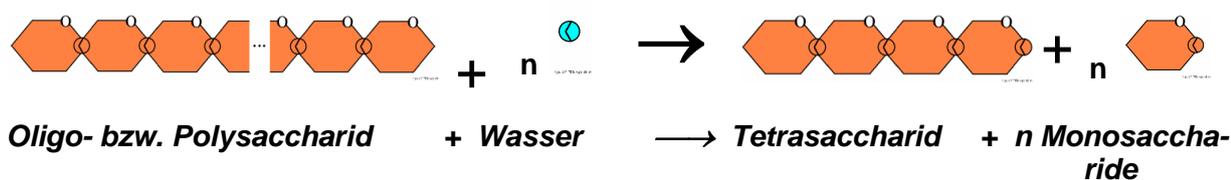


Zerlegung von zusammengesetzten Zuckern (Bildung von Monosacchariden)

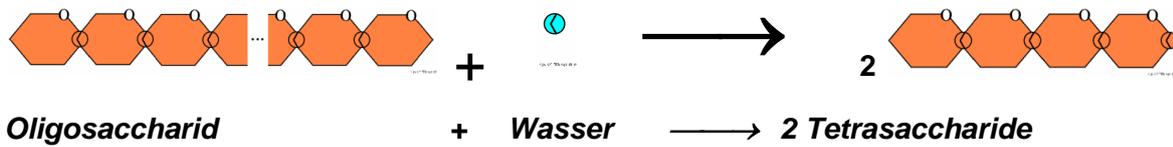
Ab den Disacchariden sind Kohlenhydrate durch Säurehydrolyse in kleinere Baugruppen (mindestens Monosaccharid-Größe) spaltbar. Die Spaltung sind Hydrolysen, d.h. bei Anwesenheit und unter Verbrauch von Wasser werden die Ausgangsstoffe zerlegt. Im Prinzip laufen die besprochenen Reaktionen in umgekehrter 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 länger-kettigen 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. α -Amylase) spalten die Vielfachzucker nicht vom Ende her, sondern zerlegen diese in grobe Stücke (Dextrine, Oligosaccharide). Danach tun die anderen Amylasen ihre Arbeit von den Enden her. Beispielhaft könnte dies so aussehen:



Aufgaben:

1. Stellen Sie die chemische Gleichung für die (enzymatische) Zerlegung von Maltose auf!
2. Ermitteln Sie, um welches Enzym es sich dabei handelt!

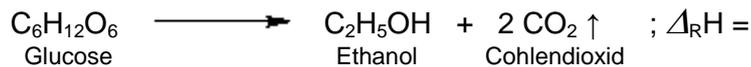
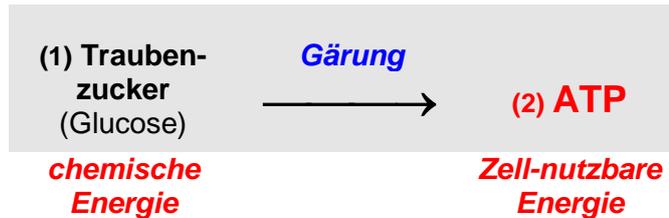
3.2.3.2. biologische Eigenschaftung der Kohlenhydrate und ihre Bedeutung

Mit den Kohlenhydraten verbinden wir wohl sprichwörtlich den süßen Geschmack. Wegen diesem sind die betreffenden Vertreter auch bei den meisten Organismen sehr beliebt. Das Süße ist gewissermaßen ein **Signalstoff** für gute Nahrung. Ein süßer 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.

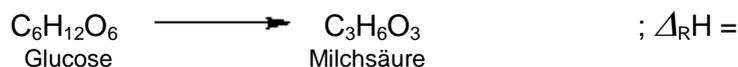
In den Lebewesen bzw. in den Zellen dienen Kohlenhydrate vor allem der **Energiebereitstellung und -speicherung**. So ist Glucose der Stoff, der in den Zellen für kurzfristig benutzbare Energie steht.

Grundsätzlich kann jede Zelle mindestens ein Art der Gärung zur Energiegewinnung nutzen. 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.

Allerdings ist die Menge mit 2 Molekülen ATP pro Molekül Traubenzucker sehr bescheiden. Für die alkoholische Gärung gilt die folgende zusammenfassende Gleichung (über alle zellulären Reaktions-Schritte):



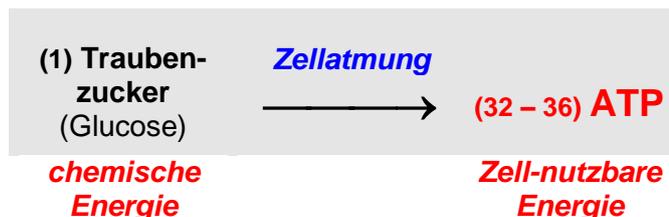
Als zweite – weit verbreitete – Gärung kommt die Milchsäure-Gärung in Frage. Diese folgt insgesamt der Gleichung:



Echte Gärungen sind immer anaerob, d.h. sie benötigen keinen Sauerstoff bzw. sie laufen nur unter Abwesenheit von Sauerstoff ab.

Viele höhere Organismen (Eucyten mit Mitochondrien) können die Glucose vollständig in Cohlendioxiid und Wasser (Zellatmung) abbauen.

Dieser Prozess wird Zellatmung genannt. Der Energiegewinn liegt bei 32 bis 36 Molekülen ATP pro Molekül Traubenzucker.



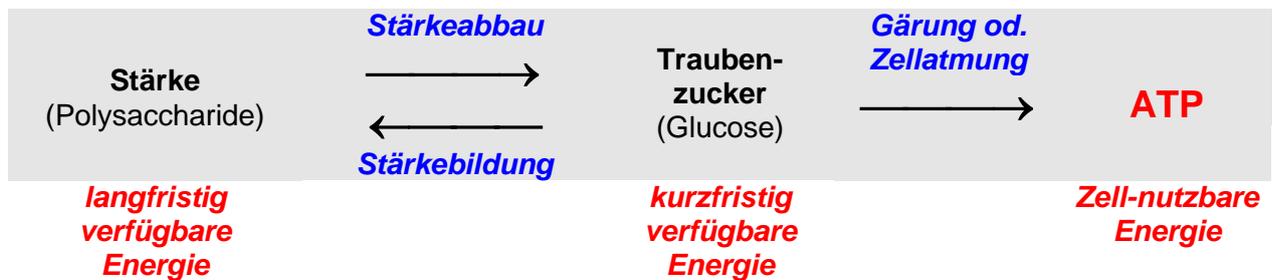
Zur vollständigen Oxidation der Glucose ist aber auch Sauerstoff notwendig (aerob).



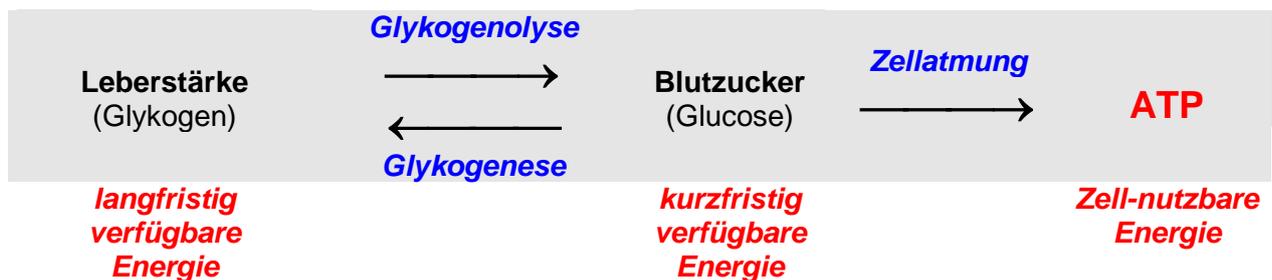
Traubenzucker kann nicht in größeren Mengen in der Zelle gelagert werden. Es würde die osmotischen Verhältnisse stark beeinflussen. Je mehr Glucose gelöst wäre, umso dickflüssiger (Sirup-artiger) wäre dann das Zellplasma. Eine bessere Alternative ist die Stärke als Speichersubstanz. Sie ist kaum Wasser-löslich und beeinflusst somit kaum den osmotischen Wert des Zellplasma's bzw. des Blutes.

Stärke dient vorrangig als langfristiger Energiespeicher. Wird der Energiepool knapp, dann wird die Stärke schrittweise in Glucose zerlegt.

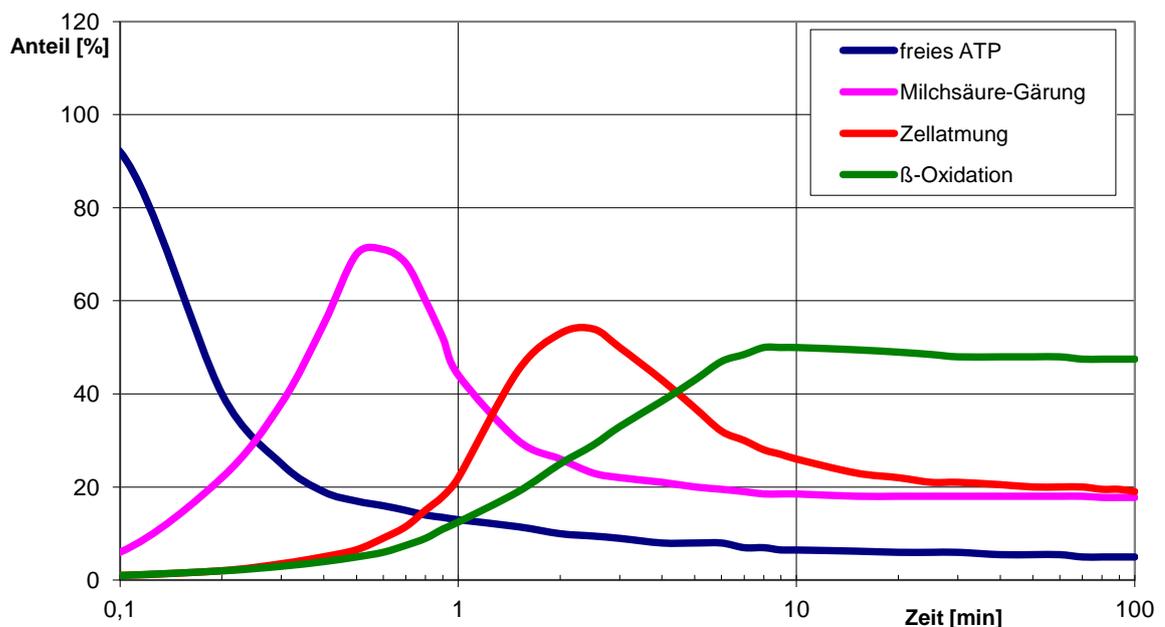
(Dieser Vorgang wird ausführlich im Abschnitt 4. Stoffwechsel der Zellen erläutert.)



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))
 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 aber einfach nur einen anderen Namen.



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 Kohlendioxid 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.



Energie-Quellen für eine Dauer-Muskel-Belastung

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.

Exkurs: Laktat-Test (Lactat-Test)

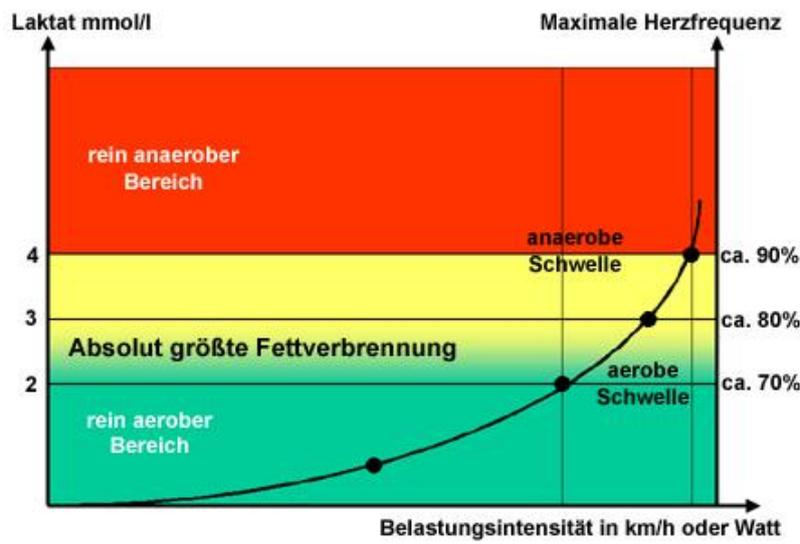
Zur Abschätzung der Leistungsfähigkeit von Sportlern und zur Erkennung von Stoffwechselerkrankungen (z.B. Diabetes) wird die Schwelle beim Umschalten zwischen Zellatmung und Milchsäure-Gärung in den Energie-Versorgung der Muskelatur gesucht.

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 einem schlechten Trainingszustand 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

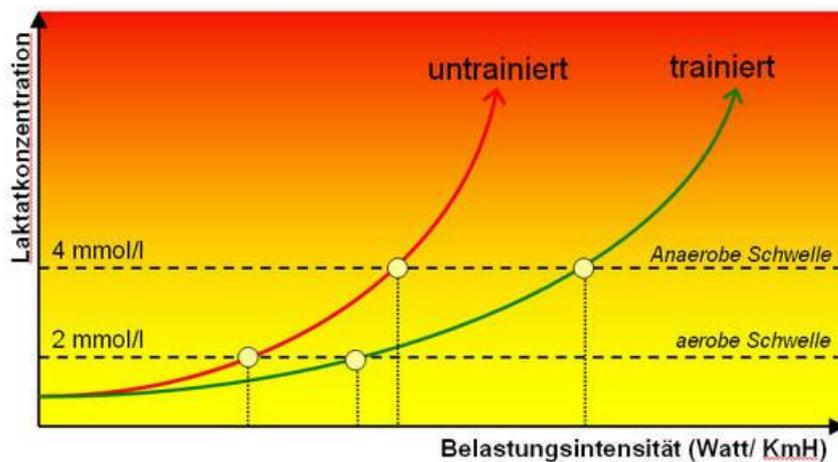
normaler Wert / Ruhewert: 2 mmol/l
 aerobe Trainingssituation: < 2 mmol/l
 aerober-anaerober Grenzbereich: 2 – 4 mmol/l
 anaerobe Trainingssituation: > 4 mmol/l

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 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.

Laktatkurvenverlauf



Q: www.dr-gumpert.de

glykämischer Index (GI)

Zahlen-Wert, der die Blutzucker-steigende Wirkung eines Lebensmittels oder einer Substanz angibt

beschreibt die Fläche unter der Kurve (Area under the Curve, AUC) beim Blutzucker-Verlauf in der Zeit bei der Gabe gleicher Glucose(??? prüfen)-Mengen in Form unterschiedlicher Lebensmittel

ein GI = 50 bedeutet, dass der Stoff / das Lebensmittel den Blutzucker nur halb so stark ansteigen lässt (im Vergleich zu reiner Glucose → GI = 100)

Nahrungsmittel mit GI<50 sollten bevorzugt werden

Werte über 70 gelten i.A. als ungünstig

Substanz Lebensmittel	glykämischer Index (GI)	
Äpfel	gering	
Baguette	70	
Datteln	gering	
Glucose	100	
Honig	> 85	
Kirschen	gering	
Möhren	70	
Nudeln	60 – 85	
Saccharose	> 85	

glykämische Last (GL):

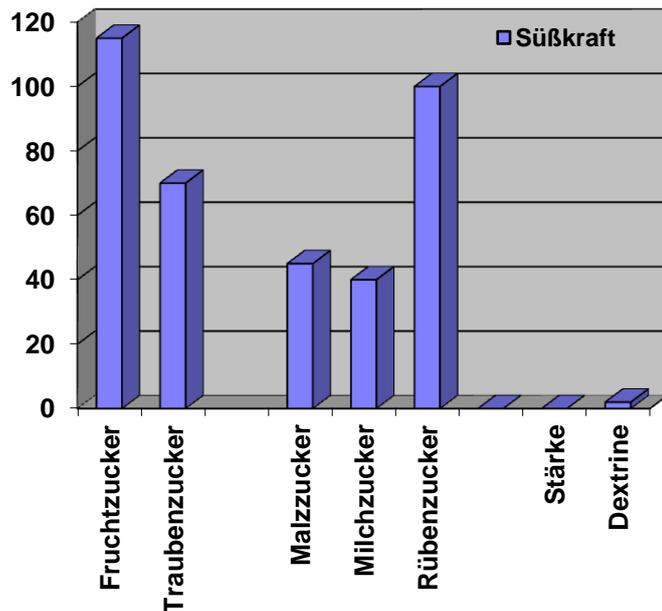
verknüpft den glykämischen Index mit dem Kohlenhydrat-Gehalt eines Lebensmittels
Lebensmittel können bei gleichem GI sehr unterschiedliche Mengen Kohlenhydrate enthalten

$$GL = \frac{GI}{100} \cdot m_{KH}[100g LM]$$

Lebensmittel	GI	KH [g/100g LM]	GL
Baguette	70	48	34
Möhren	70	4,8	3,4

3.2.3.3. technologische Eigenschaften der Kohlenhydrate und ihre Nutzung

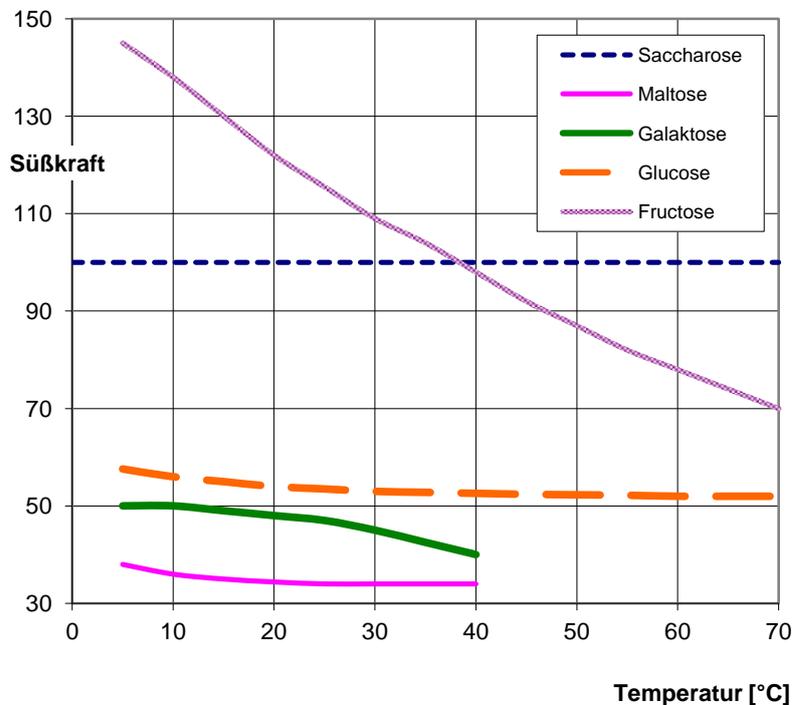
Süßkraft: Vor allem Einfach- und Zweifachzucker besitzen eine mehr oder weniger stark ausgeprägte Süßkraft. Diese ist besonders von der Art der Sinneszellen auf unserer Zunge abhängig. Für bestimmte Zucker sind diese Sinneszellen besonders empfindlich und vermitteln uns dann den intensiven, süßen Geschmack. Im 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 empfohlenen Genußtemperatur erprobt werden.

Den Effekt kennt man auch bei Abschmecken von Süßspeisen 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 sie 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.

Zumindestens beim Menschen setzt Zucker im Gehirn (das Glückshormon) Serotonin frei. Da es physiologisch kein Maximum oder eine Überschuss-Reaktion im Gehirn gibt, noch ein direkter Gegenspieler für Serotonin existiert, kommt es zu einer latenten Sucht nach Süßem.

Neuerdings wird allerdings auch eine Appetit-hemmende Wirkung von Serotonin diskutiert. Dies würde bedeuten, dass doch ein begrenzender Faktor vorliegt. Damit würde sich auch das geringe bzw. latente Sucht-Potential gut erklären lassen.

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. Auf süße Speisen reagiert unser Körper 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. Sinnvoll ist der Einsatz von Süßstoffen dann, wenn mit der Süßstoff-haltigen Speise auch direkt oder indirekt Kohlenhydrate mitaufgenommen werden. Dann läuft die Insulin-Freisetzung nicht ins Leere bzw. hat dann keine fatale Wirkungen.

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 wiederum 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 [sprich: *mejar*] (1878 - 1936) klärte den Reaktionsverlauf als erster auf. Die Reaktion und entstehende Reaktionsprodukte haben von ihm den Namen erhalten. Neben der positiven Beeinflussung der Farbe und des Geschmacks werden den MAILLARD-Produkten auch geringe desinfizierende und Verderb-behindernde 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. Denken Sie dabei z.B. an glasiertes Gemüse oder Fleisch.

MAILLARD-Produkte sind aber keineswegs nur lecker. Ihnen wird auch ein gewisses cancerogenes und toxisches Potential zugesprochen. Allerdings sind die entstehenden Mengen beim Braten, Rösten, Grillen usw. so gering, dass keine direkte Gefahr besteht.

Hygroskopizität: Lässt man z.B. Fructose in offenen Gefäßen stehen, dann verklumpt er sehr schnell. Dies liegt daran, dass Fructose die Luftfeuchtigkeit anzieht und bindet. Man sagt Fructose ist wasseranziehend – hygroskop(isch). 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 Fructose 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.

Kristalliner 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. Im Lebensmittel-Bereich spricht man von einem sinkenden oder geringen a_w -Wert. Dieser ist ein Maß für das freie / aktive Wasser (activity of water) in einem Lebensmittel. Je kleiner der a_w -Wert – also umso weniger freies Wasser in dem Lebensmittel enthalten ist – umso schlechter können Mikroorganismen überleben. Dadurch sinkt im Allgemeinen auch die Verderbbarkeit.

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 trocknen aus – bleiben aber, oft als Spore, noch länger lebensfähig. Nach Zugabe von Wasser können sie sich wieder voll entwickeln und dann die Lebensmittel verderben.

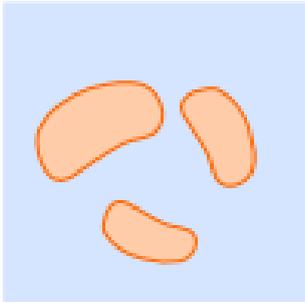
Bonbons und viele reine Zucker-Süßwaren haben ungefähr einen Wasser-Gehalt unter 2 %. Steigt oder war der Wassergehalt über 2 %, dann kommt es schon zum sogenannten "kalten Fließen". Das wenige Wasser reicht aus, um über Lösung und Auskristallisation des Zucker's im Bonbon kleine Kristalle entstehen zu lassen. Die Bonbon-Masse wird klebrig und zähflüssig. Die Oberfläche der Süßwaren verlieren ihren Glanz ("Absterben").

Längerkettige Kohlenhydrate sind meist nicht in Wasser löslich. Ihre Moleküle sind zu groß und oft auch zu schwer. Manche Polysaccharide sind aber kolloidal in Wasser löslich. D.h. sie werden als Einzel-Moleküle von einzelnen Wasser-Teilchen getragen und bewegen sich mit ihnen mit. Auf Grund einer ähnlichen Dichte schwimmen / tauchen im Wasser. Eine echte Lösung entsteht dabei nicht.

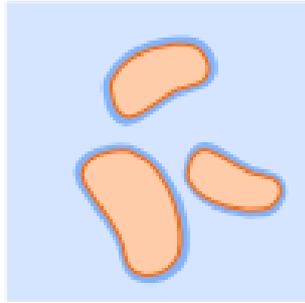
Die großen Moleküle längerkettiger Kohlenhydrate können z.T. aber beachtliche Mengen von Wasser in ihre Strukturen einlagern. Dies nennt man dann Quellen.

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 (Gel-Zustand).

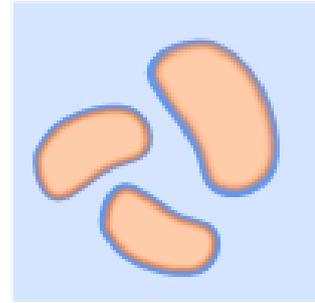
Getreide können bis zum zehnfachen ihres Eigengewichtes an Wasser aufnehmen.



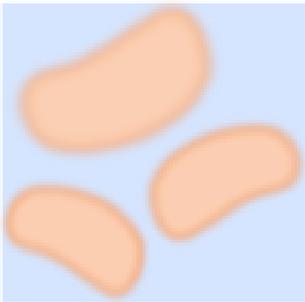
Getreide-Körner werden in Wasser gegeben (12 °C)



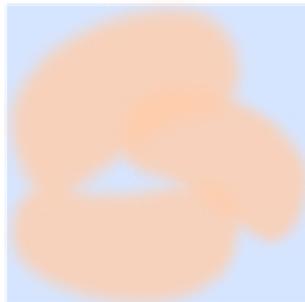
Wasser haftet an der Körner-Oberfläche (20 °C)



Hülle der Körner wird angelöst und dadurch Wasser-durchlässig (Roggen → 35 °C; Weizen → 40 °C)



Hülle löst sich auf, das Wasser dringt bis ins Innere der Körner vor; zuerst quillt die Amylose und dann das Amylopektin (Roggen → 50 °C; Weizen → 60 °C)



Aufplatzen der Körner, verstärktes Auflösen und Quellen der Stärken; Gelbildung setzt sich fort (65 – 70 °C)



Ende der Verkleisterung; Amylose vollständig aufgelöst, Gel-Zustand (Roggen → 75 °C; Weizen → 90 °C)

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.

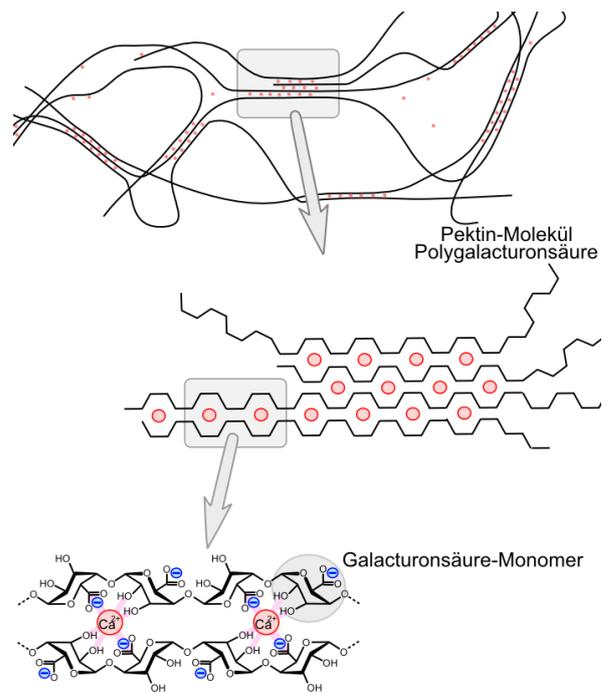
Bindefähigkeit: Die Quellbarkeit und die fortschreitende Verkleisterung bewirken die Verfestigung des Nahrungsmittels. Durch Erwärmen wird der Effekt sogar noch verstärkt, da die Moleküle sich noch stärker bewegen und dementsprechend noch heftiger miteinander verwirren.

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 fester 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.

In der Küche kennt man auch den Trick, dass Mehl einfach vorher mit Butter (oder Öl) verrührt wird. Das Mehl-Fett-Gemisch löst dann relativ gut im anzudickenden Lebensmittel auf.

Geliefähigkeit: Eine gute und praktisch nutzbare Geliefähigkeit findet man besonders bei Polysacchariden und dort besonders bei natürlichen oder technischen (künstlichen) Derivaten. Ein häufig genutztes Geliermittel ist Pektin. Pektin ist ein Misch-Polymer aus Galacturonsäure, die sich praktisch aus der Galactose ableitet und als abweichende funktionelle Gruppe am 6. Cohlenstoff eine Säure-Gruppe trägt. Daneben findet man noch einige speziellen Monosaccharide in den Ketten und Verzweigungsstellen (→ [3.2.4.5.2. Heteroglykane](#)).

Beim Gelieren werden mehrere Eigenschaften in Kombination ausgenutzt. Das ist zum Einen die Wasserlöslichkeit. Pektine lösen sich aufgrund der nach außenstehenden Säuregruppen besonders gut in Wasser. Die Makromoleküle können auch eine große Menge Wasser in ihre Ketten aufnehmen. Das führt uns zur Quellbarkeit. Das große Wasserbindungsvermögen verstärkt sich noch, wenn die Moleküle miteinander vernetzen. Die nach außenstehenden Säure-Gruppen stellen dann z.B. über zweiwertige Calcium-Ionen Bindungen zu Nachbar-Molekülen auf (→ Bindefähigkeit). Dabei entstehen charakteristische Muster, die der Anordnung von Eiern in Papp-Packungen sehr ähnlich sind. Daher stammt auch der Name "egg-box"-Modell für die Erklärung dieser Gelierform.



Bei genaueren Untersuchungen der Verbindungsstellen Polymere-Calcium hat man festgestellt, dass die Calcium-Ionen nicht rein ionisch gebunden sind, sondern zwischen insgesamt vier Glycuron-Monomeren quasi eingeklemmt sind. Man spricht chemisch von einer Komplex-Bindung, da jeweils zwei Säure- und zwei Hydroxyl-Gruppen (immer je eine aus den beiden benachbarten Ketten) das Calcium-Ion gemeinsam nutzen.

Sie halten es wie zwischen Krebs-Zangen fest. Man spricht deshalb auch von Chelat-Komplexen. Durch Wärme brechen die Komplex-Bindungen relativ leicht wieder auf (→ geringe Gelier-Temperatur), weil die Moleküle dann schon zu große (Wärme-)Eigenbewegungen ausführen. Bei sinkender Temperatur werden die Bindungen nach und nach wieder geknüpft und die Masse geliert wieder.

Das Binden von Alginaten (Alginat) wird auch bei der Herstellung der Kugeln für die Bubble-Tea's genutzt. Die Alkinate sind zumeist Natrium-Salze – sie beinhalten also nur einwertige Ionen, die nur geringfügig vernetzte Strukturen ermöglichen. Durch Zugabe oder eben das Einleiten einer Alginat-Lösung in eine Lösung mit Calcium-Ionen (z.B. Calciumchlorid) kommt es schlagartig zum Gelieren. Im Fall der Bubble's geliert zuerst die Außenschicht. Da nun keine Calcium-Ionen in das Innere der Alginat-Kugel eindringen können, bleibt der Innenraum (zäh-)flüssig.

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 hygienischen 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 (Stärken). Sie sind quasi schon in der richtigen Größe, um im Dünndarm resorbiert (aufgenommen) zu werden.

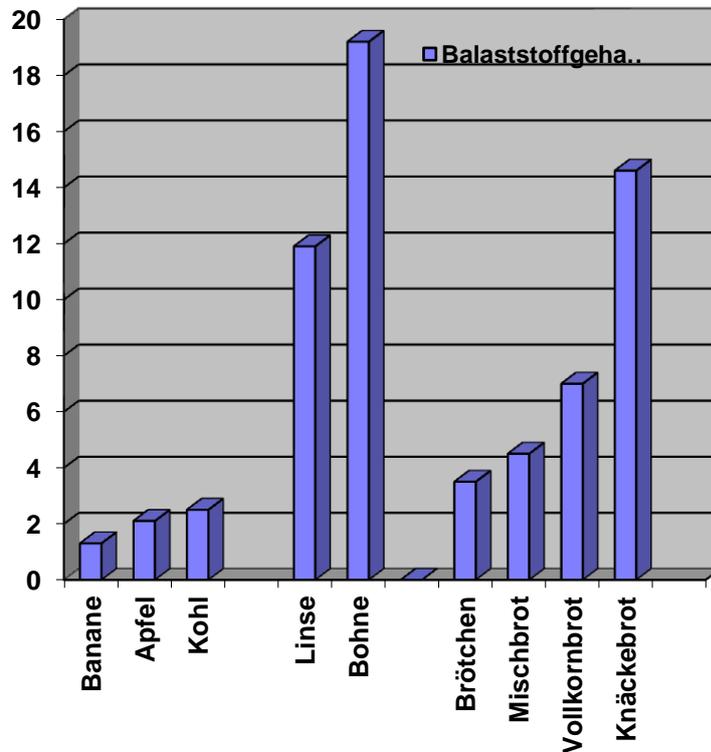
Einige andere Kohlenhydrate - wie z.B. der Zellstoff - können durch unser Verdauungssystem überhaupt nicht (direkt) verarbeitet werden. Sie füllen unseren Verdauungskanal nur aus und regen ihn zur erhöhten Tätigkeit an. Scheinbar können wir auf diese Stoffe bei der Ernährung verzichten, weshalb sie wohl 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 ungem. (→ [3.4. Ballaststoffe](#))

Klassifiziert man die in den Lebensmitteln vorhandenen Arten von Stärken nach ihrer Abbaubarkeit, dann ergeben z.T. ganz andere Sichtweisen auf die Verwendungen im Lebensmittel- oder Diät-Bereich.

Die Klassifizierung erfolgt nach der Verdaubarkeit im Dünndarm des Menschen.

Die primäre Verdauung in der Mundhöhle und der saure Aufschluss im Magen kann Mengenmäßig vernachlässigt werden.



Stärke-Typ	Untertyp	Art der Verarbeitung	Abbau-Rate	Beispiele / Vertreter
schnell verdauliche Stärke		frisch gekochte Stärke-haltige Lebensmittel	schnell	
langsam verdauliche Stärke		die meisten rohen Getreide-Arten	langsam, aber vollständig	
resistente Stärke	Typ I unverdauliche Stärke	Gemüse; teilweise gemahlene Körner und Samen	resistent	
	Typ II resistente Stärke(-Körner)	rohe Kartoffeln und Bananen	resistent	
	Typ III retrogradierte Stärke	gekochte und dann erkaltete Kartoffeln, Kartoffel-Salat, Brot, Cornflakes	resistent	

Q: nach: WATZL, LEITZMANN: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln (nach ENGLYST et al. (1992); HILL (1995); FAISANT et al.(1995))

Scheinbar kommt es durch Kochen und nachfolgender Abkühlung zu nachhaltigen Struktur-

Veränderungen in den Stärke-Molekülen, die z.T. deren Abbaubarkeit deutlich verschlechtern.

Weiterhin wird die Abbaubarkeit z.B. durch die Gel-artigen Hüllen aus gequollener Stärke um ungequollene Stärke-Körner beeinflusst. Bei einigen Stärken wird durch die Quellung der äußeren Schichten ein weiterer Wasser-Eintritt in das Korn verhindert, so dass im Innern nur ungequollene Stärke vorliegt. Diese Stärke kann dann nur verzögert verdaut werden.

Lebensmittel	Stärke-Gehalt [g / 100 g [LM]]			
	gesamt	schnell verdaul.	langsam verdaul.	resistent
Bohnen, grün	18	4	6	8
Bohnen, Kidney-Bratkartoffeln	17	5	10	3
Cornflaks	75	70	2	3
Erbsen, gefroren	7	4	1	2
Haferbrot, Vollkorn-	34	23	7	3
Kartoffeln, neue	16	15	1	0
Kekse, leicht verdaulich	47	32	13	2
Kekse, mit Hafermehl	56	49	6	1
Reis, Langkorn, gereinigt	23	17	6	0
Spaghetti	24	14	9	1
Weizen, geschrotet	62	49	12	2
Weizenbrot, Vollkorn-	35	32	1	2

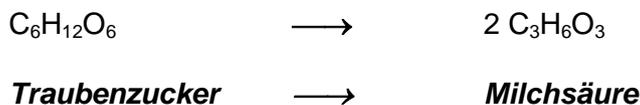
Daten-Q: WATZL, LEITZMANN: Bioaktive Substanzen in Lebensmitteln (nach CUMMINGS et al. (1995))

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:



ist es nicht getan.

Es gibt auch andere Gärungen mit anderen Endprodukten. Einfachzucker (vorrangig Traubenzucker) lassen sich auch zu Milchsäure vergären:



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-Gärung in unseren Muskeln für die Bereitstellung von Start- und Reserve-Energie verantwortlich. Für die normale, andauernde Muskel-Bewegung wird 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 [sprich: *mejar*]). Dadurch entstehen z.B. die braunen Farbstoffe der Braten- oder Brot-Krusten. Die MAILLARD-Reaktion ist aber auch der wesentliche Bildner von Geschmacks- und Geruchs-Stoffe beim Braten, Grillen, Rösten usw. Schon kleinste Veränderungen an vorhandenen Kohlenhydraten und Proteinen, wie auch der Zubereitungs-Methoden führen zu mehr oder weniger sowie veränderten Aromastoffen.

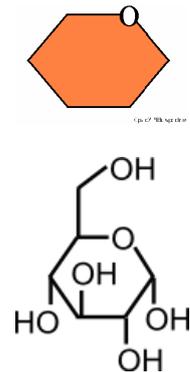
3.2.4. Wichtige Kohlenhydrate - kurz vorgestellt

3.2.4.1. Einfachzucker

Traubenzucker (Glucose, Dextrose)

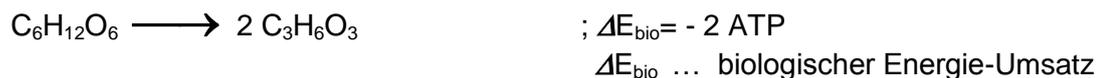
Bau, Vorkommen: Traubenzucker kommt in allen Zellen vor. Als Primärprodukt der Photosynthese nimmt es in der gesamten Pflanzenwelt eine besondere Rolle ein. Sie stellt gewissermaßen den Initialstoff für alle organischen Stoffkreisläufe dar. Im Prinzip ist Glucose der wichtigste Energieträger in der Geosphäre.

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 $+112^\circ$ (daher auch der Name Dextrose, für rechtsdrehender Zucker), die reine β -D-Glucose wird mit $+19^\circ$ 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.

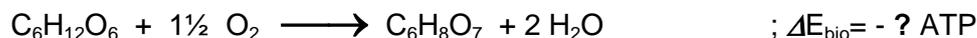


Viele niedere Pilze (z.B. Hefen) verfügen über ein anderes Enzymbesteck zur Umwandlung der Glucose. Sie produzieren Ethanol (Alkohol). Der Prozess wird dementsprechend alkoholische Gärung genannt.



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.



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



Fructzucker (Fructose, Lävulose, Laevulose)

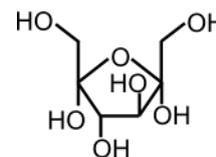
Bau, Vorkommen: Der Name Fructzucker deutet schon auf das Hauptvorkommen hin. Wohl jede süßliche Frucht besitzt einen mehr oder weniger großen Anteil an Fructzucker. Typische Vertreter fructzuckerhaltiger Früchte sind Kirschen und Pflaumen. Fructose ist ein Hauptbauelement der Saccharose – unseres Haushalts-Zuckers.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

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Bei der Süßkraft ist Fructzucker 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).

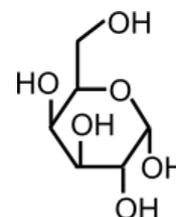
Fructose kann in den verschiedenen Lebewesen und Zellen – genau wie die Glucose – uneingeschränkt für alle Gärungen und die Zellatmung benutzt werden. Es ist ein Zwischenprodukt des einleitenden Prozesses - der Glycolyse (sowohl der Gärungen als auch der Zellatmung). Somit kann es unmittelbar und jederzeit 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 Wesentlichen 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 $18 - 25^\circ\text{C}$ arbeiten) können die Galactose überhaupt vergären. Die differenzierte Vergärbarkeit kann gut zur Unterscheidung genutzt werden. Eine Charakterisierung über den Drehwert von $+80^\circ$ des polarisierten Lichts ist ebenfalls möglich.

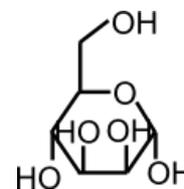
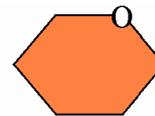


Mannose (Brotzucker)

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 gemahlene Steinnüssen.

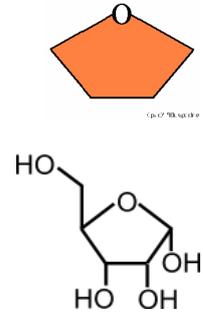
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Mannose wirkt reduzierend und ist in der α -Form am stabilsten. In Wasser ist Mannose gut löslich. In Lösung liegt Mannose vorrangig in der Pyranose-Form vor. Die Furanose-Form ist aber ebenfalls möglich. In Lösung ergibt sich ein Drehwert von $+14^\circ$ für das polarisierte 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 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), Holundermark, Bauelement von Pektinen	reduzierend, nicht vergärbar
C ₅	D-Xylose	in Holzgummi (Xylan), Kleie und Stroh	reduzierend, nicht vergärbar

Aufgaben:

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

3.2.4.1.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Monosacchariden

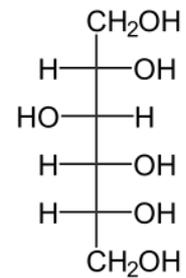
Sorbit (Sorbitol,)

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 Katalysa-
tor hergestellt, bei Verwendung von Saccharose als Ausgangsstoff entsteht
aus dem Fructose-Resten Mannit,

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

größere Mengen Sorbit wirken abführend; bedeutsam bei Entwöhnungs-Kaugummi für Rau-
cher, sie enthalten häufig Sorbit als Zucker-Ersatz, die Verwendung von Zucker würde bei er-
höhtem Verbrauch ev. zu Gewichts-Problemen führen; bei einem erhöhtem Konsum solcher
Kaugummi kann es zu starkem Durchfall kommen

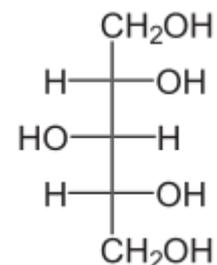
für Diabetiker nur dann sinnvoll, wenn auch Süße-reduziert gegessen wird, ansonsten muß um
die gleich Süße wie Zucker zu erreichen die doppelte Menge verwedet werden. Da der halbe
Brennwert von Zucker in Sorbit steckt, bringt der Ersatz dann praktisch nichts.



Xylit (Xylitol, Birkenzucker)

kommt in Birken-Rinde vor
auch in Weizen- und Hafer-Halmen
mit rund 1% auch in Pflaumen, Erdbeeren und Himbeeren
hat E-Nummer E967, da es zumeist künstlich hergestellt wird

chemisch ein Pentitol also ein Zucker-Alkohol mit fünf C-Atomen
pseudosymmetrisch und achiral (andere achirale Form ist Ribitol, die chirale
Form Arabitol)



in der menschlichen Leber als Zwischen-Produkt des Kohlenhydrat-Abbaus
(täglich 5 – 15 g)
kariostatische (keine Karies auslösend) und antikariogene (Karies verhindernd) Wirkung

gleiche Süßkraft, wie Saccharose, erzeugt kühlenden Effekt durch endotherme Lösungs-Wärme
(= Lösungs-Energie endotherm), ähnlich Menthol, sülich schmeckende Kristalle hygroskopisch
40% geringerer Nährwert

Abbau läuft Insulin-unabhängig

diese Eigenschaften-Kombination macht es für Diabetiker bzw. passende Lebensmittel interes-
sant

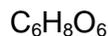
leicht abführende Wirkung, da es Wasser bindet und auch dadurch schon schwerer resorbiert
werden kann; rund 60% des Xylitols werden im Dickdarm umgesetzt

Hitze-stabil, keine Karamellisierung

toxisch für einige Tiere bzw. Tiergruppen (z.B. Hunde, viele Säugetiere)

Glucuronolacton

auch: D-Glucuronsäure-3,6-lacton, D-Glucuronsäure- γ -lacton



intramolekularer Ester (Lacton) der Glucuronsäure (Oxidations-Produkt von D-Glucose)

natürlich vorkommend in Früchten, pflanzlichen Schleimstoffen und Fasern sowie im tierischen Bindegewebe

bei natürlichen Lebensmitteln größte Menge in Wein mit 20 mg / l

künstlich hergestellt durch Oxidation von Trehalose

gut löslich in Wasser, fest, hellbeige – farblos, geruchlos – charakteristisch, wenig löslich in Ethanol

LD₅₀ = 20 g / kg [Körpergewicht] bei Mäusen

LD₅₀ = 10,7 g / kg [Körpergewicht] bei Ratten

als Kohlenhydrate oft in Energy-Drinks in Kombination mit den Alkaloiden Taurin und Coffein verwendet, dort sind rund 2,0 – 2,4 g / l enthalten

in Deutschland nicht zugelassen (Zulassung ausgesetzt), aber in anderen EU-Ländern und darf aus diesen eingeführt werden
normal im Magen-Darm-Trakt resorbiert

kann die Blut-Hirn-Schranke passieren (über Glucose-Transporter GLUT-1 und GLUT-5)

durch diverse Synergie-Effekte ist die potentielle Gefahr, die von Glucuronolacton ausgeht nicht eindeutig bestimmbar

mehrere schwere Beeinflussungen von Körperfunktionen und auch 2 Todesfälle beschrieben

durch Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit empfohlene (NOAEL-Grenzwert (keine beobachtbaren negativen Wirkungen)) maximale Aufnahme-Menge 1 g / kg [Körpergewicht] und empfohlene Trnk-Menge eines Energy-Drinks von max. 350 ml (??? *widersprüchliche Daten!!!*)
eine einzelne Vergiftung schon von 1,4 l Energy-Drink bei einem Jugendlichen bekannt geworden

Kombination mit alkoholischen Getränken sollte gemieden werden – weitere Synergie-Effekte

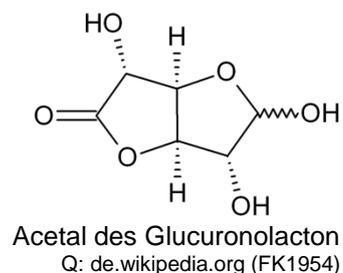
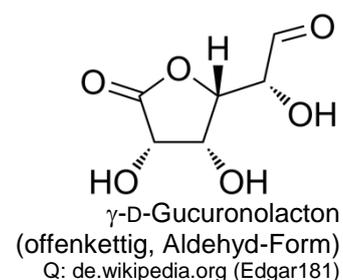
(.)

Glucoside

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

Senföle

Nucleoside



Digitalisglycosid

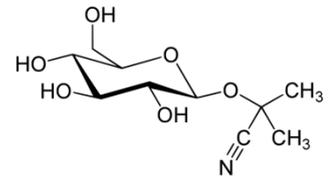
Solanin

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

LD₅₀ ≈ 500 mg / kg



Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Glucosinolate

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

-S-C≡N -Gruppe

bestehen aus Glucose und Senföhl; 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.

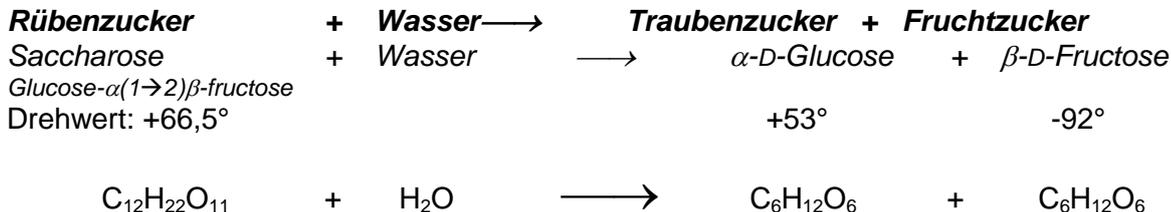
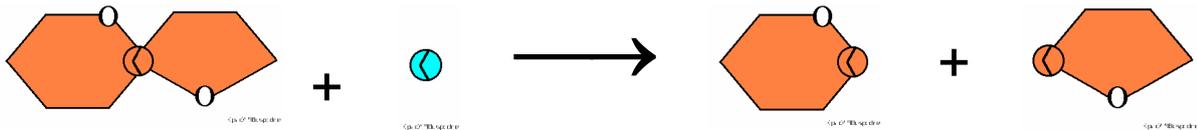
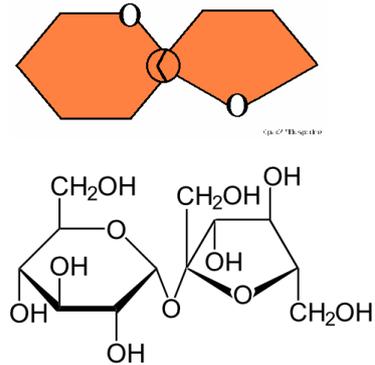
Werden Fructose und Glucose anders herum gebunden (3->1 glycosidisch), dann heißt das Produkt **Turanose**.

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. Aufgrund dieses Zusatzes schmeckt der braune Zucker aromatischer und ist zudem auch gesünder (durch diverse enthaltene biogene Stoffe).

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 Saccharose wird die Polarisationssebene 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.



Durch Säuren und / oder Enzyme wird die Reaktion katalysiert. Trotzdem verläuft die Reaktion 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 ($\approx -20^\circ$ (gleichgewichtsabhängig)). Es kommt also zur Umdrehung / Umkehr des Drehsinns. Dies nennt man **Inversion**.

Aufgabe (zwischen durch) für das gehobene Anspruchsniveau:

1. Ist Turanose ein Isomer, Enantiomer, Anomer oder ein Isotop von Saccharose? Begründen Sie Ihre Aussagen! Begründen Sie auch, warum es die oder das Andere(n) nicht sein können!
2. Überlegen Sie sich, ob Turanose ein reduzierender Zucker ist! Begründen Sie Ihre Meinung!

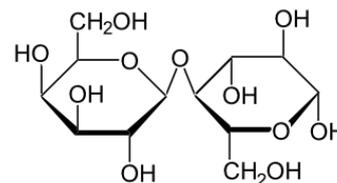
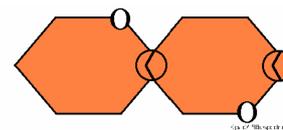
Milchzucker (Lactose, Sandzucker)

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 einem Galaktose- und einem Glucose-Baustein in glycosidischer β -1-4-Verknüpfung.

Der jeweilige Lactose-Anteil in der Milch der verschiedenen Säugetiere ist artspezifisch. Deshalb ist auch jeweils die arteneigene 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.



Tier	Anteil Lactose in der Milch [%]
Büffel	4,8
Esel	7,4
Kamel	5,0
Katze	4,8
Kuh	4,6
Mensch	7,1

Daten-Quelle: de.wikipedia.org (Lactose)

Tier	Anteil Lactose in der Milch [%]
Pferd	6,2
Rentier	2,8
Schaf	4,8
Yak	4,6
Ziege	4,3

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. Daher auch der Trivialname Sandzucker.

Am Glucose-Teil kann der Ring aufbrechen und wieder die Kettenform mit einer freien Carbonyl-Gruppe entstehen. Lactose gehört somit zu den reduzierenden Zuckern.

Beim Erhitzen oder bei Anwesenheit von Alkohol wird die Lactose zu Lactulose umgelagert. Der Glucose-Baustein wird intern zu einem Fructose-Baustein umgebaut. Lactulose schmeckt deutlich süßer als Lactose.

Die Drehung des polarisierten Lichtes erfolgt um $+54^\circ$. 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 (*Lactobacillus 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.

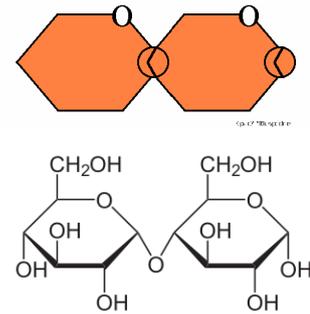
Beim der Biosynthese der Stärke ist es dementsprechend das erste Zwischenprodukt.

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 vergärbbar.

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

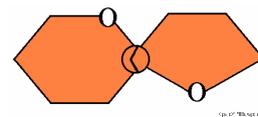
Während in der 1,4-Verknüpfung die OH-Gruppen α -ständig sind, bildet sich die endständige glycosidische Hydroxyl-Gruppe in Lösung eher in der β -Form.



3.2.4.2.1. Derivate und abgeleitete Produkte von Disacchariden

Läuterzucker (gereinigte Saccharose)

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

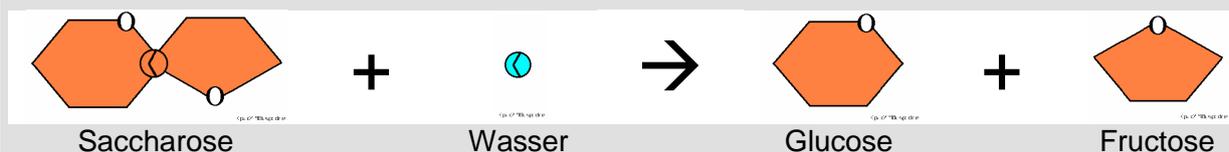


Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In seinen Eigenschaften entspricht er voll und ganz dem normalen Kristall-Zucker (Saccharose) Je nach Konzentration wird Läuterzucker in der Nahrungsmittel-Industrie vielfach verwendet und hat dann spezielle Type-Bezeichnungen.

Type	Siedetemperatur [°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. Bei den Bienen stammen die Enzyme und weitere Zusätze aus dem Speichel, der dem Blütennektar in den Waben zugesetzt wird.



Dazu wird also Wasser benötigt / verbraucht. 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 ($[\alpha] \approx -20$).

$[\alpha]$... spezifisches Drehvermögen

l ... Schichtdicke im Polarimeter

c ... Konzentration der Lösung

α ... Drehwinkel

$$\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot c$$

Honig besteht zu 75 % aus Invertzucker. Daneben sind noch 18 % Wasser, 5 % Rohrzucker und Dextrin enthalten, sowie rund 2 % Nichtzuckerstoffe (Pollen, Eiweiße, Enzyme, Wachse, Mineralstoffe, organische Säuren, Farbstoffe). In Spuren sind die Vitamine A, B und C enthalten.

Isomalt-Zucker (Isomalt)

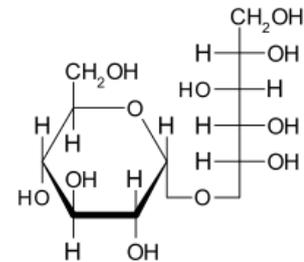
Bau, Vorkommen: Isomalt-Zucker ist ein künstliches Saccharose-Derivat. Mittels Enzyme wird zuerst die Saccharose zu Isomaltulose (Palatinose) umgesetzt. Abschließend wird über eine Hydrierung (Reduktion) Isomalt-Zucker gebildet. Isomalt ist ein Zuckeralkohol und in der EU als **Zuckeraustauschstoff**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

Die Kristalle sind dem Haushaltszucker sehr ähnlich.

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

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 ersetzen (1 : 1). Isomalt hat die gleichen Struktur- und Körper-Eigenschaften in den Produkten. Andere Zuckerersatzstoffe bringen oft nur die Süße.

Isomalt wird gerne als Ersatz für Läuterzucker zum Zuckerziehen usw. verwendet. Hergestellte Produkte sind länger stabil und haltbar. Das liegt auch u.a. daran, dass Isomalt-Zucker weniger hygroskopisch ist, als Saccharose.



Q: de.wikipedia.org (Artur Disk)

Amygdalin

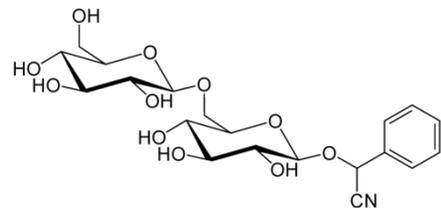
(Amygdalina, "Vitamin B₁₇", Laetril, Lätril)

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

innerhalb der Verdauungsvorgänge in Glucose, Benzaldehyd und Blausäure

100 g bittere Mandeln können bis zu 250 mg Blausäure enthalten (LD₅₀ = 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)

3.2.4.3. Dreifachzucker

Raffinose (Melitose)

(α -D-Galactopyranosyl-(1 \rightarrow 6)-D- α -glucopyranosyl-(1 \rightarrow 2)- β -D-fructofuranosid)

Bau, Vorkommen: Raffinose kommt in Dicken Bohnen, Soja, Baumwollsaamen 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

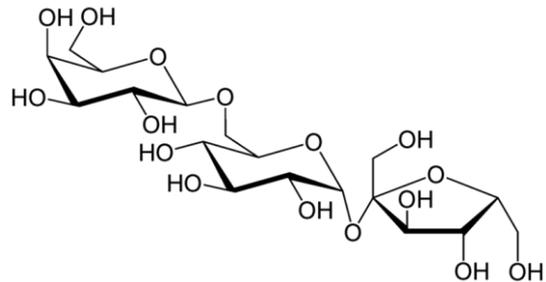
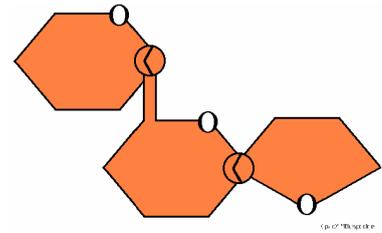
von kohlenhydratspaltenden Enzymen (z.B. im Mundraum) werden die einzelnen sehr süß schmeckenden Bausteine freigesetzt. Raffinose ist schwerer in Wasser löslich als das etwas kleinere Saccharose-Molekül.

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

In einigen Ländern wird Raffinose als Nahrungsergänzungsmittel genutzt. Sie soll die Darmflora positiv beeinflussen. Beim Transport von Organtransplantaten 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.



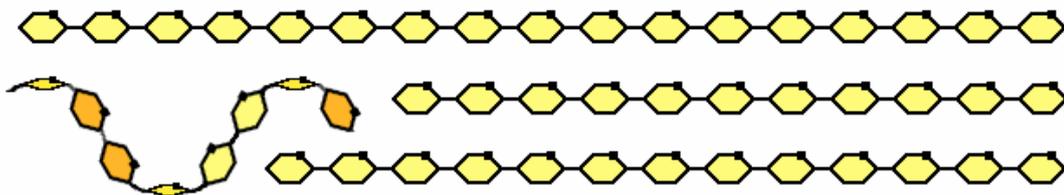
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

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

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 längererkettiger Vielfachzucker (Polysaccharide). Die Kettenlänge der Dextrine liegt zwischen 10 und 30 Einfachzucker-Bausteinen. Die Moleküle der Dextrine zeigen erste Ansätze zu einer spiralförmigen Gesamtgestalt.



© p. 127 "Biochemie"

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-Nahrungsmitteln 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 -Amylasen vom Ende her arbeiten. 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 Iod eingelagert werden kann. Hierbei 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.

Aufgaben:

- 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!*

Einige Bakterien-Arten (z.B.:) sind in der Lage cyclische Dextrine aus 6 bis 8 Monomeren aufzubauen. Sie benötigen dazu ein spezielles Enzym – die Cyclodextringlycosyltransferase. Je nach Anzahl der Monomere (6 bis 7) heißen die cyclischen Dextrine α -, β - bzw. γ -Cyclodextrin.

Durch Zusammenlagern mehrerer Cyclodextrine (Kristallisation) entstehen Röhren-artige Gebilde. In die Ring-förmigen sowie die Röhren-förmigen Strukturen kann sich Iod sehr gut einlagern. Der Einlagerungs-Komplex hat eine blaue Farbe.

3.2.4.5. 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 dann im Stoffgemisch aus.

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

3.2.4.5.1. Homoglykane

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

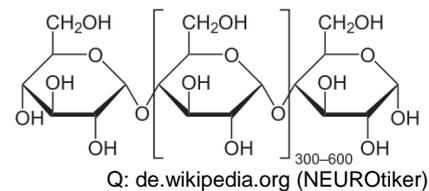
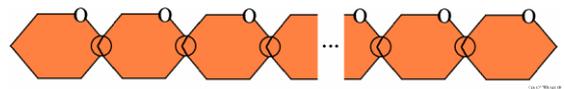
3.2.4.5.1.1. Glucane

lösliche Stärke (Amylose)

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

Es besteht aus spirilig 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.

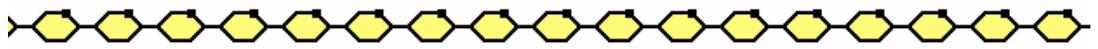
Die Verknüpfung erfolgt 1,4-glycosidisch und entspricht dem Maltose-Typ. Durch die immer gleiche Stellung der Sauerstoff-Brücken (α -1,4) kommt es zur Ausbildung einer Helix. Pro Windung sind 6 bis 8 Glucose-Bausteine verbaut.



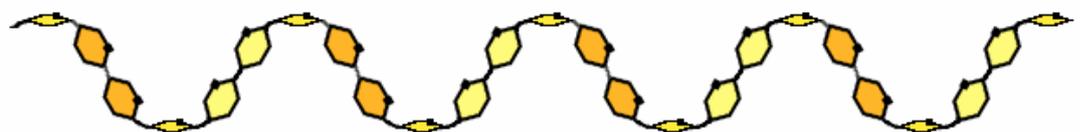
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



Einzelstrang



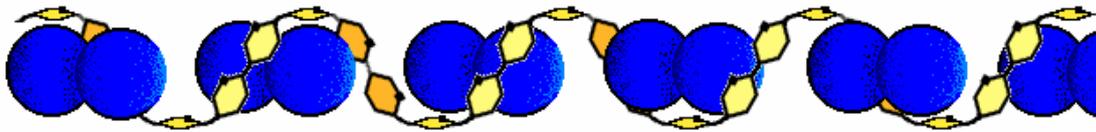
Helix



© p. 27 "Bl. spe. ch. 1

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: In heißem Wasser ist die Amylose kolloidal löslich - d.h. sie schwimmt (besser: taucht) im Wasser. Dabei sind es immer einzelne Moleküle, die von angelagerten Wasser-Molekülen und durch eine ungefähr gleiche Dichte in der Schwebelage gehalten werden. Die Bezeichnung "löslich" ist also etwas irreführend. In das Innere der Molekülschleife kann ebenfalls reichlich Wasser eingelagert werden - die Stärke quillt. Dieses Quellwasser kann dann auch nach dem Abgießen des Restwassers noch gut gehalten werden. Es entsteht ein 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 dann zu stark, als dass dann eine stabile Einschlussverbindung entstehen könnte. In der Kälte verstärkt sich die Farbe aber wieder. Bei Zimmertemperatur ist der Nachweis sehr empfindlich.



© p. 29 "Bl. spe. dre"

nicht-lösliche Stärke (Amylopektin)

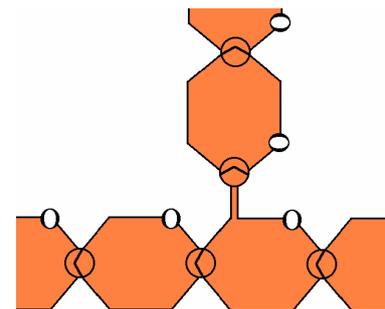
Bau, Vorkommen: Diese Stärke stellt mit 75 bis 80% den bedeutenderen Anteil im Stärkekorn. Der prinzipielle Bau ähnelt dem der Amylose. Nur sind ab und zu (etwa alle 25 Reste) Verzweigungen enthalten. Die Verzweigungen sind α -1,6-glycosidische Bindungen vom Gentobiose-Typ.

Von außen betrachtet wirkt das Molekül dann auch eher wie ein wirres Knäul. Amylopektin enthält wesentlich mehr Traubenzucker-Bausteine (normal 1.000 bis 5.000).

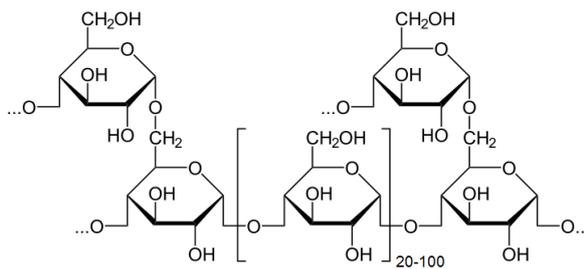
Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Bedingt durch das große Molekulgewicht ist Amylopektin nicht mehr in Wasser löslich. Das liegt auch daran, dass das Quellen (die Einlagerung von Wasser in das Molekül) schneller abläuft, als das Herauslösen aus dem Molekül-Verband.

Durch das Aufquellen bildet eine verfestigte Hülle an der Oberfläche des Stärke-Korn's. Weiteres Wasser kann nur sehr langsam und in kleinen Mengen durch diese Quell-Schicht in das Innere des Korn's eindringen.

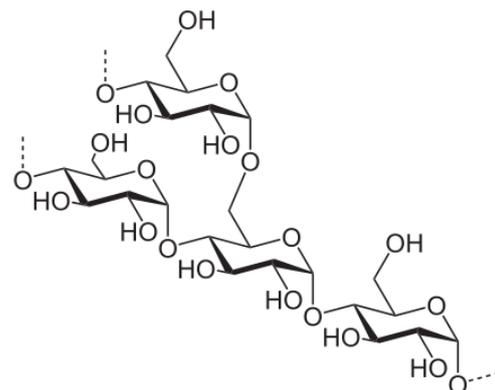
Desweiteren sind die Moleküle durch die Verzweigungen stärker ineinander verwickelt, so dass eine Abtrennung voneinander stark behindert wird.



© p. 29 "Bl. spe. dre"



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker + geänd. Dre)
Molekül-Ausschnitt (HAWORTH-Schreibweise)



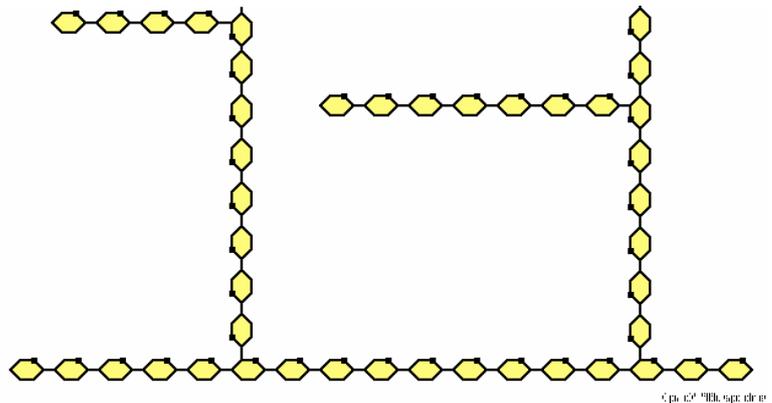
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)
Molekül-Ausschnitt (Sessel-Schreibweise)

Im heißen Wasser ist eine gewisse Löslichkeit vorhanden. Es entsteht ein Gel, aus dem Amylopektin nach dem Abkühlen auch wieder auskristallisieren kann. Dabei wird der Großteil des physikalisch aufgenommenen Wasser's wieder 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.

Die Quell-Stärke kann auch schon mit kaltem Wasser zum Quellen gebracht werden.

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

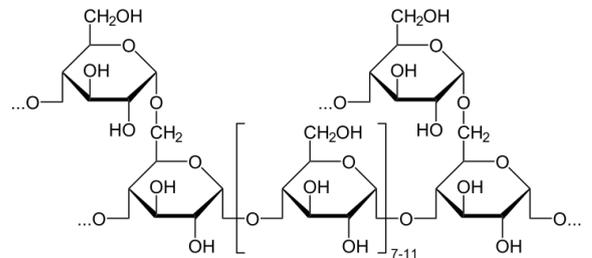
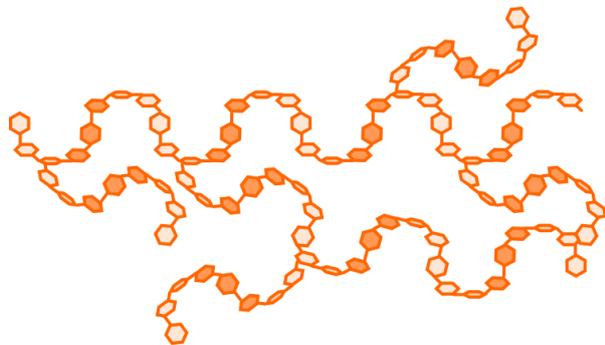
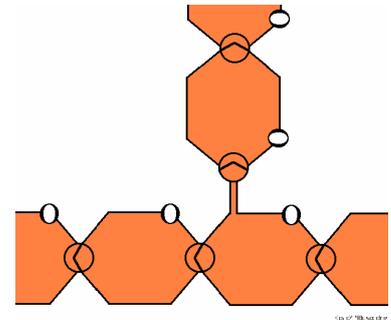


Verzweigungs-Struktur des Amylopektin in 2D ausgebreitet

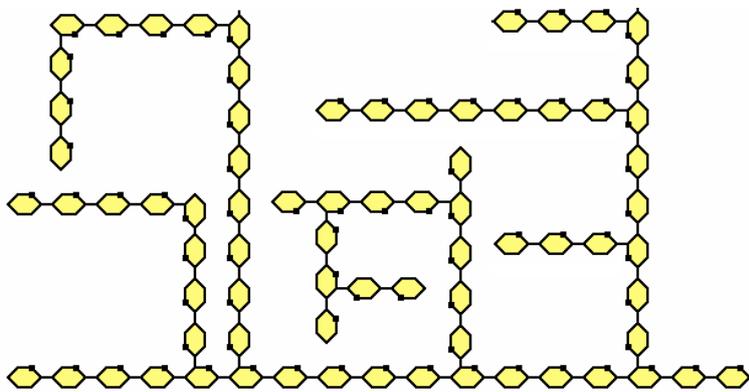
Leberstärke / tierische Stärke (Glykogen)

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 8 bis 14 Glucose-Bausteine tritt eine Verzweigung auf.

Insgesamt kann ein Glykogen-Molekül aus 100.000 Resten bestehen. Normal sind allerdings 5.000 bis 10.000. Glykogen bringt es bei der Molekülmasse auf beachtliche 10^6 bis 10^7 u – das entspricht rund 10^{-21} g / Molekül oder 6000 g/mol.



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



Verzweigungs-Struktur des Glycogen in 2D ausgebreitet

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

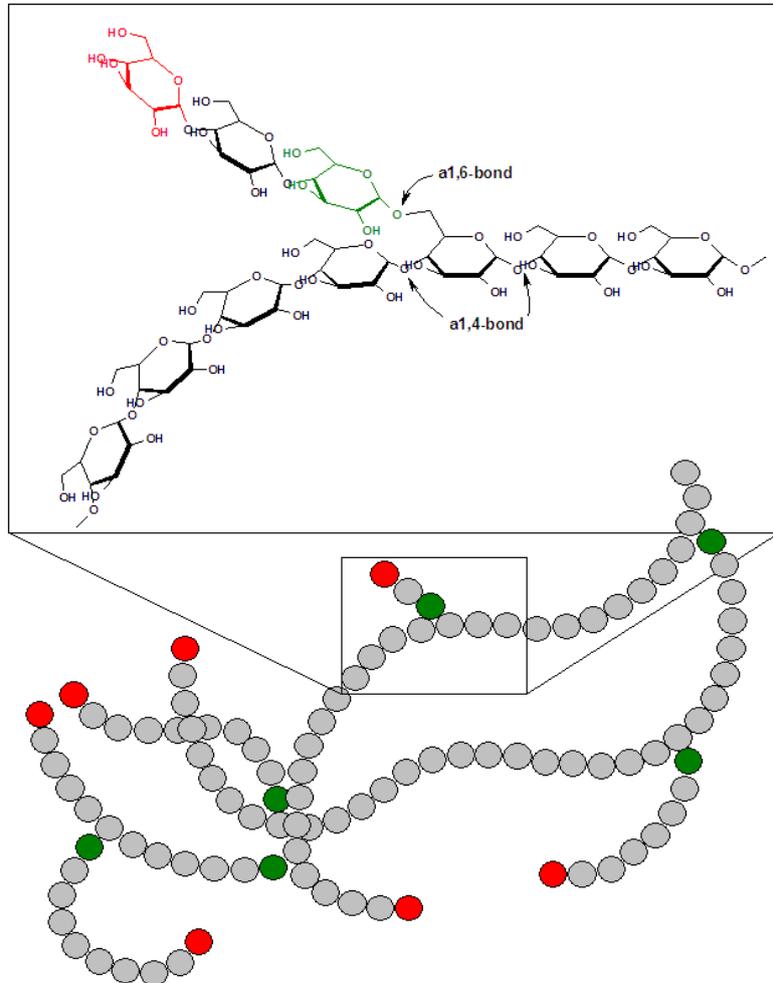
Der osmotische Druck einer 1 M (=1 molar = 1 mol/l) Glucose-Lösung würde 25 bar (= 25 MPa) betragen, was zu einem massiven Wasser-Entzug aus dem Gewebe führen würde. Die gelöste Teilchenzahl bestimmt dabei entscheidend über den osmotischen Druck. Da in einer "Glucogen-Lösung" viel weniger Teilchen vorkommen (5 – 100.000 Glucose-Moleküle bilden 1 Glucogen-Molekül), ist der osmotische Druck um 3 bis 5 Zehnerpotenzen kleiner (praktisch also nicht mehr vorhanden).

Glycogen ist kolloidal löslich. Das verwundert etwas, da doch das Amylopektin gerade wegen seiner Verzweigungen nicht mehr löslich war. Bei Glycogen ist aber die Quellbarkeit nicht so stark ausgeprägt und durch die sehr starke Verzweigung sind die helikalen Enden nicht so lang. Sie können dadurch nicht so stark verwirren. Das Abtrennen einzelner Moleküle ist somit recht gut möglich.

Die starke Verzweigung bietet beim Abbau viele Angriffspunkte für die Enzyme. Ebenso verhält es sich mit dem Aufbau. Glucogen kann also schnell auf- bzw. abgebaut werden.

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 immer bestimmte 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.



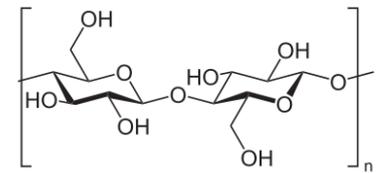
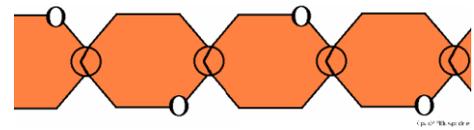
Q: de.wikipedia.org (Maksim)

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 14.000 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 μ m).

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

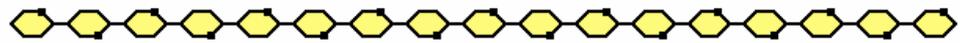


Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



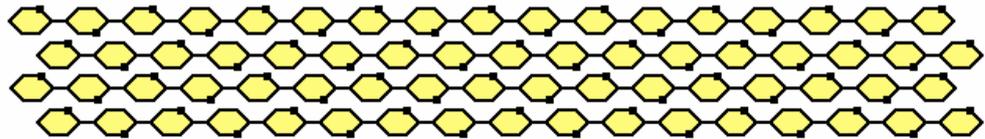
Einzelstrang

(einzelnes Molekül)



Mikrofibrille

(aus mehreren Cellulose-Molekülen)



© p. 2018 sp. dr. e

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: Eigentlich sollten die lösliche Stärke und der Zellstoff doch gleiche oder zumindestens recht ähnliche 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-)quellfähig.

Die Quellung von Cellulose lässt sich nur verdünnter Natronlauge erreichen. Für verschiedene Zwecke ist auch ein Lösen von Zellulose durch SCHWEITZERs Reagenz ($\text{Cu}(\text{NH}_3)_4^*(\text{OH})_2$) möglich.

Unter Einwirkung von starken Säuren (41 %ige HCl oder 65 %ige H_2SO_4) wird Zellulose bis zur Glucose hydrolysiert.

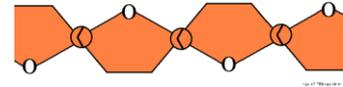
Cellulose kann vom Menschen nicht direkt verdaut werden. Dazu sind spezielle Mägen – wie die, der Wiederkäuer – notwendig. Im menschlichen Magen-Darm-Trakt leben aber einige Bakterien und Pilze, die kleine Mengen der Cellulose spalten können. Die Mikroorganismen können sich dabei fortpflanzen und entwickeln 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 durch sie 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 (\rightarrow Ballaststoffe).

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

3.2.4.5.1.2. Fructane

Alantstärke (Inulin, Polyfructose)

Bau, Vorkommen: Inulin kommt als Reserve-Kohlenhydrat (Reserve-Stoff, Speicher-Stoff) in der Tropinambur-Wurzeln vor. Weitere Vorkommen sind die Wurzeln von Schwarzwurzeln, Dahlien, Löwenzahn, Artischocke, Pastinaken und Zichorien (Wegwarte).



Auch Chicorée enthält größere Mengen Inulin.

Der Name ist von der ersten Pflanze (*s*) *Inula helenium* (Echter Alant) abgeleitet, aus der das Inulin extrahiert wurde. Die Kettenlänge ist meist auf 100 Monomere begrenzt. Als typisch werden 20 bis 60 Bausteine angegeben. Als Ketten-Bauelement wird die Fructose verwendet, die Enden sind mit Glucose abgeschlossen. Die Monomere sind β -2,1-glykosidisch verknüpft. Wegen der vorherrschenden Fructose-Bausteine wird das Inulin auch als **Polyfructose** bezeichnet und als solche auch gern in die Bestandteil-Listen von Lebensmitteln aufgenommen.

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 Nahrungsmittel (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, Inulinase) 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 Umsetzung freiwerdenden, Gasen. Sie sind oft für ev. auftretende Blähungen verantwortlich. Weiterhin wird Inulin in der Lebensmittelindustrie als Fetteratz und Texturverbesserer genutzt.

Für die Ernährung bei Diabetes mellitus ist Inulin interessant, weil es den Blutzucker-Spiegel nicht beeinflusst.

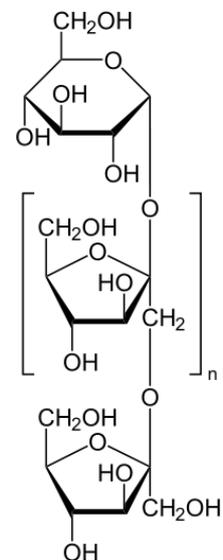


Hydroxymethylfurfural
bzw. Oxymethylfurfurol
Q: de.wikipedia.org (kuhnmic)

Inulin kann beim Rösten der Wurzeln (z.B. Zichorien) zu Hydroxymethylfurfural (HMF) bzw. Oxymethylfurfurol umgewandelt werden. Dieses hat ein Kaffee-ähnliches Aroma. Zichorien wurden und werden deshalb gerne zur Herstellung von Ersatz-Kaffe verwendet. HMF steht aber auch im Verdacht Krebs-erregend zu sein.



Echter Alant; (*s*) *Inula helenium*
Q: de.wikipedia.org (Anna)



Q: de.wikipedia.org
(NEUROtiker)

3.2.4.5.2. 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

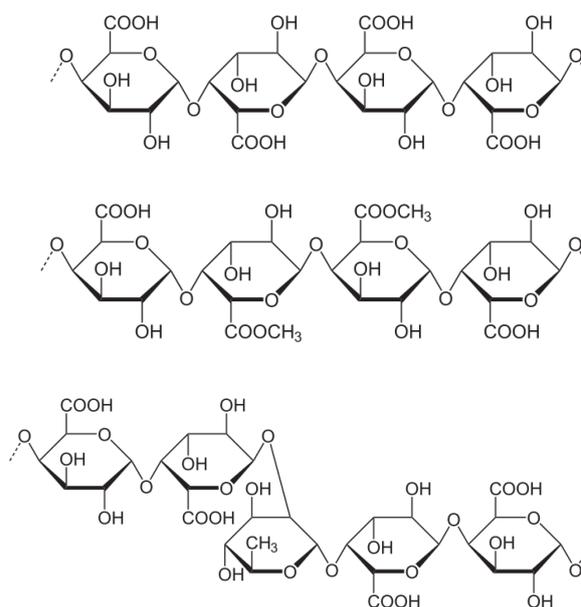
Unreife Äpfel und Citrusfrüchte enthalten sehr viel Pektin. In reifen Früchten werden die Pektine durch zelleigene Enzyme abgebaut.

Technisch werden Pektine auch aus Zuckerrübensaft gewonnen.

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: relativ gut in Wasser löslich

Stabilisierungssubstanz 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.

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



diverse Struktur-Ausschnitte für Pektine

Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Alginsäure (Algin)

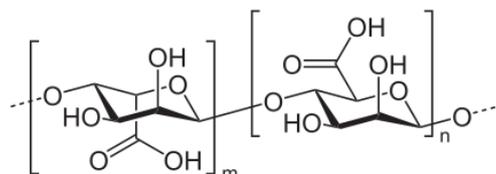
Bau, Vorkommen: aus Braunalgen z.B. *Macrocystis*, β -1,4-glykosidisch-verknüpfte Gul- und Mann-Uronsäuren; Moleküle bilden Faltblattstrukturen

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:



Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

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



Macrocyctis-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, Geliemittel; 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

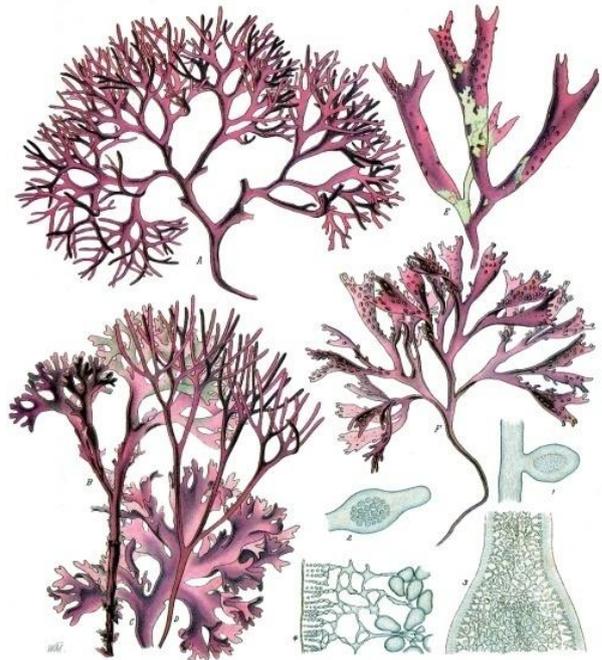
Carrageen (Carragen, Carrageenin)

Bau, Vorkommen: Polygalactose aus Rot-Algen *Chondrus crispus* (Knorpeltang, Irisches Moos) gewonnen; 1→3-verknüpfte D- und 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 verarbeitet

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 Kristallbildung, 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)

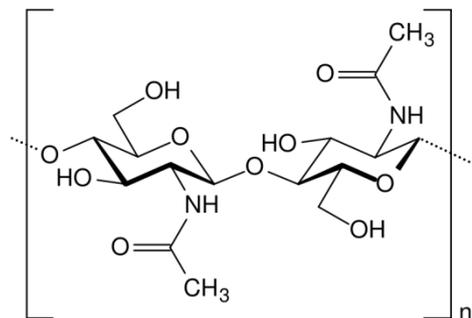
auch für Bio-Produkte als Zusatzstoff zugelassen

3.2.4.5.3. Polysaccharid-ähnliche Stoffe aus Saccharid-Derivaten

Chitin

Bau, Vorkommen: Außenskelett von Insekten und 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 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-Bildung; einige Pilze besitzen Chitinasen, die Chitin abbauen können

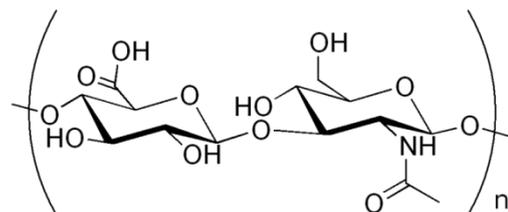


Q: de.wikipedia.org (Dschanz)

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

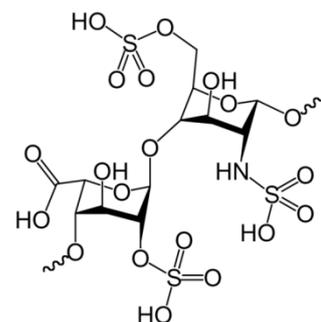


Q: de.wikipedia.org (Edgar181)

Heparin

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



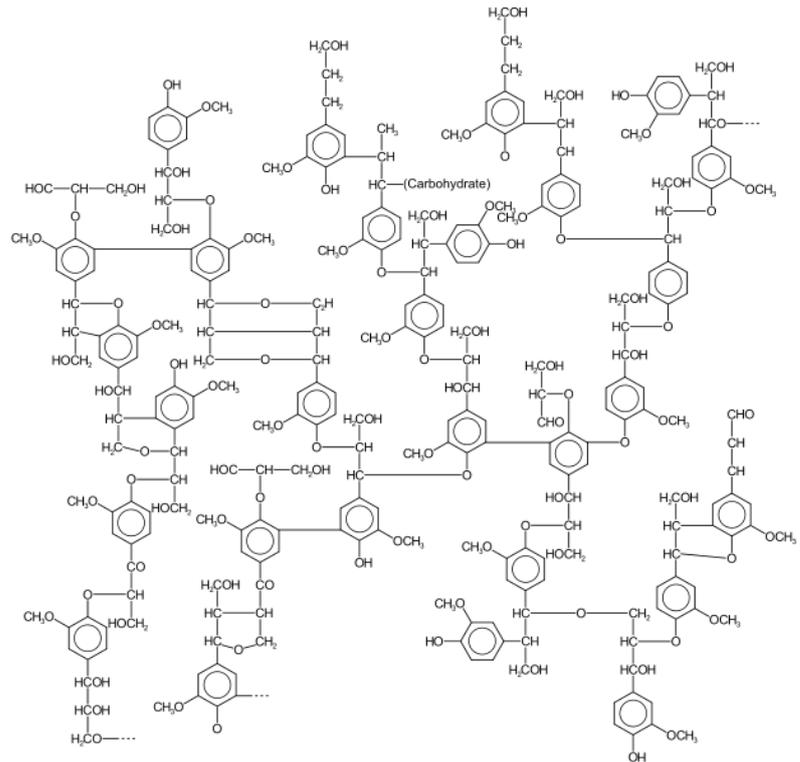
Q: de.wikipedia.org (Benjah-bmm27)

Lignin

Bau, Vorkommen: Holzstoff; nur in Zusammenhang mit Zellulose vorkommend sachlich kein Polysaccharid-Derivat, sondern abgeleitet aus Coniferylalkohol (Phenylpropan-Derivat)

nach Cellulose und Chitin ist es die dritthäufigste organische Substanz auf der Erde in verholzten Zellen besteht die Zellwand zu 20 – 30 % aus Lignin

Besondere Eigenschaften, Bedeutung: kann nur von speziellen Pilzen abgebaut werden



Q: de.wikipedia.org (Karol007)

3.2.4.6. technologische Süßmittel

Invertzucker
Kunsthonig

Isoglucose, Glucosesirup (Isomerose)

aus Stärke hergestellter Flüssigzucker, 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

3.2.5. 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-Ionen 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 zu- setzen <i>(blau)</i>	<i>leicht erwärmen</i>	Ziegelrotfärbung (Orange-, Gelb- bis Grünfärbung)	reduzierender Stoff z.B.: Aldehyd wahrscheinlich Glucose od.ä. KH
			Farbe unverändert	keine reduzierenden Substanzen vorhanden

Die TROMMERSche Probe basiert auf den gleichen chemischen Reaktionen, wie die FEHLINGsche 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 Silbernitrat-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 (farblos – leicht milchig)	leicht erwärmen	Silberspiegel (ev. grauer bis schwarzer Nieder- schlag) Farbe unverändert	reduzierender Stoff z.B.: Aldehyd wahrscheinlich Glucose od.ä. KH keine reduzierenden Substanzen vorhanden

Die NYLANDER-Probe nutzt eine ähnliche Reaktion zum Nachweis von (reduzierenden) Kohlenhydraten (od. anderen reduzierenden Substanzen). Statt Silber-Ionen werden Bismut-Ionen (Bi^{3+}) 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 alkalischen Milieu wird mit Bismutnitrat gearbeitet. 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 attraktive Nachweise realisieren. Immer wird die reduzierende Wirkung der betreffenden Kohlenhydrate genutzt.

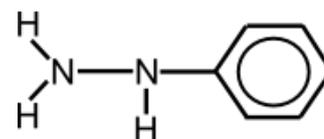
- Indigoblau (Indigokamin) wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zu Indigoweiß (HOFMANN)
- Safraninrot wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zu Safraninweiß
- Methylenblau wird in Anwesenheit von Natriumcarbonat zur Leukostufe (farblos) reduziert

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.

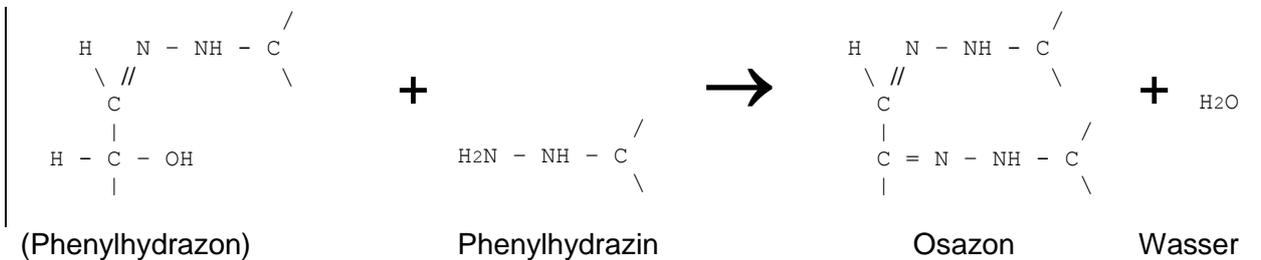
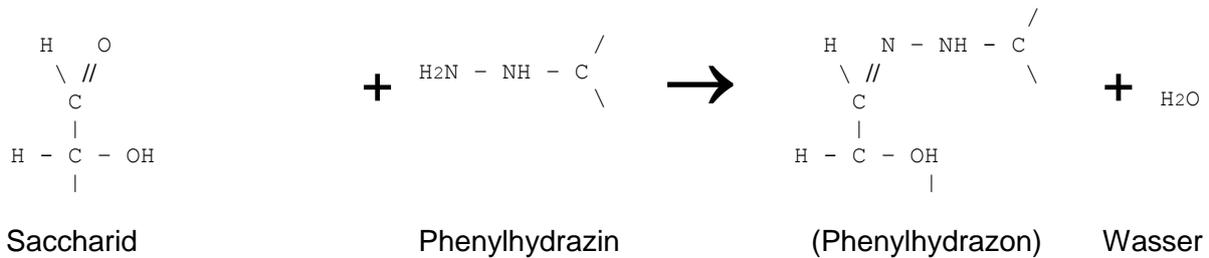
Sehr gut geeignet ist auch die Nutzung der Vergärbarkeit zum Nachweis von Kohlenhydraten. In kleinen, speziellen Kolben mit seitlichen Zusatzteilen wird die Probe-Lösung mit Hefe-Pilzen versetzt. Nach kurzer Zeit sollten sich in den seitlichen Zusatzteilen Gasbläschen sammeln. Das gebildete Cohlendioxyd entstammt dann der alkoholischen Gärung. Diese benötigt bekanntermaßen 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 Phenylhydrazin) mit der Carbonyl- (Aldehyd-) sowie der benachbarten Hydroxyl-Gruppe des Kohlenhydrates.



Phenylhydrazin



Phenylhydrazin ist giftig und umweltgefährlich. Deshalb sollte dieser Nachweis nur in Ausnahmesituationen durchgeführt werden.

Eine weitere Möglichkeit 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 dann 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 Plaste-streifen 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):

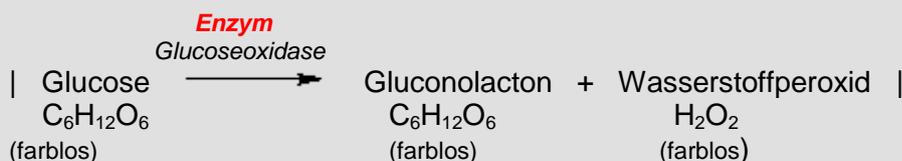
	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
flüssige Probe +	GOD-Teststreifen	(siehe Packung)	Verfärbung entsprechend Skala	Traubenzucker
			Farbe unverändert oder anders	kein Traubenzucker

Exkurs: GOD-Test auf Glucose (im Urin)

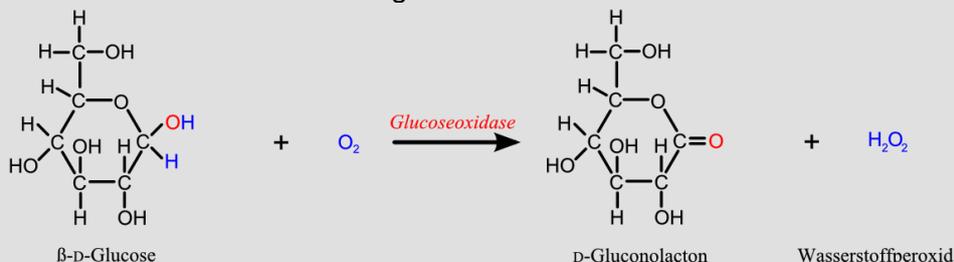
Früher mußten die Heiler und Ärzte bei Verdacht auf die Zucker-Krankheit (**Diabetes mellitus**) noch den Urin schmecken. Der Honig-süße Geschmack gab der Krankheit damals auch ihren Namen.

Wenn zuviel Glucose im Blut vorhanden ist, eben z.B. wenn die Bauchspeicheldrüse zuwenig oder kein Insulin produziert, dann gelangt auch Glucose in den Urin. Die Nieren-Körperchen können die überschüssige Menge nicht vollständig zurückresorbieren.

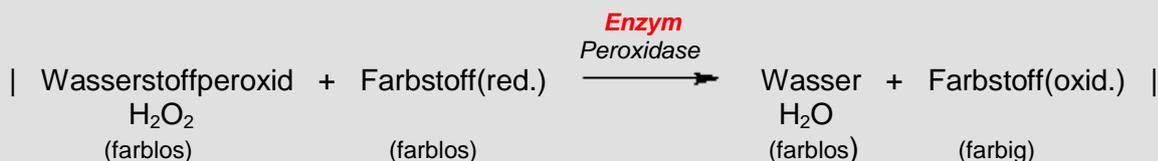
Heute läßt sich Glucose mittels Test-Stäbchen schnell und einfach nachweisen. Während viele Nachweise für Kohlenhydrate sehr unspezifisch sind – sie weisen mehrere verschiedene Zucker nach – ist der GOD-Test (**G**lucose**o**xidase-Test) nur für Glucose empfindlich. Dies liegt an der Verwendung eines Enzyms in der Reaktions-Schicht des Test-Stäbchens. Das Enzym **Glucoseoxidase** reagiert nur mit Glucose. Andere Zucker passen nicht richtig in das aktive Zentrum des Enzyms und werden dadurch nicht umgewandelt. Die Glucose wird von der Glucoseoxidase zu **Gluconolacton** umgesetzt. Dabei entsteht Wasserstoffperoxid als Nebenprodukt.



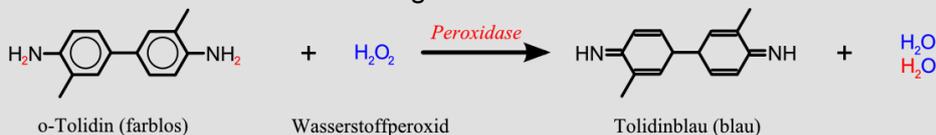
Die exakte chemische Gleichung mit Struktur-Formeln sieht dabei so aus:



Das Wasserstoffperoxid wird dann in einer zweiten Reaktion dazu benutzt einen zuerst farblosen (Farb-)Stoff in seine farbige Form zu oxidieren. Das Wasserstoffperoxid wird dabei zu gewöhnlichem Wasser reduziert. Das Enzym **Peroxidase** (POD) katalysiert diese Reaktion.



Die exakte chemische Gleichung mit Struktur-Formeln sieht dabei so aus:



Da unterschiedliche Farbstoffe verwendet werden können, sehen die Farb-Reaktionen auch unterschiedlich aus. Meist sind eindeutige Farb-Skalen auf den Verpackungen angebracht.

Einige Stäbchen eignen sich auch zu semi-quantitativen Beurteilungen.

Auf dem Test-Stäbchen befinden sich in einem Träger-Material alle notwendigen Reagenzien. Neben den beiden Enzymen (Glucoseoxidase u. Peroxidase) und dem Farbstoff (o-Tolidin) sind das noch einige Stoffe, die für stabile Reaktions-Bedingungen (hier: pH-Wert) sorgen. Da Oxidationen und Reduktion sehr vom pH-Wert abhängig sind, puffern diese Stoffe den pH- in dem Tropfen Urin auf einen ganz bestimmten Wert.

Im Handel und in der medizinischen Praxis sind auch Test-Stäbchen in Verwendung, die neben Glucose auch auf Keton-Körper testen. Auch sie sind ein Zeichen für eine Zucker-Erkrankung.

Aufgabe für die gehobene Anspruchsebene:

Wie könnte man die semi-quantitativen Test-Stäbchen aufbauen, damit zumindestens stufige Ergebnisse über die Glucose-Konzentration ermittelt werden können?

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 (Iod-Kaliumiodid-Lösung):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	einige Tropfen LUGOLsche Lösung (hellgelb bis leicht bräunlich)	(Zimmertemperatur)	Blaufärbung (ev. Schwarz)	Stärke (Amylose)
			Violettärbung	Stärke (Amylopektin)
			Rotfärbung	Stärke (Glykogen)
			anderes	keine Stärke

Bei einer Schwarz-Färbung sollte man die Probe einfach mit Wasser verdünnen, dann tritt die eigentliche Farbe deutlich hervor.

Zum Nachweis von Cellulose wird Chlor-Zink-Iod-Lösung verwendet. Diese enthält neben Zinkchlorid und Kaliumiodid noch Iod. Beim Auftragen auf Cellulose-haltiges Proben-Material quillt dieses auf und die Iod-Moleküle bilden mit der Cellulose eine blau-violette Komplex-Verbindung.

Nachweis von Zellulose mit Chlor-Zink-Iod-Lösung:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	einige Tropfen Chlor-Zink-Iod-Lösung (farblos)	(Zimmertemperatur)	Gelbfärbung (ev. Braunfärbung)	lignifizierte od. suberinisierte Cellulose (z.B. verholzte Zellwände)
			Blaufärbung	Cellulose
			Violettärbung	Cellulose (z.B. primäre Zellwand)
			anderes	keine Cellulose

Mit anderen Kohlenhydrat-ähnlichen Stoffen, wie Lignin und Hemicellulosen, bilden sich auch anders gefärbte Komplexe.

Beim Nutzen dieses Testes ist zu beachten, dass Chlor-Zink-Iod beim Einatmen Gesundheitsgefährdend sein kann.

Die blaue und violette Färbung verleitet vielleicht auch allzu schnell dazu, diesen Test mit der LUGOLSchen Probe gleichzusetzen. Auch das Vorhandensein von Iod in beiden Lösungen und letztendlich in den Komplexen unterstützt dies ja scheinbar. Praktisch handelt es sich um völlig eigenständige Tests. Mit LUGOLScher Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung) kommt es bei der Cellulose zur keiner Verfärbung.

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 (Stärke) (45 min)

Prüfen Sie die folgenden Lösungen bzw. Proben auf ihren Stärke-Gehalt (qualitativ)!

Bereiten Sie das Protokoll, wie üblich, vor!

- | | | |
|---|--------------------------------|-------------------|
| a) Glucose-Lösung | b) Saccharose-Lösung | c) Amylose-Lösung |
| d) + e) selbstmitgebrachte Lebensmittel | f) + g) zwei unbekannte Proben | |

3. Polysaccharide (45 min)

Prüfen Sie Fruchtzucker, Haushaltszucker, (lösliche) Stärke, 3 vorgebene Proben und 2 selbstmitgebrachte Lebensmittel-Proben (möglichst flüssig) auf ihren Gehalt an Polysacchariden (qualitativ)!

Bereiten Sie das Protokoll, wie üblich, vor!

4. Polysaccharide (60 - 90 min)

Mikroskopieren Sie ein Schabepreparat 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 abgearbeitet 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?

3.2.6. 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 (Iod-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

Durchführung / Ablauf:

- 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 (ungefähr 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 Stärkemoleküle 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 Becherglas erhitzen (Wasserbad)
 - 2 Reagenzgläser 2 cm hoch mit Stärke-Lösung füllen
 - zu einem Reagenzglas Säure geben, 15 min im siedenden 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 → [3.3. Eiweiße](#) → [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 FEHLING'schen Probe. Einfachzucker lassen sich am roten Kupfer-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

MOHR'sche Probe (Nachweis von Glucose und Lactose)

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Natriumhydroxid-Lösung, ev. 2%ige Glucose- und Lactose-Lösung zum Vergleich

Durchführung / Ablauf:

- 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)

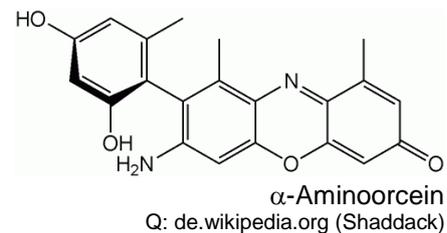
Durchführung / Ablauf:

- Wasser im Becherglas erhitzen (Wasserbad)
- Probe im Reagenzglas in wenig Wasser lösen, doppelte Menge SELIWANOW-Reagenz zusetzen
- 1 min in siedendem Wasserbad erhitzen

Unterscheidung von Monosacchariden mittels Orcein

Grundlagen / Prinzipien:

Orcein-Farbstoffe verfärben sich selektiv mit den verschiedenen Monosacchariden



Materialien / Geräte:

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, Cupfersulfat-Lösung, Proben, ev. 2%ige Glucose-Lösung zum Vergleich

Durchführung / Ablauf:

- 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

Bindevermögen von Wasser durch Stärke

Materialien / Geräte:

Bechergläser (100 ml), (Kartoffel-)Stärke, Wärmequelle mit Magnet-Rühr-System, Glasstab

Durchführung / Ablauf:

- in die Bechergläser jeweils 50 ml kaltes Wasser geben und dazu abgestuft 1; 2,5; 5; 7,5 und 10 g Stärke einrühren
- das Wasser-Stärke-Gemisch (einzeln) bis zum Kochen erhitzen
- mit einem Glasstab die Zähflüssigkeit prüfen
- alle Proben auf Zimmer-Temperatur abkühlen lassen und nochmals die Zähflüssigkeit prüfen

Abhängigkeit der Binfähigkeit von Wasser durch Stärke von der Temperatur

Grundlagen / Prinzipien:

Stärke quillt mit Wasser schon über 0 °C auf. Um eine feste Bindung (Bildung zähflüssiger Gemische) zu erhalten müssen neue Bindungen geknüpft werden. Die Stärke-Moleküle bilden dann vernetzte Strukturen.

Materialien / Geräte:

Stärke-Lösung (Wasser-(Kartoffel-)Mehl-Gemisch), Bechergläser (50 – 100 ml), Heizplatte (mit Temperatur-Regler) und Magnet-Rühr-System, Glasstab

Durchführung / Ablauf:

- frisch bereitete Stärke-Lösung (20 g auf 500 ml) in kleine Bechergläser verteilen
- die Bechergläser von 20 – 90 °C in Stufen von 10 K ungefähr 5 (– 10) min bei der Temperatur rühren (u.U. auch 100 °C ausprobieren, Versuch bei Gefahr des Anbrennens abbrechen!)
- mit einem Glasstab die Zähflüssigkeit prüfen
- alle Proben auf Zimmer-Temperatur abkühlen lassen und nochmals die Zähflüssigkeit prüfen

Prüfung von Marzipan auf Echtheit / Unterscheidung von Marzipan und Persipan

Grundlagen / Prinzipien:

Zur Unterscheidung von echtem Marzipan (Mandeln + Zucker) und Ersatzprodukten (Persipan od. Marzipan-ähnliche Halbfertig-Produkte (verschiedene Kerne und Ersatzzuckerprodukte)) muß den Ersatzprodukten Stärke (> 0,5 %) untergemischt werden. Diese läßt sich mit dem Test nach LUGOL einfach nachweisen.

Materialien / Geräte:

verschiedene Proben (Marzipan, Persipan, ...), LUGOLsche Lösung (Iod-Kaliumiodid-Lösung)

Durchführung / Ablauf:

- Proben auf nicht beschichteten Stellen (Anschnitte) mit 1 – 2 Tropfen LUGOLsche Lösung betropfen

Vergleich der Vergärbarkeit von Zuckern (und Zuckerersatzstoffen)

Grundlagen / Prinzipien:

Hefe-Pilze können nicht alle Zucker-Arten gleichgut umsetzen. Einige Zucker müssen erst über enzymatische oder auf natürlichem (rein chemischen) Weg in vergärbare Zucker (vorrangig: Fructose und Glucose) umgewandelt werden.

Materialien / Geräte:

Variante 1: Reagenzgläser, Haushalts-Gummi's, Latex-Fingerlinge; Variante 2: dichtschießende Zipper-Beutel (Plastebeutel mit integriertem Verschuß-System); verschiedene Zucker (ev. Glucose, Fructose und Saccharose als Vergleich) und ev. Zuckerersatzstoffe (!!! es können auch einfache Lebensmittel-Proben (z.B. zuckerfreier Kaugummi, Diabetiker-Zucker, ...) verwendet werden!)

Hefe; Topf mit temperierten Wasser (40°C) oder anderer warmer Ort (Heizung; oben auf Lüftungsgitter des Kühlschranks; Brutschrank)

Durchführung / Ablauf:

- aus Hefe und Wasser eine gleichmäßige Hefesuspension herstellen

Variante 1:

- in jedes der Reagenzgläser eine ungefähr gleichgroße Zuckerprobe geben (ev. 1 g abwiegen); (bei Lebensmittel-Proben etwas mehr einsetzen); !!! Blindprobe nicht vergessen
- Reagenzglas beschriften oder geordnet in Plaste-Reagenzglas-Ständer stellen
- in jedes Reagenzglas 1 bis 2 ml Hefesuspension füllen; Fingerling über die Reagenzglas-Öffnung stülpen und ev. mit Haushalts-Gummi dicht verschließen, die Innenluft aus dem Fingerling dabei möglichst vollständig herausdrücken
- Reagenzglas-Ständer beschriften oder geordnet in Reagenzglas-Ständer stellen
- Reagenzgläser bzw. Reagenzglas-Ständer an einem warmen Ort (rund 35 °C) bringen (z.B. kann ein Plaste-Reagenzglas-Ständer in den Wassertopf gestellt werden)
- 20 – 30 warten

Variante 2:

- in jeden Zipperbeutel eine ungefähr gleichgroße Zuckerprobe geben (ev. 1 g abwiegen); !!! Blindprobe nicht vergessen
- Zipperbeutel beschriften
- in jeden Zipperbeutel 1 bis 2 ml Hefesuspension füllen; Beutel dicht verschließen, die Innenluft aus dem Beutel dabei möglichst vollständig herausdrücken
- Beutel an einen warmen Ort (rund 35 °C) bringen
- 20 – 30 warten

Materialien / Geräte:

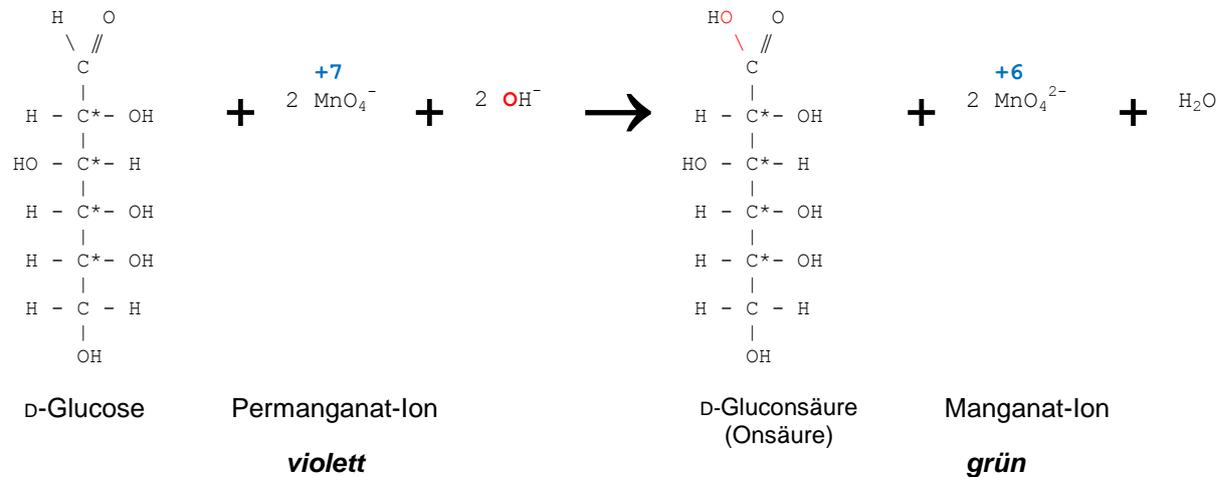
Durchführung / Ablauf:

-

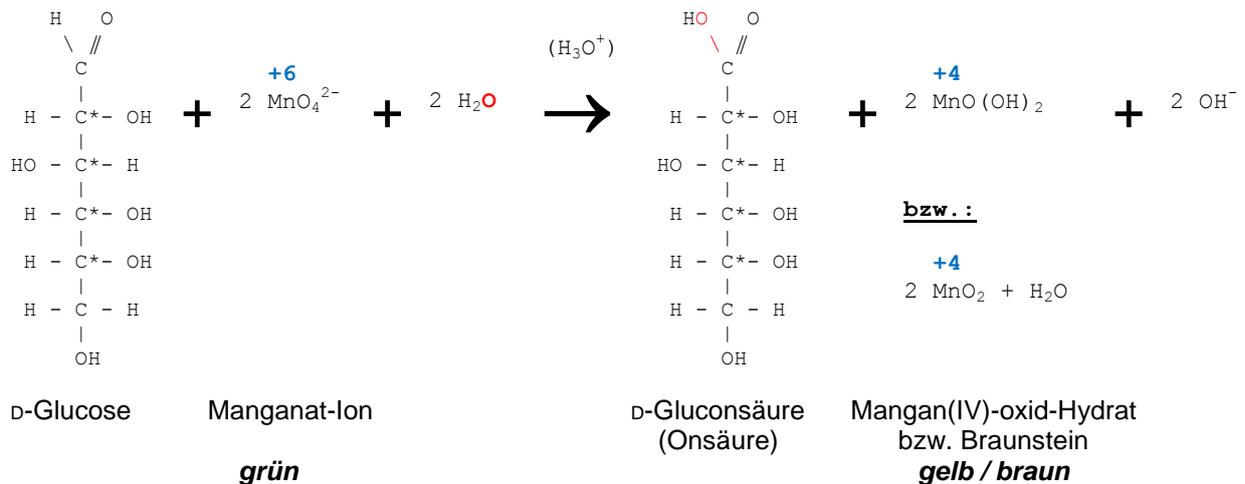
Gummibärchen reduzieren Permanganat-Lösung

Grundlagen / Prinzipien:

Gummibärchen enthalten Glucose – einen reduzierend wirkenden Zucker.



Neben Gelatine (Protein) befinden sich noch Fruchtsäuren in den Bärchen. Zum Schutz vor gegenseitigem Zusammenkleben sind die Bärchen mit einer hauchdünnen Schicht aus Bienenwachs umhüllt. Das Wachs löst sich auf und die Fruchtsäuren sorgen für ein neutrales bis saures Milieu. Hier kann die Reduktion des Mangans noch weiter geführt werden.



Materialien / Geräte:

Gummibärchen; PETRI-Schale, ev. Overhead-Projektor; 0,2 M Kaliumpermanganat-Lösung; 1 M Natriumhydroxid-Lösung (verd. NaOH)

Durchführung / Ablauf:

- PETRI-Schale ev. auf Overhead-Projektor stellen
- 20 ml Wasser mit 10 ml Natriumhydroxid-Lösung und 0,5 ml Kaliumpermanganat-Lösung mischen; gut umschwenken
- in die Mitte der Schale Gummibärchen legen; ev. ab und zu mal leicht umschwenken
- 5 – 10 min warten und beobachten

Herstellung von Zuckercouleur (Prinzip)

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 Zuckercouleur und Untersuchung der Eigenschaften

Materialien / Geräte:

beschichtete Pfanne; Haushaltszucker; Brenner

Durchführung / Ablauf:

- in die Pfanne Zucker füllen; mit wenig Wasser (1 - 3 ml) benetzen
- langsam erhitzen, bis Schmelze schäumt, zwischenzeitlich mit einem Metall-Löffel (Teelöffel) immer eine od. mehrere kleine Proben nehmen
- Proben z.B. auf einem Teller oder dem Löffel abkühlen lassen
- je eine Probe (Löffel) in 10 - 50 ml Wasser geben und kräftig schütteln oder über Nacht stehen lassen
- Geschmack und Farbe protokollieren

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

Durchführung / Ablauf:

- 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; destilliertes Wasser (Aqua dest.; demineralisiertes Wasser)

Durchführung / Ablauf:

- 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

Herstellung von einfachen Zucker-Bonbon's od. -Lutschern

Materialien / Geräte:

Zucker, Wasser, Invertzucker (ersatzw. Kunsthonig, Honig), Zitronen- od. Apfelsäure, Lebensmittel-Farbstoffe, Aromen od. Frusip (1 : 40), Backpapier od. Alu-Pralinen-Förmchen, ev. Schaschlik-Stäbchen od. Zahnstecher, Folie und Geschenk-Band

Durchführung / Ablauf:

- 60 g Zucker, 17 g Invertzucker werden mit 23 g Wasser erhitzt, bis die Masse recht dünnflüssig wird; ständig vorsichtig rühren
- für Frucht-Bonbon's: 1 g Zitronen- od. Apfelsäure dazugeben
- 2 – 3 Tropfen Farbstoff und 6 – 10 Tropfen Aroma dazugeben
- nochmals gut durchmischen und dann die heiße Masse schnell portionsweise auf dem Backpapier ausgießen oder in die Pralinen-Förmchen geben (nicht zu große Mengen)
- wenn die Masse zu zähflüssig wird, dann wieder erwärmen
- ev. Holzstäbchen als Griff eindrücken und gut auskühlen lassen
- mit Folie und Geschenkband einzeln verpacken; Bonbon's ev. mit

Zusatzuntersuchung:

- mischen sie Farben mit eigentlich nicht dazu gehörigen Aromen

Hinweise:

- Masse wird sehr heiß (rund 150 °C)! Probieren nur nach Abkühlen der gezogenen Proben!!!
Grate und Spitzen können sehr scharf sein!
- nach: Q: WAGNER, Uni Bayreuth, Chemie-Didaktik

Bonbon's od. Lutscher aus Isomalt ("Zucker-freie Bonbon's")

Grundlagen / Prinzipien:

Isomalt ist sachlich kein Kohlenhydrat, deshalb darf das Produkt aus ihm als Zucker-frei bezeichnet werden. Geschmacklich kommt Isomalt der Saccharose sehr nah. Es wird von den Verdauungs-Enzymen langsamer gespalten und passiert den Magen-Darm-Kanal z.T. ungenutzt. So ergibt sich ein praktisch halbiertes physiologischer Brennwert im Vergleich zum Rohrzucker.

Materialien / Geräte:

Isomalt, Wasser, Zitronen- od. Apfelsäure, Lebensmittel-Farbstoffe, Aromen od. Frusip (1 : 40), Backpapier od. Alu-Pralinen-Förmchen, ev. Schaschlik-Stäbchen od. Zahnstecher, Folie und Geschenk-Band

Durchführung / Ablauf:

- 100 g Isomalt wird unter Rühren erhitzt (geschmolzen)
- weiter, wie obiges Experiment (ab 2. Anstrich der Durchführung)

Zusatzuntersuchung:

- mischen sie Farben mit eigentlich nicht dazu gehörigen Aromen

Hinweise:

- Masse wird sehr heiß (rund 150 °C)! Probieren nur nach Abkühlen der gezogenen Proben!!!
Grate und Spitzen können sehr scharf sein!
- Q: WAGNER, Uni Bayreuth,

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:

-

Zusatzuntersuchung:

-

Hinweise:

-

3.2.7. ausgewählte Kohlenhydrat-haltige Lebensmittel im Einzelnen

3.2.7.1. Haushaltszucker (Rübenzucker, Rohrzucker, Zucker)

Saccharose in verschiedenen Reinheitsgraden und Kristallformen

Quellen / Herkunft

Zuckerrübe ((s))

Zuckerrohr ((s))

Herstellung

Ernährungs-physiologische Bedeutung

heute eher problematisch gesehen

Karies

durch Zucker wird Serotonin (Glücks-Hormon) ausgeschüttet, es entsteht eine latente Sucht, Sucht-Kreis schaukelt sich auf (es gibt kaum eine physiologische Beschränkung)

schnelle und effektive Energie-Versorgung möglich, relativ hohe Gesamt-Energie-Dichte

technologische Bedeutung / Nutzung und Verwendung

zum Süßen

zur Gärförderung (z.B. Hefeteige), Produktion alkoholischer Getränke

zum Bräunen (Karamelisierung)

zum Glasieren (Fondant)

zur Konservierung (Sirup, Marmeladen, Gelee's, Konfitüren, kandierte Früchte)

Wasser-Löslichkeit

gut für schnellen und durchsetzenden Übergang in das andere Lebensmittel

schlecht beim Auflösen / Flüssigwerden von Glasuren, werden klebrig, unansehnlich

zieht teilweise Wasser aus der Luft oder aus anderen Lebensmittel (z.B. Erdbeeren werden weich und pappig)

(Handels-)Sorte	Beschreibung / Kenngrößen	Verwendung
Brauner Zucker (Kandisfarin)	braun, mindere Reinheit Körnung 1 – 2 mm	aromatisches Süßen
Gelierzucker	weiß (Raffinade) enthält neben Saccharose noch Pektin (1 %) und Wein- od. Zitronensäure (1 %)	Gelee's und Marmeladen
Grümmel Kandis	braun, langsam aus reiner Zucker-Lösung auskristallisiert, mit Zusatz von karamellisiertem Zucker Körnung 2 – 5 mm	Teigzutat bei Honigkuchen
Hagelzucker	weiß Körnung um 3 mm	Dekoration
Kluntje-Kandis	weiß, langsam aus reiner Zucker-Lösung auskristallisiert, bis 3 cm	Süßungsmittel für Tee
Kristallzucker Weißzucker	weiß Körnung um 1 mm (Grundsorte, Gebrauchszucker)	Teige, Massen Süßungsmittel Zutat zu Süßspeisen Gelee's, Marmeladen
Krustenkandis	braun langsam aus reiner Zucker-Lösung auskristallisiert, mit Zusatz von karamellisiertem Zucker bis 2 cm gebrochene Kristalle	Süßungsmittel für Tee
Raffinade	weiß, sehr rein sehr reiner Zucker verschiedene Kristall-Größen	Teige, Massen
Staubzucker Puderzucker	weiß gemahlen (meist Raffinade)	Dekoration, Herstellung von Zuckerguß Teigzutat bei Mürbeteig Ausrollhilfe für Marzipan
Weißerzucker (weißer Kandis)	weiß bis 1 cm	
Würfelzucker	weiß, selten braun Raffinade, die zum Pressen leicht angefeuchtet wird gepresste Stücke mit Volumen um 1 cm ³	Süßungsmittel für Heißgetränke
Zuckerhut	gepresste Raffinade	Feuerzangenbowle, Punsch

Zucker-Produkte	Beschreibung / Kenngrößen	Verwendung
Vanille-Zucker	mit echter Bourbon-Vanille (Mark)	Speise-Eis Teige und Massen
Vanillin-Zucker	mit 0,1% Vanillin (naturidentischer Aromastoff (künstlich hergestellt!))	Teige und Massen
Flüssigzucker Läuterzucker	gesättigte Lösung mit mind. 62 % Saccharose	Süßen von Sahne Zuckerziehen
Invertflüssigzucker	wässrige Lösung mit teilweise invertiertem Zucker, mind. 62 % Zucker	Lebkuchen Füllungen
Inverzuckersirup	wässrige Lösung mit hohem Invertzucker-Anteil	bewirkt verstärkt Frischhaltung und Gebäckbräunung

Heute wird brauner Zucker nachträglich aus weißem hergestellt, indem Zuckersirup zum Anfärben dazugemischt wird.

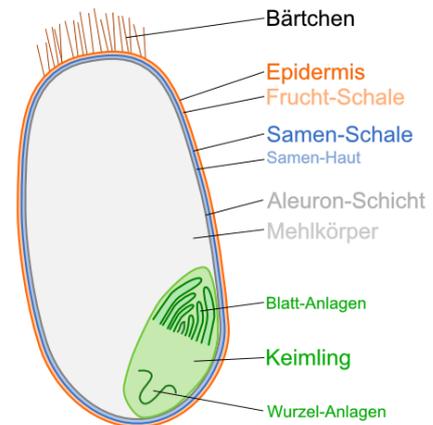
Dekorpulver ist Staubzucker mit Reis-Stärke und Fett-Anteilen, Dekorzucker löst sich nicht mehr in Flüssigkeiten, besonders gut zum bestäuben von Backwaren usw. geeignet

Stufe	Temperaturbereich	Bezeichnung	Geschmack u. weitere Eigenschaften	Verwendung
1		flüssiger Zucker	süß farblos	Fondant
2		heller Karamel	süß farblos (weiß)	Krokant
3		dunkler Karamel	süß und leicht bitter hellbraun	Krokant
4		Zuckeroleur	bitter und leicht süß dunkelbraun	Färbemittel für Backwaren (z.B. Brot), Getränke (z.B. Rum, Malzbier, Weinbrand, Cola) und Soßen
		Asche	sehr bitter schwarz stechend riechend	<i>für menschliche Ernährung nicht mehr geeignet</i>

In der großtechnischen Produktion werden bei der Herstellung von Zuckeroleur (E 150) Katalysatoren (Reaktionsbeschleuniger) verwendet. Dies können Kalium- od. Natriumhydroxid oder auch die Ammonium-, Natrium- od. Kalium-Salze von Essig-, Phosphor- od. Zitronensäure sein. Unbedenklicher ist als Färbemittel Malzextrakt, da es ohne Reaktionsbeschleuniger hergestellt wird.

3.2.7.2. Getreide und Getreide-Mehl

Kleie sind alle äußeren Schichten um den Mehl-Körper, kommt in den Handel meist grob gemahlen (→ Ballaststoff)



mit einem Kohlenhydrat-Gehalt von 59 – 72 % sind Getreide und Mehle im Prinzip den Kohlenhydrat-haltigen Lebensmitteln zuzuordnen, aber wegen der Besonderheiten im Zusammenspiel von Kohlenhydraten und Proteinen bei Teigen und Back-Produkten erst bei den Proteinen behandelt

Zutat für Teige

Verdickungsmittel für Soßen

3.2.7.2.1. Weizen

3.2.7.2.2. Gerste

3.2.7.2.3. Roggen

3.2.7.2.4. Hafer

3.2.7.2.5. Reis

in der asiatischen und südamerikanischen Landwirtschaft sind mehrere Hundert Reis-Sorten bekannt

Grob-Einteilung in Lang-, Mittel- und Rund-Korn-Reis

Form-Typ	Größe [mm]	Form, ...	Beschaffenheit, ...	Verwendung		
Lang-Korn-Reis	6 – 8	sehr lang, schmal	hart, glasig im Kern	körniger Reis als Beilage		
Mittel-Korn-Reis	5 – 6	lang, etwas dicklich	weich, weniger kalkig			
Rund-Korn-Reis	4 - 5	kurz, dicklich	weich, kalkig im Kern	Milchreis-Gerichte		

Parboiled-Verfahren

80 % der Vitamine und Mineralstoffe bleiben im Korn enthalten, bessere Körnigkeit (kaum Verkleben der Körner beim Kochen)

Stufe 1

im Vakuum wird ungeschältem Reis (Roh-Reis) Wasser entzogen

Stufe 2

mittels heißem Wasser werden Vitamine und Mineralstoffe aus der Silberhaut angelöst

Stufe 3

mit hohem Druck werden die angelösten Stoffe in das Korn-Innere gepresst, heißer Dampf läßt Teile der Stärke anquellen, dadurch wird das Korn versiegelt

Stufe 4

trocknen, am Schluß schälen des Reises (Entfernung des Silber-Häutchen)

3.2.7.2.6. moderne Zucht-Getreide und Kreuzungen

3.2.7.2.1. abgeleitete Getreide- und Mehl-Produkte

Couscous

(Hart-)Weizen-Grieß der zur Kügelchen zerrieben wird

Bulgur

spezieller Weizen (Bulgur-Weizen), der vorgekocht ist (Parboiled-Verfahren) und nach der Trocknung dann mechanisch von der Kleie befreit, anschließend unterschiedlich groß geschnitten (im Grütze-Schneider)

Kamut, Weizen-Sorte Q-77

Hybrid-Weizen, doppelt so große Körner, wie normaler Weizen; stammt wahrscheinlich aus Orient (Türkei, Irak, Iran, Israel)

Kamut kann versuchsweise bei Gluten-Unverträglichkeit als Ersatz-Getreide ausprobiert werden, nicht geeignet bei ausgeprägter Zöliakie

Exkurs: Back-Triebmittel / Teig-Lockerung

Um Teige aufzulockern verwendet man im Bäckerei-bereich verschiedene Methoden. Entweder werden Gase vorher in den Teig eingebracht, entstehen bei der Teig-Entwicklung oder während des Back-Vorgangs.

Ziel ist Lockerung des Teiges und der fertigen Backware.

Ausgenutzt werden zwei wesentliche Effekte. Zum Einen haben Gase ein wesentlich höheres Volumen bei gleicher Masse / Menge, wie Flüssigkeiten oder Feststoffe. Und zum Anderen dehnen sie sich bei Temperatur-Erhöhungen deutlich mehr aus als Flüssigkeiten und Feststoffe. In jedem Fall werden größere Gas-Volumen angestrebt.

vielfach teilt sich die verwendete Methode in zwei zeitlich aufeinander folgende Abschnitte beim Vor-Trieb wirkt die Methode während der Teig-Zubereitung und beim Haupt- od. Nach-Trieb in der Zeit des Backens (meist höhere Temperaturen für das Wirken notwendig)

physikalische Methoden der Teig-Lockerung

durch Kneten und Rühren eingearbeitete Luft kann sich beim Backen ausdehnen

Ei-Schnee wird unter den Teig gegeben, die Schaum-Bläschen (Luft) dehnt sich beim Erhitzen aus z.B. Baiser, Biskuit

flüssiges Wasser kann beim Backen verdampfen, der Dampf besitzt ein sehr großes Volumen

chemische Methoden der Teig-Lockerung

Backpulver (wirksame Bestandteile: Natriumhydrogencarbonat und Weinsäure od. anderer Säureträger) bildet bei Kontakt mit Wasser (od. anderen wässrigen Teig-Bestandteilen) Kohlendioxid



Pottasche (Kaliumcarbonat)

reines Carbonat, die für die Reaktion notwendige Säure muß von einem anderen Teig-Bestandteil stammen



Hirschhornsalz, auch: flüchtiges Laugensalz (Ammoniumhydrogencarbonat, Ammoniumcarbonat, wenig Ammoniumcarbamat) zerfällt bei erhöhter Temperatur zu Kohlendioxid, Ammoniak und Wasser



biologische Methoden der Teig-Lockerung

beruht auf Gärungs-Vorgängen, besonders der alkoholischen Gärung durch Hefe-Pilze:



aber auch durch Milchsäure-Bakterien (z.B. in Sauerteig)



Prüfen der Lebens-Bedingungen für Back-Hefen

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Frisch-Hefe, Wasser, Eis, Wärme-Quelle, Zucker, Margarine, Kühlschrank, Uhr

Durchführung / Ablauf:

- Zutaten lt. Tabelle zusammengeben und gut verrühren
- Bedingung einhalten und Zeit abwarten

Versuch	Hefe	Wasser	Zucker	weitere Zutaten	Zeit	Ort / Bedingung
1	10 g	50 ml, Eis-gekühlt	1 TL	- - -	15 min	Kühlschrank
2	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	- - -	5 min	warmer Ort
3	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	- - -	15 min	warmer Ort
4	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	- - -	30 min	warmer Ort
5	10 g	50 ml, kochend	1 TL	- - -	15 min	warmer Ort
6	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	- - -	15 min	Kühlschrank
7	10 g	50 ml, lauwarm	4 TL	- - -	15 min	warmer Ort
8	10 g	- - -	1 TL	- - -	15 min	warmer Ort
9	10 g	50 ml, lauwarm	- - -	1 TL Salz	15 min	warmer Ort
10	10 g	- - -	1 TL	40 ml Margarine (fl.)	15 min	warmer Ort
11	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	40 ml Margarine (fl.)	15 min	warmer Ort
12	10 g	50 ml, lauwarm	1 TL	40 ml Margarine (fl.), 1 Prise Salz	15 min	warmer Ort

3.2.7.3. Kartoffeln und Kartoffel-Stärke

3.2.7.4. Gluten-freie, Getreide-ähnliche Stärke-Quellen

3.2.7.4.1. Amaranth

(F) Fuchsschwanz-Gewächse

derzeit rund 60 Arten bekannt, nur wenige kultiviert (Mexiko, Südamerika, Asien)

Pflanze hat bis zu 10'000 grünliche bis rote Blüten, Senfkorn-große Samen, Nuss-artiger Geschmack

Verwendung: im Gemisch als Brot-Mehl, Aufläufe, Bratlinge, Süßspeisen

3.2.7.4.2. Buchweizen

(F) Knöterich-Gewächse

Pflanze wird ungefähr halben Meter hoch, Samen ungefähr Getreidekorn-groß; dreieckig Querschnitt, Samenschale muss entfernt werden

Anbau in USA, Asien, Mitteleuropa

Samenkerne kommen ungeröstet und geröstet in den Handel

Verwendung: Grütze, Pfannkuchen, Bratlinge, Klöße,

3.2.7.4.3. Quinoa (Inka-Korn, Peru-Reis)

(F) Gänsefuß-Gewächse, sprich: *kinwa*

deutscher Name: Reis-Melde

weitere Namen: Reisspinat, Anden-Hirse

botanisch mit Mangold und Roter Beete verwandt, seit rund 6'000 Jahren kultiviert

einjährig, krautig, 0,5 – 1,5 m hoch, Selbst-Bestäuber

Samen milchig-weiß bis rot gefärbt, 2 mm groß, Nuss-artiger Geschmack, enthalten in der Samenschale Bitterstoffe (Saponine), im ungeschälten Zustand ungenießbar, restliche Saponine werden weitgehend durch Kochen zerstört

im Kohlenhydrat-Gehalt mit Getreide vergleichbar, der Eiweiß-gehalt übertrifft den der normalen Getreide-Arten

reich an Magnesium und Eisen

wenig Fett mit Fettsäuren, die zu 50 % ungesättigt sind

Blätter lassen sich wie Spinat verarbeiten

Anbau Ecuador, Peru, Bolivien

großes Landwirtschaft-liches Potential, kann bei der Bekämpfung von Hunger helfen

Verwendung: im Gemisch als Brot-Mehl, in Müsli-Mischungen, Cornflakes, Pfannkuchen, Süßspeisen, Bier



Einzel-Pflanze der Reis-Melde
Q: de.wikipedia.org (MarkusHagenlocher)

3.2.7.4.4.

Verwendung:

3.2.8. spezielle Kohlenhydrate – modern genutzt

3.2.8.1. Mais-Stärke

Verpackungsmaterial

recyclebares Einweg-Besteck (nachhaltiges Wirtschaften)

als Portionierungs-Packmittel bei Geschirrspül-Tabs od. Waschmittel-Pads

Abdeck- / Frostschutz-Folien in der Landwirtschaft (z.B. Spargel-Anbau), Folien können später untergepflügt werden (biologisch vollständig abbaubar)

3.2.9. Zucker-Ersatzstoffe und Süßstoffe

Zuckerersatzstoffe (ZES) (im Sinne des Lebensmittelgesetzes) / **Zucker-Austauschstoffe (ZAS)** 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), Cyclamate (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	E-Nr.	Stoffart	Süßkraft [%]	Süßkraft []	physiol. Brennwert
Saccharose		KH	100	1	16,8 kJ/g
Acesulfam K	E 950	SSt	20'000	200	-
Aspartam	E 951	SSt	15'000 – 25'000	200	28 kJ/g
Aspartam+Acesulfam	E 962	SSt		350	
Bienenhonig		(KH)	90		13,8 kJ/g
Cyclamat	E 952		3'000 – 5'000	35	-
Erythrit				0,6 – 0,75	
Fructose		KH		1,2	16,8 kJ/g
Glucose		KH			16,8 kJ/g
Isomalt		ZES	45	0,5 – 0,6	
Lactit		ZES	35	0,4	
Lycasin		ZES	75		16,8 kJ/g
Maltit		ZES	78	0,9 – 1,0	16,8 kJ/g
Mannit		ZES	50 / 70	0,4	16,8 kJ/g
Neohesperidin DC	E 959		180'000	1'800	
Neotam	E 961			7'000 – 13'000	
Palatinit		ZES	85		16,8 kJ/g
Saccharin		SSt	30'000 – 50'000		-
Sorbit		ZES	50		10,0 kJ/g
Steviolglycoside	E 960			200 – 300	
L-Sorbose		KH / ZES	85		16,8 kJ/g
Sucralose	E 955			500 – 600	
Thaumatococin		P	200'000 – 300'000	3'000	
Xylit		ZES	100 / 90	1	10,0 / 16,8 kJ/g

KH ... Kohlenhydrat; P .. Protein (Eiweiß)
 SSt ... Süßstoff
 ZES ... Zucker-Ersatz-Stoff

Die Wirkungen der verschiedenen "unnatürlichen" Stoffe (- also zumeist die Süßstoffe -) im Organismus sind nicht vollständig bekannt. In den Einführungs-Zeiten hatte man noch den Verdacht, dass Süßstoffe ev. Krebs-erregend sein könnte oder die Frucht (bei der Schwangerschaft) schädigen könnte. Solche Wirkungen konnten wissenschaftlich nicht belegt werden. Trotzdem bleiben gewisse Unsicherheiten.

Deshalb werden von verschiedenen Wissenschaftlern sogenannte ADI-Werte bestimmt / festgelegt, die ein Maß für die Unbedenklichkeit beim Verzehr darstellen. ADI steht dabei für Acceptable Daily Intake und bedeutet übertragen Lebens-lang täglich unbedenkliche Aufnahme-Menge. Sie wird in (Milli-)Gramm pro Kilogramm Körpergewicht (mg / kg [KG] bzw. g / kg [KG]) angegeben.

Süßstoff	ADI-Wert [mg / kg [KG]]	
Acesulfam (E 950)	15 – 9	
Aspartam-Acesulfam (E 962)	35 – 10	
Aspartam (E 962)	40	
Cyclamat (E 952)	11 – 7	
Neophesperidin (E 959)	5	
Neotam (E 961)	0 – 2	
Saccharin (E 954)	5	
Steviolglycoside (E 960)	4	
Sucralose (E 955)	15	
Thaumatococin (E 957)	∞	

3.3. Eiweiße

Aufgabe:

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 **Proteine** 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 ihre eigenen Eiweiße. Selbst jeder Mensch besitzt diverse 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 unserer Erde. Das Leben auf der Erde wird deshalb oft auch als Eiweiß-Leben bezeichnet. Die Eiweiße sind ausgesprochen wichtig, so dass die Wissenschaftler sogar einen Begriff für die Gesamtheit aller Eiweiße in einer Zelle geprägt haben – das Proteom.

Jedes einzelne Eiweiß hat in einem Lebewesen mindestens eine Aufgabe. Z.B. ist das Eiweiß Amylase für die Zerlegung von Stärke in Einfachzucker verantwortlich. Aber auch für die anderen abertausenden Reaktionen im Zell-Stoffwechsel ist jeweils ein spezielles Eiweiß notwendig. Sie sind Hilfsstoffe (Katalysatoren) für die verschiedensten Vorgänge. Man nennt sie auch **Enzyme** oder **Wirkstoffe** bzw. **Biokatalysatoren** (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).

Für die Unterstützung der Entwicklung ihrer Nachkommen legen viele Pflanzen (z.B. Hülsenfrüchte (z.B. Soja, Bohnen)) aber auch Tiere (z.B. Vögel) Eiweiß-reiche Speicher an. Solche Samen oder Eier enthalten verschiedene **Speicher-Proteine**. Letztendlich ist das gesamte Eiweiß einer Zelle oder eines Organismus ein wichtiger Aminosäure-Speicher. Bei Bedarf werden dann vermehrt nicht-gebrauchte Proteine in ihre Aminosäure-Bausteine zerlegt und neue Proteine aus diesen hergestellt. Viele Proteine unterstützen aber auch die Speicherung bestimmter anderer Stoffe in den Zellen. So speichert das Protein Ferritin Unmengen von Fe-Ionen, die bei Bedarf freigesetzt werden können.

Das Protein Insulin dient in unserem Körper z.B. nur als **Botenstoff** (Hormon) bei der Blutzuckerregulation. Andere Protein- bzw. Peptid-basierte Hormone sind z.B. Ocytocin und das FSH (Follikel-stimmulierendes Hormon (Follikel – Vorstufen der Eizellen)). Sie informieren den Organismus über eine bestimmte Situation und lösen dann spezielle Stoffwechsel-Vorgänge (Signalketten und Metabolismen) aus.

Einige Proteine wirken auch direkt in der Informations-Speicherung und –Verarbeitung mit. Dazu gehören Proteine und Peptide (**Regulatoren, regulatorische Proteine**), 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. Deren Signalstoffe beeinflussen dann wieder bestimmte Stoffwechselforgänge.

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 Sehfärbstoffe. Bei diesen Eiweißen würde man wohl wieder eine Zuordnung in den Bereich Baustoffe vornehmen.

Eiweiße, wie das Hämoglobin oder andere Blutfärbstoffe, dienen vornehmlich dem Transport von verschiedensten Stoffen (**Transport-Proteine**). Im Blut sind dies meist die schwerer löslichen Gase Sauerstoff und ev. auch noch Kohlendioxid. In den Zellmembranen sorgen verschiedenste Proteine (Carrier, Tunnel- od. Kanal-Proteine, Pumpen) für einen Stoffaustausch mit der Zellumgebung.

Wieder andere Proteine speichern Stoffe und auch Energie für die Zellen bzw. den Organismus. Der rot-braune Muskelfärbstoff Myoglobin ist ein sehr effektiver Speicherstoff für Sauerstoff in den Muskeln.

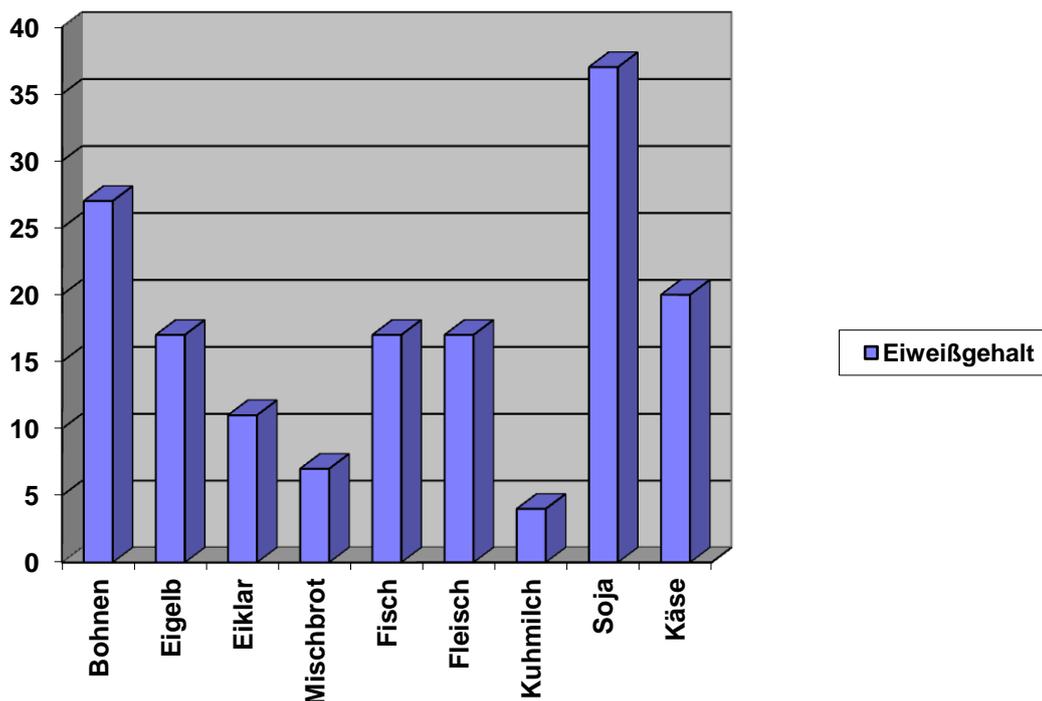
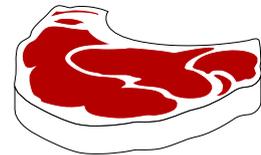
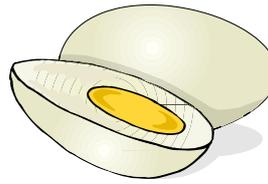
Weitere unzählige Eiweiße spielen als Gerinnungsfaktoren beim Blut, als Antikörper bei Immunreaktionen und Toxinen (von Schlangen, Insekten, Quallen, ...) eine große Rolle in der Natur. Sie werden zu den **Schutz- und Verteidigungs-Proteinen** zusammengefasst.

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.



Aufgabe:

Ermitteln Sie für fünf Lebensmittel den Eiweißgehalt laut Verpackungsetikett!

3.3.2. Aufbau der Eiweiße

3.3.2.1. Aminosäuren

Eiweiße bestehen aus Aminosäuren (Abk.: AS). Aminosäuren besitzen in ihrem Molekül zwei wichtige funktionelle Gruppen. An einem Ende des Moleküls haben sie eine Säuregruppe (Carboxyl-Gruppe), wie die Fettsäuren. An einer anderen Seite befindet sich eine basische Aminogruppe. Alle Aminosäuren, die in Proteinen zu finden sind, gehören zu den sogenannten 2-Aminosäuren (früher: α -Aminosäuren). Sie sind dadurch gekennzeichnet, dass die Amino-Gruppe an der 2. Position hinter der höchstoxidierten Gruppe (hier Carboxyl- / Säure-Gruppe) angeordnet ist. (Dabei ist natürlich auch zu beachten, dass in der Chemie die Regel besteht, immer die kleinsten natürlichen Zahlen für Positionsangaben zu benutzen!)

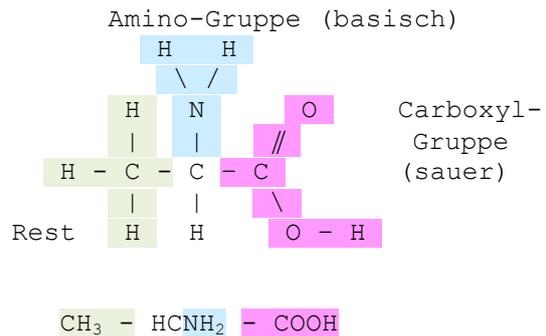
Man nennt die Aminosäuren, die in Proteinen vorkommen auch **protenogene** Aminosäuren.

In der Natur und erst Recht in der modernen Chemie sind auch andere Aminosäuren bekannt, bei denen die Amino-Gruppe an anderer Stelle eingebaut ist. Sie sind in biologischen System nur sehr selten zu finden und werden vor allem nicht für den Aufbau von Proteinen verwendet.

Eine der einfachsten, eiweißbildenden Aminosäuren **Alanin** besitzt die nebenstehende Formeln:

Bei den Aminosäuren ist das Ende hinter dem 2. C-Atom recht variabel. Bei Alanin ist eine Methyl-Gruppe. 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 Protein-bildende 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.	Abk.
Alanin	Ala	A
Arginin	Arg	R
Asparagin	Asn	N
Asparaginsäure	Asp	D
Cystein	Cys	C
Glutamin	Gln	Q
Glutaminsäure	Glu	E
Glycin	Gly	G
Histidin	His	H
Isoleucin	Iso	I

Aminosäure	Abk.	Abk.
Leucin	Leu	L
Lysin	Lys	K
Methionin	Met	M
Phenylalanin	Phe	F
Prolin	Pro	P
Serin	Ser	S
Threonin	Thr	T
Tryptophan	Try, Trp	W
Tyrosin	Tyr	Y
Valin	Val	V

Die hervorgehobenen Aminosäuren sind für Menschen essentiell. Für Arginin und Histidin gilt das nur im Säuglingsalter. 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 dem nachfolgendem Abschnitt und der Übersicht – einige Seiten weiter – entnehmen.

Als Eselsbrücke zum Lernen der essentiellen Aminosäuren bietet sich der folgende Satz an:

Leider fehlen wichtige Moleküle im Körper vieler Tiere.

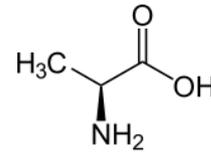
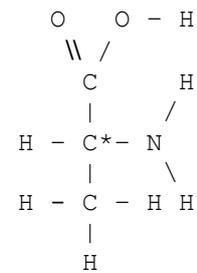
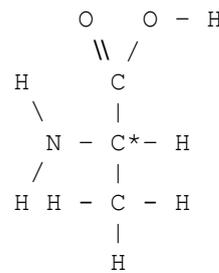
Die Anfangs-Buchstaben stellen die 1-Buchstaben-Codes der essentiellen Aminosäuren dar:

L	F	W	M	I	K	V	T
Leu	Phe	Trp	Met	Ile	Lys	Val	Thr
Leucin	Phenylalanin	Tryptophan	Methionin	Isoleucin	Lysin	Valin	Threonin

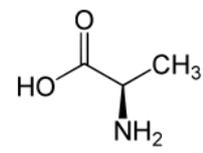
Bei der genaueren Betrachtung der Strukturformeln fällt schnell auf, dass die Aminosäuren (außer Glycin) mindestens ein asymmetrisches Kohlenstoff-Atom (C*) besitzen. Aminosäuren sind also ebenfalls optisch aktiv. Sie verändern die Schwingungsebene des polarisierten Lichtes. Über ihre speziellen Drehwinkel lassen sich reine Aminosäuren charakterisieren.

In der Natur werden nur die L-Isomere in Proteinen verbaut.

Zur Vereinfachung benutzen wir an einigen Stellen in diesem Skript folgende Symbole für verschiedene Aminosäuren. Als Basis dient das Modell vieler Lehrbücher, wo die Eiweiße als Ketten von Winkel-Stücken dargestellt werden. Eine einzelne Aminosäure entspricht dabei einem einzelnen Winkel-Stück. Für unser Modell werden noch die charakteristischen funktionellen Gruppen und die Aminosäure-spezifischen Reste dargestellt.

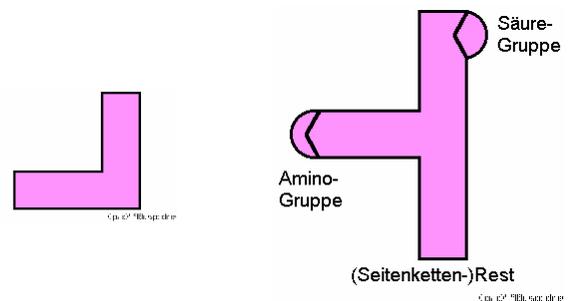


L-Alanin



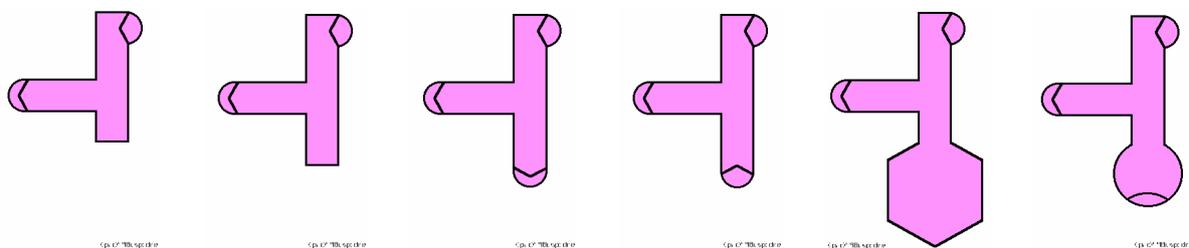
D-Alanin

Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)



sehr stark vereinfachtes Modell einer Aminosäure

Modell einer Aminosäure mit den verschiedenen Struktur-Abschnitten



Modelle für verschiedene Aminosäure

aliphatisch (kurzkettig)

aliphatisch (langkettig)

basisch

sauer

aromatisch

Schwefel-haltig

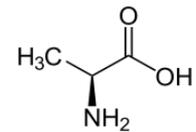
Aufgaben:

1. Zeichnen Sie die Struktur-Formel einer nichtprotenogenen Aminosäure auf! Erläutern Sie, warum Sie die Struktur so gewählt haben!
2. Warum ist Glycin eigentlich keine optische aktive Substanz?
3. Warum werden bei den Aminosäuren die L-Isomere in den Lebewesen verwendet, obwohl es bei den Zuckern die D-Isomere sind? Begründen Sie Ihre Meinung!

3.3.2.1.1. proteinogene Aminosäuren

Alanin

L-(+)-Alanin, L- α -Aminopropionsäure, L-2-Aminopropionsäure, (S)-2-Aminopropionsäure
 Name vom Begriff Aldehyd abgeleitet, erstmals als Strecken von Acetaldehyd beschrieben worden



Gitter-Strukturformel von Alanin
 Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Bau, Vorkommen:

farblos bis gelblich, fest, gut löslich in Wasser, schlecht in Ethanol löslich; in Diethylether unlöslich

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Alanin ist mit Leucin und Glutaminsäure ursächlich an der Helix-Bildung (Sekundärstruktur) beteiligt (Helix-Bildner)

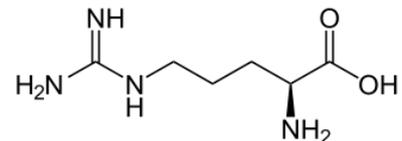
Verwendung für Infusions-Lösungen (z.B. zur diätetischen und parentalen (künstlichen) Ernährung)

In der Welt der Bakterien wird auch D-Alanin verwendet. Hier ist am Bau des Mureins beteiligt, welches die Zellwände der Bakterien charakterisiert.

Arginin

(S)-Arginin;

Name von Argentum (Silber (chem Symbol: Ag) abgeleitet, da es als Silbersalz zuerst extrahiert wurde



Gitter-Strukturformel von Arginin
 Q: : de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Bau, Vorkommen:

Guarnidin-Gruppe → stark basisch

fest, weiß, gut in Wasser löslich, schmeckt bitter

LD₅₀ = 5110 mg / kg [Körpergewicht] (Ratte, peroral)

Lebensmittel	Eiweiß-Anteil [%]	Arginin-Anteil [%] vom Eiweiß	Lebensmittel	Eiweiß-Anteil [%]	Arginin-Anteil [%] vom Eiweiß
Buchweizen-Körner	13,25	7,4	Mais-Vollkornmehl	6,93	5
Erdnuß, geröstet	23,68	11,9	Pinien-Kerne	13,69	17,6
Erbsen, getrocknet	24,55	8,9			
Hühner-Ei	11,57	6,5	Reis, ungeschält	7,94	7,6
Hühner-Brustfilet	21,23	6,8			
			Schweine-Fleisch, roh	20,95	6,7
Lachs, roh	20,42	6,0			
			Walnüsse	15,23	15,0
Kuh-Milch, 3,7% Fett	3,28	3,6	Weizen-Vollkornmehl	13,70	4,7
Kürbis-Kerne	30,23	17,7			

Daten-Q: de.wikipedia.org/wiki/Arginin

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

in Keimlingen und pflanzlichen Speicher-Zellen als Stickstoff-Reservoir

durch Arginin wird Immun-System aktiviert / gestärkt (Phagocytose von Fremdkörpern, Reduktion der Funktionsstörungen bei T-Helferzellen)

führt zur Erschlaffung der glatten Muskelatur, in der Folge wirkt es dann Gefäß-erweiternd, deshalb gerne von Body-Buildern als sogenanntes "Pump-Supplement" verwendet,

nach Operationen, schweren Schädigungen des Immun-Systems, Mangel-Ernährung und inneren Verletzungen scheint sich nach Arginin-Gabe die Immun-Antwort zu verbessern

Arginin kann innerhalb des Harnstoff-Wechsels (Ornithin- bzw. KREBS-HENSELEIT-Zyklus) selbst gebildet werden, Menge ist aber schon für den normalen Stoff-Umsatz unzureichend, Nahrung sollte also eine ausreichende Menge Arginin-haltiger Nahrungs-Proteine zu sich genommen werden.

Arginin ist für Kinder (und für Heranwachsende) essentiell. Bei einer feineren Differenzierung bezeichnen wir Arginin als semi-essentielle Aminosäure. Weiterhin steigt der Bedarf bei diversen Krankheiten, wie z.B. Arteriosklerose und anderen Gefäß-Erkrankungen, Bluthochdruck-Erkrankungen oder erektiler Dysfunktion

In der Kinderheilkunde wird Arginin vielfach bei verschiedenen Wachstums-Störungen und Stoffwechsel-Erkrankungen eingesetzt.

Erwachsene kommen ev. über Nahrungs-Ergänzungen oder speziellen (z.B. balanzierten) Diäten mit freiem Arginin in Kontakt. In beiden Anwendungs-Gebieten konnte ein gesicherter positiver Effekt noch nicht nachgewiesen werden.

Eine ausgewogene Ernährung – mit ev. etwas mehr Arginin-reichen Proteinen – ist trophologisch eher zu empfehlen.

Asparagin

2-Amino-3-carbamoylpropansäure, (S)-Asparagin

Name abgeleitet von Asparagus (dt.: Spargel)

Bau, Vorkommen:

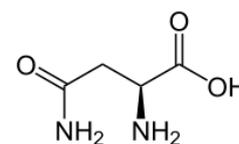
basisches Derivat der sauren Asparaginsäure, farblos, fest, schlecht in Wasser löslich, schmeckt süßlich (D-Asparagin schmeckt bitter)

relativ große Mengen kommen in Leguminosen (Hülsenfrüchten) und Spargel vor

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

verwendet in Infusions-Lösungen für die parentale (künstliche) Ernährung

Bei Anwesenheit von reduzierenden Zuckern kann sich Asparagin zu cancerogen Acrylamid umwandeln. Nebenbedingen dafür sind ein geringer Wasser-Gehalt und hohe Temperaturen



Gitter-Strukturformel von Asparagin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Asparaginsäure

(S)-(+)-Aminobernsteinsäure, 2-Aminobutandisäure

Name abgeleitet von Asparagus (dt.: Spargel)

Bau, Vorkommen:

fest, farblos, kristallin (Blättchen od. Stäbchen), schlecht in Wasser löslich

im Körper fast ausschließlich in der deprotonierten Form vorkommend, deshalb spricht man entsprechend dem Säurerest-Namen von Aspartat

Asparaginsäure kann in unseren Zellen selbst hergestellt werden. Dazu wird Oxalacetat (aus dem Zitronensäure-Zyklus) transaminiert (Übernahme einer Aminogruppe von einem anderen Stoff)

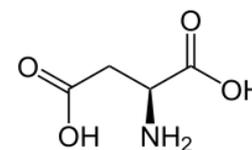
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

spielt neben seine wichtigen Rolle bei der Protein-Bildung eine große Bedeutung als Neuro-Transmitter (Informations-Überträger an Synapsen)

weiterhin wichtiger Bestandteil (Metabolit) des Harnstoff-Wechsels

heute wird viel Asparaginsäure für die Produktion von Aspartam (einem künstlichen Süßstoff) verwendet

in Infusions-Lösungen für die parentale (künstliche) Ernährung enthalten



Gitter-Strukturformel von Asparaginsäure

re
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Cystein

α-Aminothiopropionsäure, 2-Aminothiopropansäure, 2-

Amino-3-sulfanylpropansäure, (*R*)-Thioserin
Name abgeleitet vom griechischen kystis (dt.: Harnblase). Cystein wurde 1810 erstmals von WOLLASTON in Harsteinen gefunden

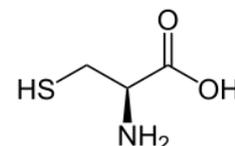
Bau, Vorkommen:

Schwefel-haltig, Thiol-Gruppe
fest, farblos, charakteristischer Geruch
größere Mengen im (Eiweiß) Kreatin, aus dem z.B. Haare, Borsten, Hörner, Nägel, Federn, Hornhaut usw. bestehen

bei Erwachsenen wird Cystein in der Leber gebildet

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Zwei Cystein-Moleküle können eine Disulfid-Brücke ausbilden (Verbindung wird Cystin genannt). Solche Disulfid-Brücken sind bei der sogenannten Tertiär-Struktur der Proteine für die Struktur-Bildung und –Stabilität verantwortlich. Die Auflösung der Disulfid-Brücken z.B. durch hohe Temperaturen führt zur irreversiblen Denaturierung des Eiweißes.



Gitter-Strukturformel von Cystein
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

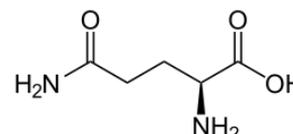
Glutamin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. glutinum (dt.: Leim)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Baustein der Muskeln, sehr bedeutsam bei der Ernährung der Nerven-Zellen; durch vermehrte Glutamin-Gabe oder –Anteile in der Nahrung soll Konzentrationsfähigkeit gesteigert werden können



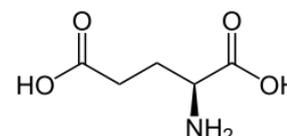
Gitter-Strukturformel von Glutamin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Glutaminsäure

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. glutinum (dt.: Leim)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



Gitter-Strukturformel von Glutaminsäure
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

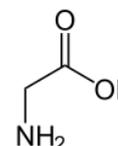
Glycin

α -Aminoessigsäure, 2-Aminoethansäure, Glykokoll

Name abgeleitet von griech. glykeros (dt.: süß)

Bau, Vorkommen:

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

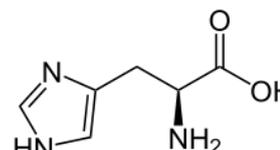


Gitter-Strukturformel von Glycin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Histidin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. histos (dt.: Gewebe)



Gitter-Strukturformel von Histidin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

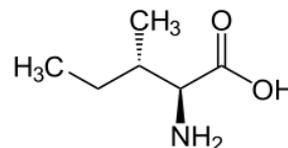
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Isoleucin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. leukos (dt.: weiß)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



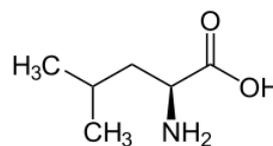
Gitter-Strukturformel von Isoleucin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Leucin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. leukos (dt.: weiß)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



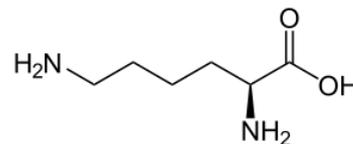
Gitter-Strukturformel von Leucin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Lysin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. lysis (dt.: Lösung)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



Gitter-Strukturformel von Lysin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

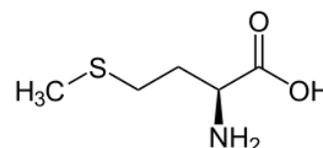
Methionin

Methylthionin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. theion (dt.: Schwefel)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



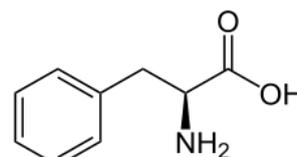
Gitter-Strukturformel von Methionin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Phenylalanin

Bau, Vorkommen:

Name vom phenolischen Ring und dem Begriff Aldehyd abgeleitet

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



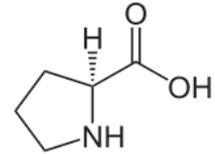
Gitter-Strukturformel von Phenylalanin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Prolin

Bau, Vorkommen:

1904 von Emil FISCHER aus Pyrrolidin hergestellt

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



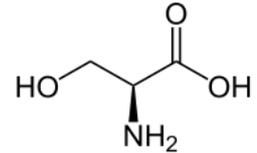
Gitter-Strukturformel von Prolin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Serin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von lat. sericum (dt.: Seide), entdeckt 1865 von CRAMER im Hydrolysat von Seide

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



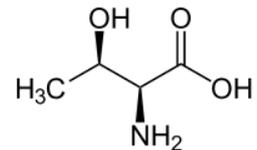
Gitter-Strukturformel von Serin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Threonin

Bau, Vorkommen:

Benennung wegen der stereochemischen Ähnlichkeit zur Threose – einer Aldotetrose

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



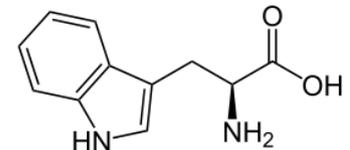
Gitter-Strukturformel von Threonin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Tryptophan

Bau, Vorkommen:

Name ist eine Kombination aus Trypsin (Eiweiß-abbauendes Enzym) und dem griech. phainein (dt.: erscheinen), durch KOSSEL 1896 bei der Versetzung von Eiweißen mit Trypsin entdeckt

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



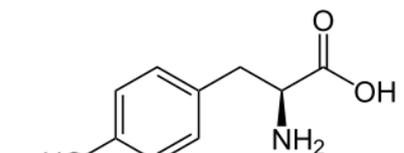
Gitter-Strukturformel von Tryptophan
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Tyrosin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von griech. tyros (dt.: Käse), 1846 von LIEBIG aus Käse extrahiert

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



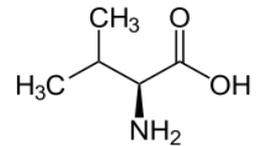
Gitter-Strukturformel von Tyrosin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

Valin

Bau, Vorkommen:

Name abgeleitet von lat. validus (dt.: gesund, kräftig)

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:



Gitter-Strukturformel von Valin
Q: de.wikipedia.org (NEUROtiker)

3.3.2.1.1. besondere Aminosäuren

Selenocystein

L-2-Amino-3-hydroselenopropansäure; (R)-
Selenocystein; Sec; U

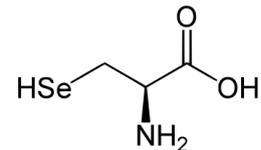
Bau, Vorkommen:

endständige (primäre) Thiol-Gruppe

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Selen-Träger

Stop-Aminosäure bei der Bildung von Polypeptid-Ketten



Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

im gewissen Maße die 21. proteinogene Aminosäure während der Translation durch die sogenannte Rekodierung in Proteine eingebaut derzeit 30 eucaryotische und 15 bakterielle Enzyme bekannt, die Selenocystein in der Peptid-Kette enthalten; zumeist Redox-Enzyme bei denen das Selen des Selenocysteins mit das aktive (reaktive) Zentrum des Enzyms bildet

Pyrrolysin

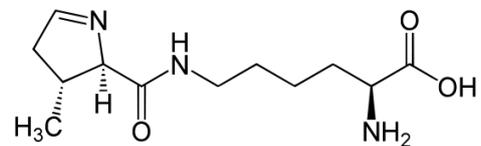
(2S)-2-Amino-6-[[[(2R,3R)-3-methyl-3,4-dihydro-2H-pyrrole-2-carbonyl] amino]hexansäure

Bau, Vorkommen:

fest

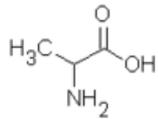
Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

codogen (kanonisch) bei einigen Archaeen; durch UAG-Stop-Codon verschlüsselt

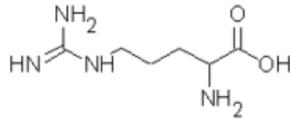


Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

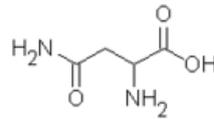
3.3.2.1.2. Strukturformeln proteinogener 2-Aminosäuren



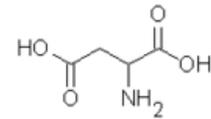
Alanin (Ala)



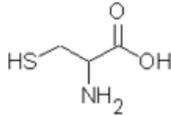
Arginin (Arg)



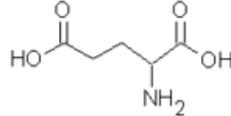
Asparagin (Asn)



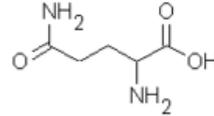
Asparaginsäure (Asp)



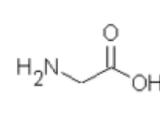
Cystein (Cys)



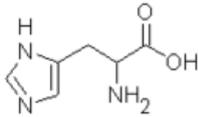
Glutaminsäure (Glu)



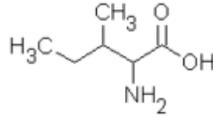
Glutamin (Gln)



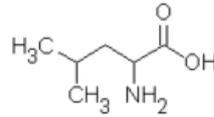
Glycin (Gly)



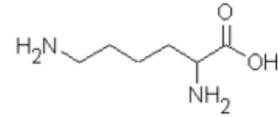
Histidin (His)



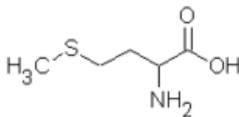
Isoleucin (Ile)



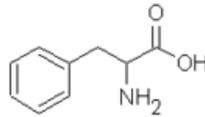
Leucin (Leu)



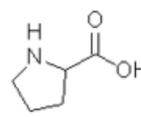
Lysin (Lys)



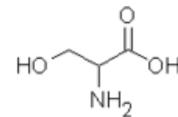
Methionin (Met)



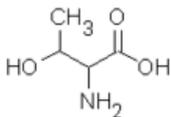
Phenylalanin (Phe)



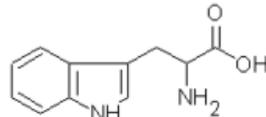
Prolin (Pro)



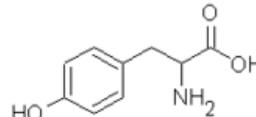
Serin (Ser)



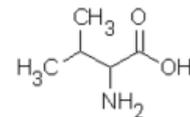
Threonin (Thr)



Tryptophan (Trp)



Tyrosin (Tyr)



Valin (Val)

Q: de.wikipedia.org (MarkusZi, Maksim)

Aufgaben:

1. Zeichnen Sie sich die folgende Tabelle 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 aufgenommen werden	Vorkommen im Menschen	1-Buchstaben-Code	proteinogen	heterocyclisch	essentiell	kanonisch
Alanin																	
Valin																	

3.3.2.1.2. bedeutende nicht-proteinogene Aminosäuren

Zellen bzw. Organismen können noch weitere Aminosäuren herstellen und verwerten. Sie erfüllen z.T. sehr spezielle Zwecke. Dabei darf man aber nicht vergessen, sie sind nicht in Proteinen enthalten.

Bau, Vorkommen:

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Q:

Bau, Vorkommen:

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Q:

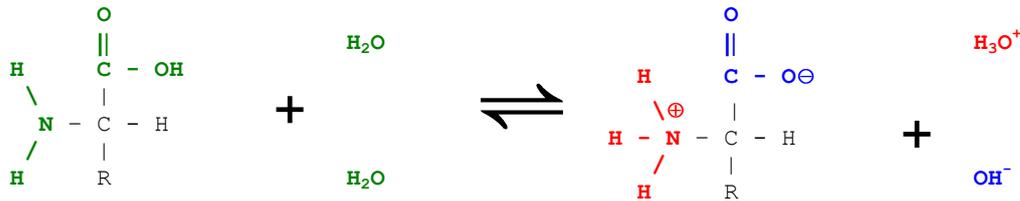
Bau, Vorkommen:

Besondere Eigenschaften, Bedeutung:

Q:

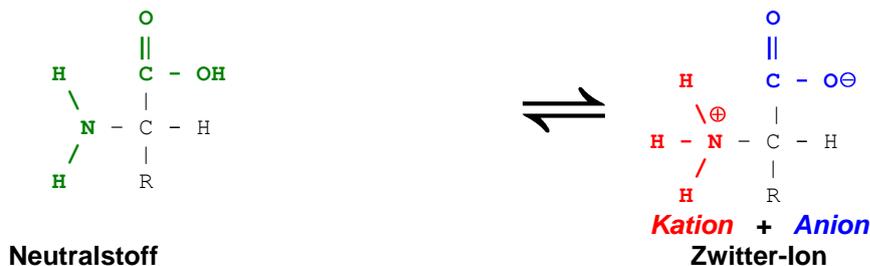
3.3.2.2. physikalische und chemische Eigenschaften der Aminosäuren

Beim Lösen in Wasser dissoziieren die Aminosäuren mehrfach. Die Carboxyl-Gruppe gibt ein Proton (H^+) ab und die Amino-Gruppe kann ein Proton aufnehmen.



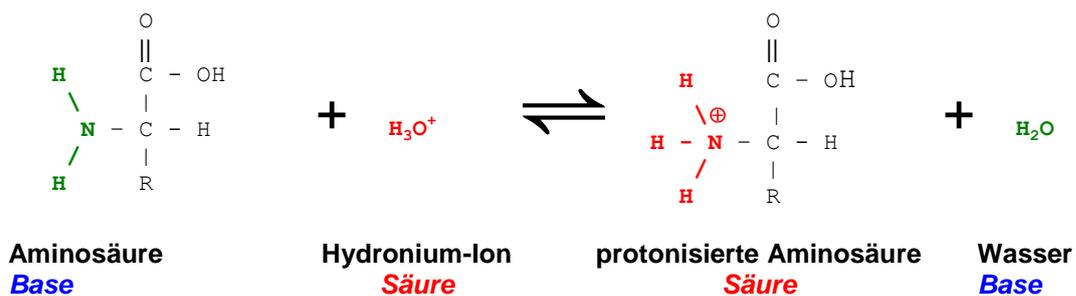
Da die gebildeten Hydronium- (H_3O^+) und Hydroxid-Ionen (OH^-) zu 2x Wasser weiterreagieren und wir genau 2x Wasser eingesetzt haben, wird das Wasser in chemischen Gleichungen oft einfach weggelassen. In solchen – chemisch exakten – Gleichungen entsteht dann aber auch schnell der Eindruck, das Proton 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 weiterge- reicht 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**).

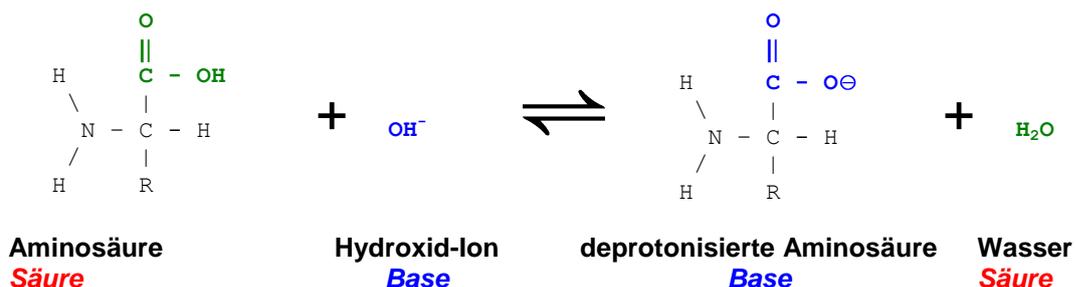


Bei Zugabe von Säuren verhalten sich Aminosäuren wie Basen:

(Wir verwenden hier die Begriffe Säure und Base im Sinne von BRØNSTEDT (und / oder LOWRY). Säure sind da- nach Stoffe, die Protonen abgeben. Basen sind Stoffe, die Protonen aufnehmen.)



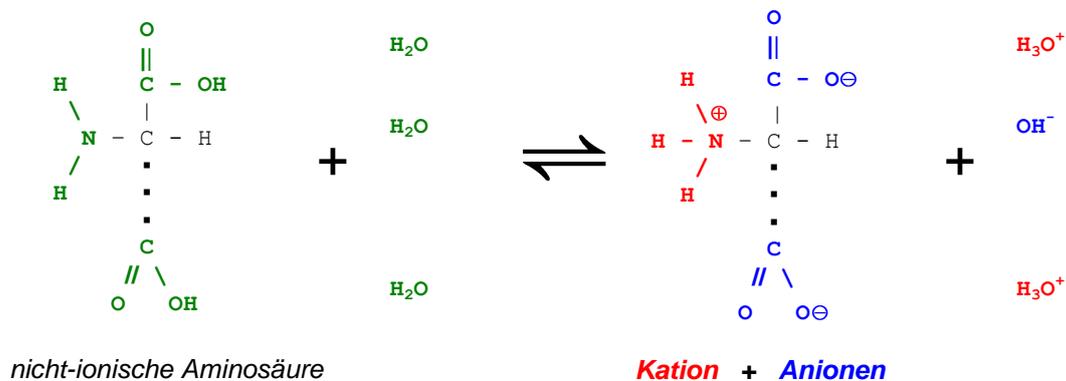
Gibt man dagegen eine Base zur Aminosäure, dann verhält sie sich wie eine Säure:



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 (polare) 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 dann einen pH-Wert größer 7.

Durch äußere Veränderung des pH-Wertes kann man die Ionen-Bildung und das Säure-Base-Verhalten des Aminosäure-Moleküls 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 einem elektrischen Feld – sie richten sich nur noch aus. Die Anziehungskräfte zu den Polen sind gleich groß.

Das bedeutet z.B., dass eine Aminosäure-Lösung im isoelektrischen Punkt zwar Ionen in der Lösung enthält, diese aber nicht wandern können. Es fließt also in einem Feld praktisch kein elektrischer Strom, der auf gelöste Aminosäure-Moleküle zurückzuführen ist.

Diesen Effekt nutzt man auch aus, um den IEP einer Aminosäure zu bestimmen. Man löst einfach die Aminosäure in Wasser und verändert dann den pH-Wert durch Zugabe von Säuren oder Basen. Parallel dazu misst man die elektrische Leitfähigkeit und erhält dann z.B. ein solches Diagramm. Der isoelektrische Punkt ist mit dem Minimum der Leitfähigkeit leicht zu finden.

Aminosäure	isoelekt. Pkt. [pH]	M [g/mol]
Alanin	6,0 – 6,11	89,1
Arginin	10,76 – 11,2	174,2
Asparagin	5,4	132,1
Asparaginsäure	2,85	133,1
Cystein	5,05	121,2
Glutamin	5,65 – 5,7	146,15
Glutaminsäure	3,22	147,1
Glycin	6,06	75,1
Histidin	7,6	155,2
Isoleucin	5,94 – 6,0	131,2

Aminosäure	isoelekt. Pkt. [pH]	M [g/mol]
Leucin	6,0	131,2
Lysin	9,6 – 9,8	146,2
Methionin	5,74	149,2
Phenylalanin	5,49	165,2
Prolin	6,3	115,1
Serin	5,68	105,1
Threonin	5,6	119,1
Tryptophan	5,89	204,2
Tyrosin	5,64 – 5,7	181,2
Valin	6,0	117,15

Für den Aufbau der Proteine spielt aber die Seitenkette – also der vielbeschriebene Rest – eine ausserordentlich wichtige Rolle. Für diesen Molekül-Teil ist vor allem die Wasser-Freundlichkeit bzw. –Feindlichkeit entscheidend. Dieses Merkmal bestimmt, wie sich die Aminosäure-Reste nach der Zusammenführung in der Protein-Biosynthese (→ Genetik) hindrehen (→ Sekundär und Tertiär-Struktur). Da der "obere Teil" jeder Aminosäure immer gleich ist, ist nur die Seitenkette für irgendwelche Unterschiede verantwortlich.

Der Hydropathische Index (eng.: hydrophathy index) ist ein relatives Rangmaß für die Wasser-Feindlichkeit (Hydrophobizität) einer Aminosäure. Früher wurde die Skalen von verschiedenen Forschern mehr oder weniger intuitiv und subjektiv aufgestellt (siehe nebenstehenden Vergleich).

Heute versucht man mit physikalischen Meßmethoden die Rang-Ordnung auf wissenschaftliche Füße zu stellen. Die Skala von WIMLEY und WHITE ist die derzeit am meisten akzeptierte Rang-Ordnung.

Kyte and Doolittle (1)	Rose, et al (2)	Wolfenden, et al (3)	Janin (1979) (4)
Ile Val	Cys	Gly,Leu,Ile Val,ala	Cys Ile Val
Leu	Phe,Ile Val Leu, Met, Trp	Phe Cys Met	Leu,Phe Met Ala,Gly,Trp
Phe Cys Met,Ala	His Tyr Ala Gly Thr	Thr,Ser Trp,Tyr	His,Ser Thr Pro Tyr Asn Asp Gln,Glu
Gly Thr,Ser Trp,Tyr Pro	Ser Pro,Arg Asn Gln,Asp,Glu	Asp,Lys,Gln Glu,His Asp	Arg
His Asn,Gln Asp,Glu Lys			
Arg	Lys	Arg	Lys

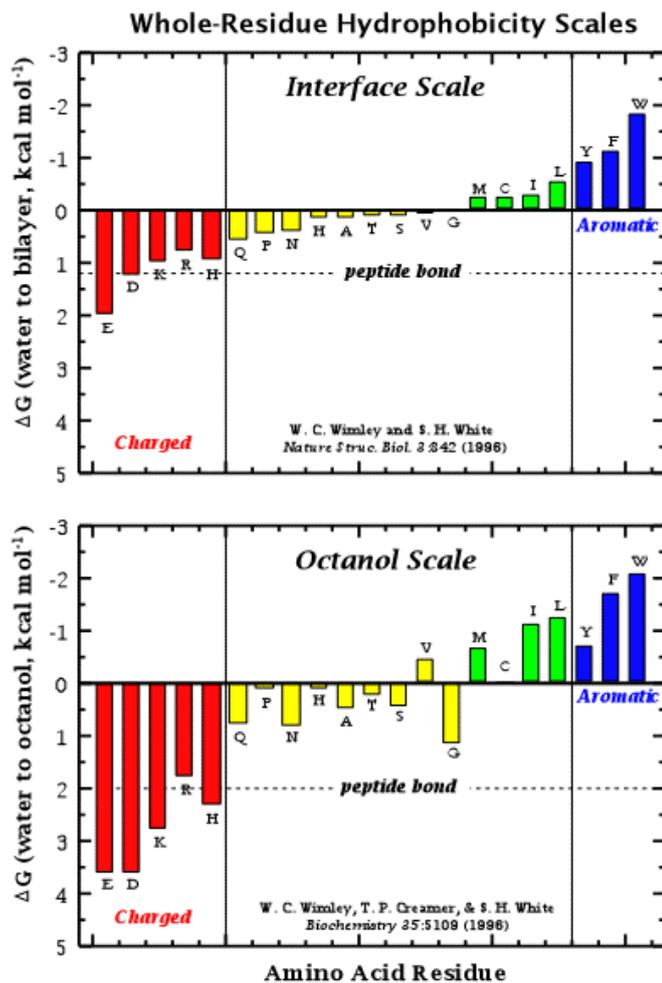
verschiedene Skalen der Wasser-Feindlichkeit von Aminosäuren (oben jeweils die Wasser-feindlichste AS)
Q: en.wikipedia.org (The hope)

Für die Untersuchungen werden verschiedene Stoff-Gemische (Zwei-Phasen-Systeme) verwendet, in denen dann die Verteilung der jeweiligen Aminosäure erfasst wird.

Die nebenstehenden Diagramme beziehen sich auf ein Wasser-Doppel-Lipid-Schicht-System bzw. auf ein Wasser-Octanol-System.

Aminosäure	Hydropathischer Index	
Alanin	1,8	
Arginin	-4,5	
Asparagin	-3,5	
Asparaginsäure	-3,5	
Cystein	2,5	
Glutamin	-3,5	
Glutaminsäure	-3,5	
Glycin	-0,4	
Histidin	-3,2	
Isoleucin	4,5	
Leucin	3,8	
Lysin	-3,9	
Methionin	1,9	
Phenylalanin	2,8	
Prolin	-1,6	
Serin	-0,8	
Threonin	-0,7	
Tryptophan	-0,9	
Tyrosin	-1,3	
Valin	4,2	

DatenQuelle: fold.it (KYTE + DOOLITTLE (1982))



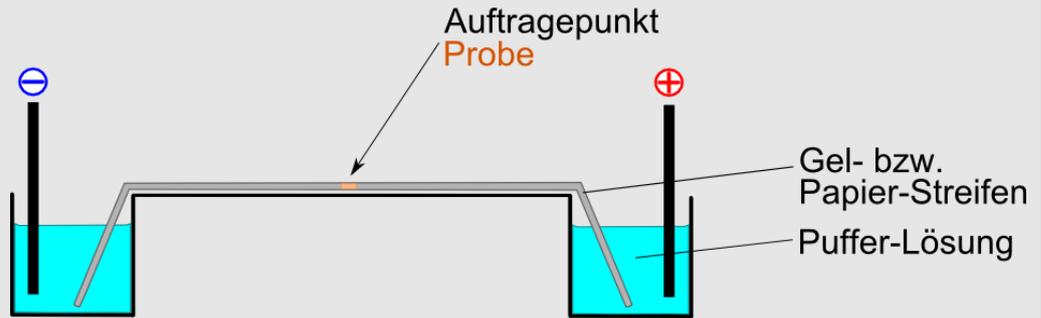
Q: en.wikipedia.org (Stephan H. WHITE (University of California at Irvine))

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 stoppt 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.



Zuerst einmal nutzt man die Elektrophorese zur Charakterisierung der verschiedenen Aminosäuren (oder eben anderer Stoffe).

Die verschiedenen – bekannten – Substanzen werden auf der gekennzeichneten Start-Linie an definierten Punkten aufgetragen.

Wird nun das elektrische Feld aktiviert, dann fließt ein Strom durch das mit Elektrolyt getränkte Gel bzw. Papier. Die Aminosäuren bewegen sich auch Grund ihrer Eigenladung (beim pH-Wert des Elektrolytes) mehr oder weniger im elektrischen Feld. Negativ geladene Aminosäuren wandern in Richtung Plus-Pol (Kathode). Die positiv geladenen wandern in Richtung Minus-Pol (Anode). Neutrale Teilchen bewegen sich nicht im elektrischen Feld.

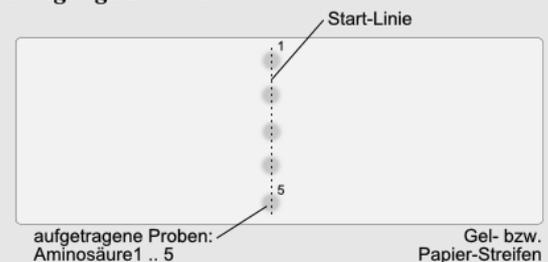
Außer der Stärke des elektrischen Feldes wird die Wander-Bewegung auch von der Größe der Moleküle und von Haft-Eigenschaften zum Gel bzw. Papier bestimmt. Je größer die Ionen sind, umso langsamer bewegen sie sich. Kleine sind entsprechend schneller unterwegs. Natürlich ist die Wegstrecke auch von der Phorese-Zeit abhängig.

Viele Substanzen werden vom Papier bzw. Gel-Material adsorbiert, d.h. an der Oberfläche angelagert. Je nach Stärke dieser Anlagerung, können die Ionen auch wieder abwandern und sich weiter im elektrischen Feld zwischen dem Träger-Material bewegen.

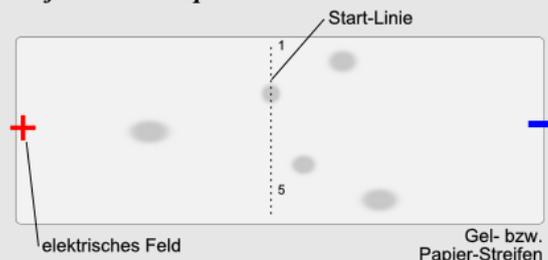
Da im Prinzip alle Aminosäuren unterschiedliche Eigenschaften haben (Ladung bei einem best. pH-Wert; Molekül-Größe; Haft-Eigenschaft zum Träger-Material) ergeben sich individuelle Bewegungs-Richtungen und Wegstrecken. An diesen beiden Merkmalen kann man dann nach der Fixierung (z.B. mit einem Nachweismittel) die einzelnen Aminosäuren charakterisieren.

Die Fixierung dient zur Stoff-Gruppen-Charakterisierung und auch zur Sichtbarmachung der sonst eher farblosen Lösungen (in der Abb. nur zur Verdeutlichung hervorgehoben!).

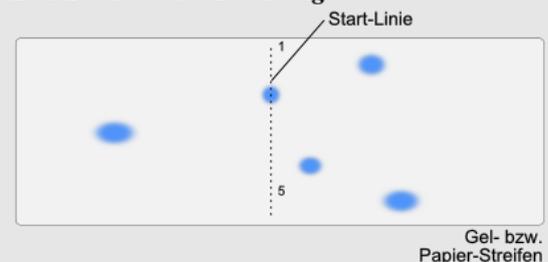
Ausgangs-Situation



laufende Elektrophorese



End-Situation mit Fixierung



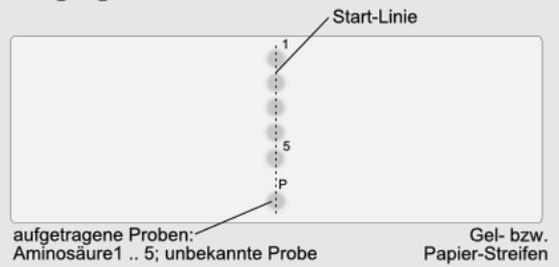
Die Charakterisierung der Aminosäuren (Substanzen) nutzt man auch, um unbekannte Lösungen zu prüfen. Neben einigen bekannten Substanzen – auf die hin geprüft werden soll – trägt man noch die zu untersuchende Lösung auf. Dabei ist es egal, ob in ihr eine oder mehrere zu identifizierende Stoffe enthalten sind. Die Elektrophorese wird wie üblich durchgeführt. Am Schluß wird wieder fixiert, um die Stoffe sichtbar zu machen.

Nun kann man im direkten Vergleich die einzelnen Bestandteile der Untersuchungs-Lösung charakterisieren. Im Beispiel tauchen in der Proben-Lösung die Aminosäuren 3, 4 und 5 auf. Die Aminosäuren 1 und 2 sind scheinbar nicht enthalten. Zusätzlich befindet sich noch eine vierte Aminosäure in der Proben-Lösung, die wir aber nicht genau charakterisieren können. Das es sich wahrscheinlich um eine Aminosäure handelt, kann man aus dem Verfärben nach der Fixierung schließen.

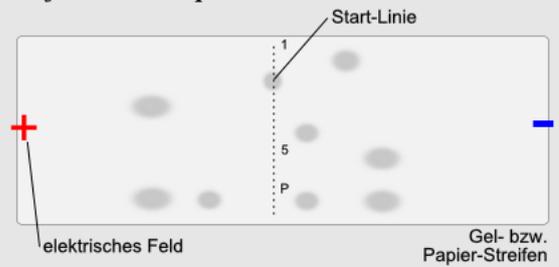
Für die Charakterisierung der noch unbekanntes Aminosäure muss man nun einen neuen Versuch mit anderen Vergleichs-Aminosäuren starten.

Moderne Phorese-Systeme werden heute z.B. auch zur Erstellung der genetischen Finger-Abdrücke benutzt. Die Technik ist mittlerweile so gut entwickelt, dass man unterschiedliche große DNA-Bruchstücke fein trennen und charakterisieren kann. Bei der DNA werden allerdings keine Aminosäuren aufgetrennt, sondern Nucleotide bzw. Nucleotid-Ketten.

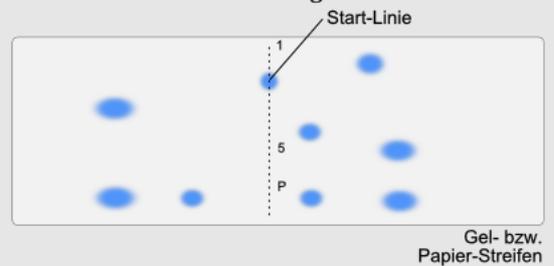
Ausgangs-Situation



laufende Elektrophorese

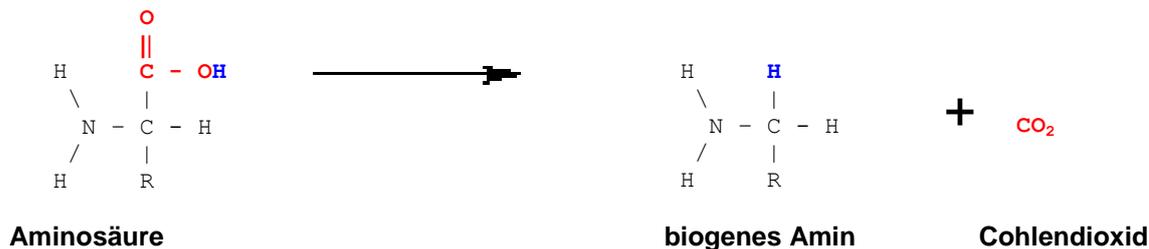


End-Situation mit Fixierung



chemische Umwandlungen an Aminosäuren

Freie oder freigesetzte Aminosäuren (Eiweiß-Abbau) können auch weiterreagieren. Durch Enzyme (z.B. aus Mikroorganismen), längere Lagerzeiten oder bestimmte Herstellungs-Prozesse (z.B. Käse-Reife) können Aminosäuren Kohlendioxid abspalten.



Die Reaktionsprodukte sind sogenannte biogene Amine. Natürliche biogene Amine findet man in Bananen, Tomaten, Walnüssen und Sauerkraut.

Viele biogene Amine beeinflussen im Menschen bestimmte Körper-Funktionen. Cadaverin (biogenes Amin des Lysins) senkt den Blutdruck. Dagegen wirkt Tyramin (von Tyrosin) Blutdruck-steigernd.

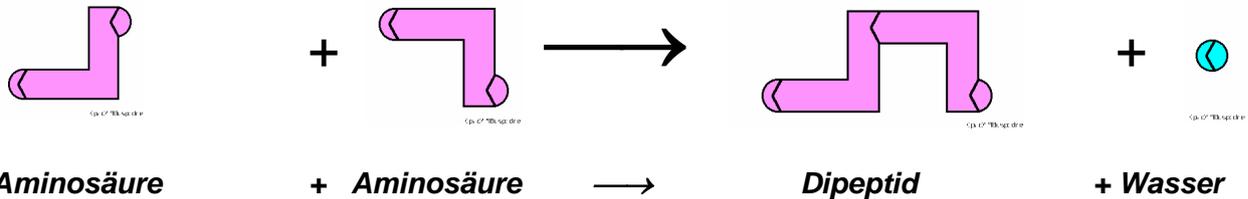
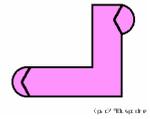
Aufgaben:

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!

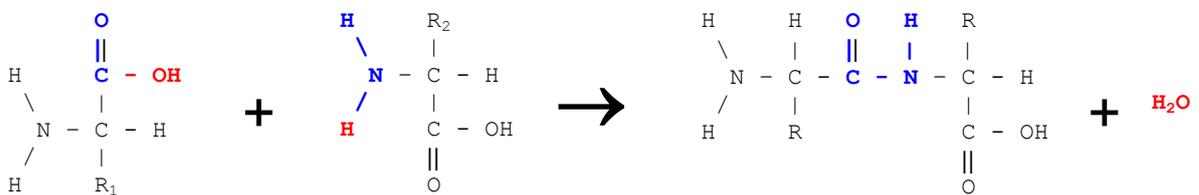
Übersicht über die Eigenschaften biogener Aminosäuren

Aminosäure	molare Masse [g/mol]	Essentiellität		Hydropathischer Index	isoelektr. Pkt. [pH]	Haupt-Eigenschaft des Restes					
protenogene Aminosäuren											
Alanin	89,1	-		1,8	6,0 – 6,11	hydrophob					
Arginin	174,2	für Kinder		-4,5	10,76; 11,2	basisch					
Asparagin	132,1	-		-3,5	5,41	hydrophil					
Asparaginsäure	133,1	-		-3,5	2,85	sauer					
Cystein	121,2	-		2,5	5,05	hydrophil					
Glutamin	146,15	-		-3,5	5,65	hydrophil					
Glutaminsäure	147,1	-		-3,5	3,22	sauer					
Glycin	75,1	-		-0,4	6,06	(hydrophil)					
Histidin	155,2	für Kinder		-3,2	7,6	basisch					
Isoleucin	131,2	✓		4,5	5,94 – 6,0	hydrophob					
Leucin	131,2	✓		3,8	6,01	hydrophob					
Lysin	146,2	✓		-3,9	9,74 – 9,8	basisch					
Methionin	149,2	✓		1,9	5,74	hydrophob					
Phenylalanin	165,2	✓		2,8	5,49	hydrophob					
Prolin	115,1	-		-1,6	6,3	hydrophob					
Serin	105,1	-		-0,8	5,6 – 5,68	hydrophil					
Threonin	119,1	✓		-0,7	5,6	hydrophil					
Tryptophan	204,2	✓		-0,9	5,89	hydrophob, aromatisch					
Tyrosin	181,2	-		-1,3	5,64 – 6,0	hydrophob, aromatisch					
Valin	117,15	✓		4,2	6,0	hydrophob					
eingeschränkt protenogene Aminosäuren											
Pyrrrolysin	255,3	-			?	hydrophob					
Selenocystein	168,0	-			?	hydrophil					
Selenomethionin	196,1	-			?	hydrophob					
weitere Aminosäuren											

Wie Sie sicher schon geahnt haben, können Aminosäuren miteinander reagieren. Die saure Gruppe der einen reagiert dabei mit der basischen Gruppe einer 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.

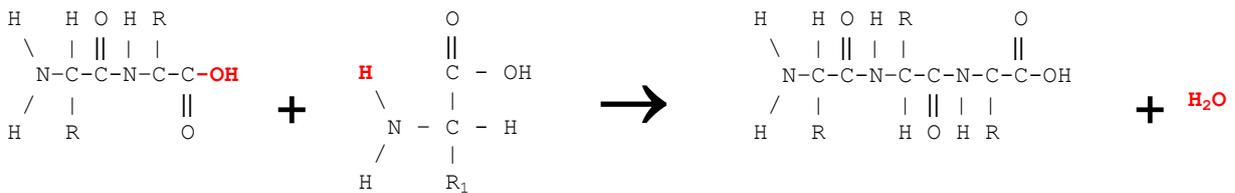
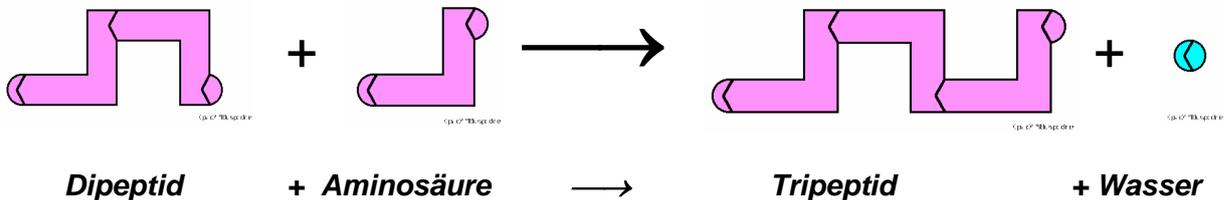


Schauen wir uns die reagierenden Molekülteile noch etwas genauer an:



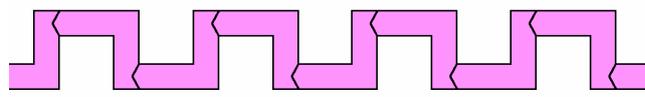
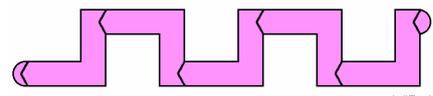
Es entsteht ein Peptid und Wasser. Da das Peptid genau zwei Aminosäuren beinhaltet, wird es auch Dipeptid genannt.

Peptide können an den Enden mit weiteren Aminosäuren reagieren.



So entstehen Tripeptide, Tetrapeptide, Pentapeptide usw. Etwas längere Peptide - mit bis zu 10 Aminosäure-Resten - heißen dann Oligopeptide

Noch längere Peptide werden als Polypeptide bezeichnet. Diese Polypeptide sind dann im Prinzip genau unsere Eiweiße.



Die Abgrenzung der großen Peptid-Klassen ist immer noch in der Diskussion. Manche Wissenschaftler sehen das Ende der Oligo-Peptide schon bei 10 Aminosäuren. Poly-Peptide können bei ihnen bis zu 100 Aminosäuren enthalten. Alles was darüber hinausgeht, wird zu den Proteinen gezählt. Ein Nachschlagen der jeweiligen Definition ist beim Lesen von anderer Literatur immer sinnvoll.

Für die Peptide hat sich eine verkürzte Formel-artige Darstellung eingebürgert. Ausgehend vom N-terminalen Ende (basische Aminogruppe) werden die Aminosäuren mit ihren 3-Buchstaben-Codes aufgezählt. Das N-terminale Ende wird durch das endständige (hier beginnende) H gekennzeichnet. Für die C-terminale Carboxyl-Gruppe wird nur die an weiteren Reaktionen beteiligte OH-Gruppe geschrieben.

So ergibt sich z.B. für das Pal-KTTKS (die neue Geheimwaffe gegen Hautfalten, das Pal steht für Pamelinsäure die an den Anfang des KTTKS (die Aminosäuren im 1-Buchstaben-Code) abgeestert ist) die Darstellung:



Exkurs: Mesomerie der Peptid-Gruppe

Bindung zwischen C- und N-Atom deutlich kürzer, als es bei einer Einfachbindung sein müsste
Drehbarkeit der Bindung eingeschränkt bzw. praktisch keine (Ver-)Drehung möglich; Atome der Peptid-Gruppe –CO-NH- bilden eine Ebene

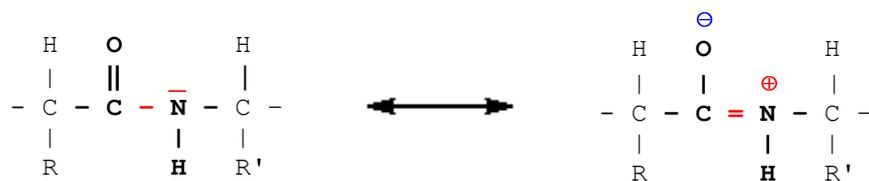
Erklärung der Phänomene wäre nur mit einer Doppel-Bindung möglich
Doppel-Bindung aber offensichtlich nicht da, dazu ist der Bindungs-Abstand auch wieder zu groß

Lösung des Problems möglich, wenn man die starke Elektronen-ziehende Wirkung von Sauerstoff mit beachtet (Elektronegativität: 3,5)

die Elektronen der Doppel-Bindung zwischen C und O werden zu Sauerstoff gezogen, damit entsteht am C ein Elektronen-Mangel, der wiederum durch das Ziehen des frei-beweglichen Elektronen-Paares befriedigt wird

es bildet sich temporär / teilweise eine Doppelbindung, die eine Drehung an dieser Bindung unmöglich macht

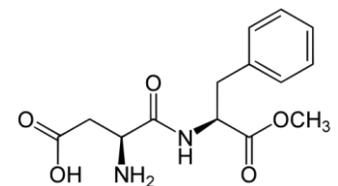
weiterhin kommt es zur Verkürzung der Bindung



da weder der eine noch der andere Zustand die realen Verhältnisse genau beschreibt, sie aber scheinbar zumindestens teilweise oder temporär auftreten, sprechen wir von mesomeren Zuständen

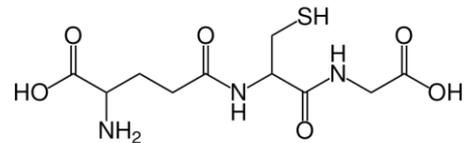
In den Zellen und in der Ernährung spielen nicht nur die großen Polypeptide (Proteine) eine wichtige Rolle sondern auch schon die kleineren Oligo-Peptide.

Als Dipeptid sei hier das Aspartam (ein künstlicher Süßstoff) genannt. Er besteht aus den Aminosäuren Asparaginsäure und Phenylalanin. Am C-terminalen Phenylalanin ist noch eine Methyl-Gruppe (aus Methanol) verestert.



Strukturformel von Aspartam
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)

Glutathion ist ein nichtproteinogenes Tripeptid aus Glutaminsäure, Cystein und Glycin. Zwischen Glutaminsäure und Cystein finden wir eine etwas ungewöhnliche γ -Peptid-Bindung. In unserem Körper wird es in der Leber synthetisiert. Als Bestandteil verschiedener Redoxsysteme (auch in Mitochondrien) und als Cystein-Reserve hat es eine große Bedeutung.



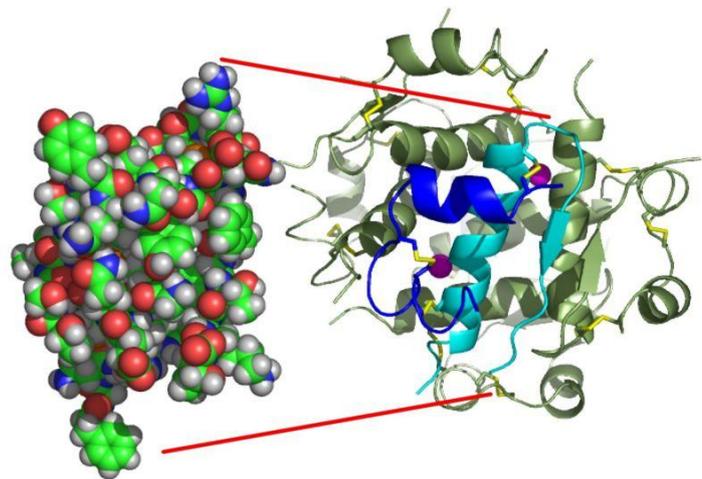
Q: de.wikipedia.org (Fvasconcellos)

Ein Oligo-Peptid mit acht Aminosäuren ist das Cholecystokin (CCK 8). Es dient als Hormon bei der Anregung der Gallenblase und ist bei der Erzeugung des Sättigungs-Gefühls beteiligt. Produziert wird es vom Zwölffingerdarm. Weiterhin ist Cholecystokin ein wichtiger Neurotransmitter.

Oligo-Peptide spielen heute eine größere Rolle in der Sonden-Ernährung von Partienten. In der Nähr-Flüssigkeit sind besondrs die essentiellen Aminosäuren enthalten. Die gezielte Zusammensetzung sorgt für eine schnelle Verfügbarkeit nach einer einfachen (unbelasteten) Verdauung.

Das Hormon Insulin ist ein typisches Poly-Peptid mit 51 Aminosäuren. Es wird in den LANGERHANSschen Zellen der Bauchspeicheldrüse gebildet.

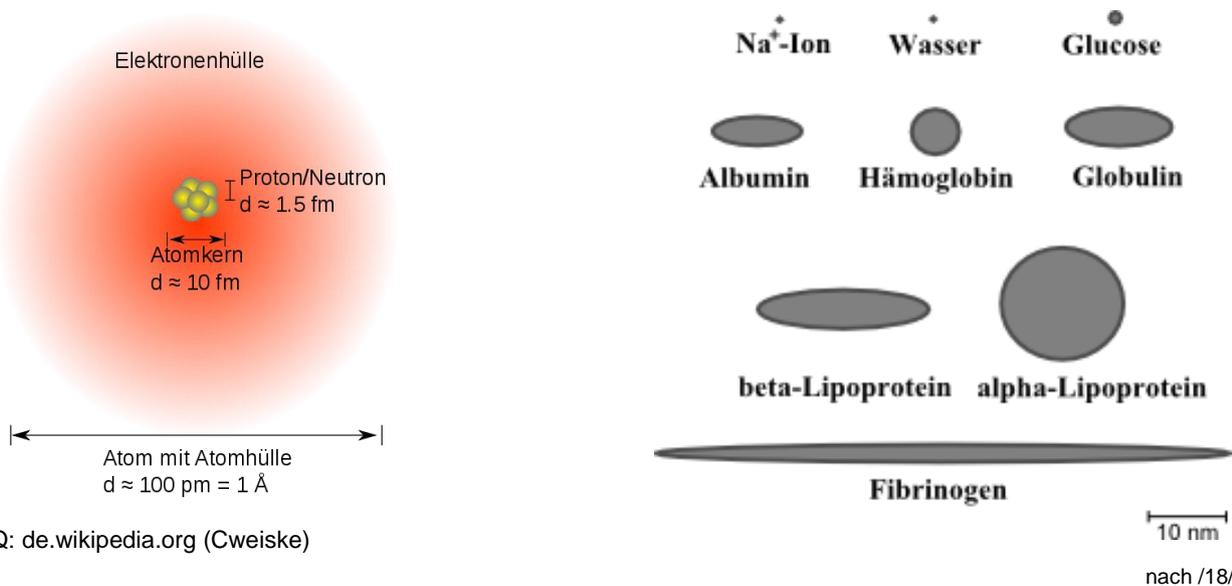
Insulin steuert bzw. aktiviert den Aufbau von Glycogen. Dabei wird die Glucose aus dem Blut verbraucht und der Blutzucker-Spiegel gesenkt.



Insulin-Monomer als Kalotten-Modell (links) und das Hexamer im Bänder-Modell (rechts)
Q: de.wikipedia.org (Isaac Yonemoto)

Viele weitere Informationen zum Bau der Proteine und deren umfangreichen Funktionen findet der Leser in diesem Skript z.B. in den Abschnitten → [3.3.2.2. allgemeine Systematik der Eiweiße \(Bau-Typen\)](#) und → [3.3.2.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße \(Bau-Ebenen, Ordnungstufen\)](#).

Die rechte untere Abbildung vermittelt – wenigsten annäherungsweise – einen Eindruck von den Größenverhältnissen zwischen "normalen" anorganischen, sowie einfachen organischen Stoffen und den Proteinen. Wasser und Natrium-Ionen liegen mit ihrer Größe unter einem Nanometer ($\text{nm} = 10^{-9} \text{ m} = 10^{-6} \text{ mm} = 10^{-3} \text{ }\mu\text{m}$).



Q: de.wikipedia.org (Cweiske)

In älterer Literatur und vielen Fachbüchern wird auch die Einheit Å für ÅNGSTRÖM benutzt. Ein Å entspricht 0,1 nm.

Aminosäure	Mol. Masse [g/mol]
Alanin	89,1
Arginin	174,2
Asparagin	132,1
Asparaginsäure	133,1
Cystein	121,2
Glutamin	146,15
Glutaminsäure	147,1
Glycin	75,1
Histidin	155,2
Isoleucin	131,2
Leucin	131,2
Lysin	146,2
Methionin	149,2
Phenylalanin	165,2
Prolin	115,1
Serin	105,1
Threonin	119,1
Tryptophan	204,2
Tyrosin	181,2
Valin	117,15
Durchschnitt	136,9

!!!zum Vergleich:

Stoff	Mol. Masse [g/mol]
anorganische Moleküle	
Ammoniumsulfat	132
Cohlendioxid	44
Natriumchlorid (Kochsalz)	58
Phosphorsäure	98
Sauerstoff	32
Wasser	18
organische Moleküle	
Ethanol	46
Glucose	180
Harnstoff	60
Stearinsäure	284

Protein	Anzahl Aminosäuren	Mol. Masse [g/mol]	Durchmesser [m]	
Avidin	540	66.000	$9 \cdot 10^{-9}$	
Clupein		4.450		
Edestin		310.000		
Fibrinogen		400.000		
β_1 -Globulin		90.000		
Hämoglobin		68.000		
Insulin	32 51	5.700 5.808		
Kreatin		68.000		
Lactalbumin		17.300		
α_1 -Lipoprotein		200.000		
β_1 -Lipoprotein		1.300.000		
Lysozym	129	14.388	$6 \cdot 10^{-9}$	
Myoglobin		17.000		
Ovalbumin	370	44.500	$8 \cdot 10^{-9}$	
Myosin		3.900.000		
Serumalbumin		69.000		
Serumglobulin (γ -Globulin)		156.000		
Thyreoglobulin		650.000		
Trypsin		24.000		
Urease		483.000		

Aufgaben:

1. *Skizzieren Sie sich die Strukturformeln von Aspartam und Glutathion ab! Kennzeichnen Sie in den Strukturformeln die ursprünglichen Aminosäuren sowie zusätzliche Strukturen!*
2. *Stellen Sie die vollständige Strukturformel des Tripeptids H-Cys-Glu-Asp-OH auf! Geben Sie nun die chemischen Gleichungen für die schrittweise Zerlegung in die Aminosäuren an! Um welche Art chemische Reaktion handelt es sich hier? Begründen Sie Ihre Meinung! Diskutieren Sie den Reaktionstyp mit anderen Kursteilnehmern! (Gibt es da vielleicht mehrere Möglichkeiten? Bringen Sie Ordnung ins System!)*

3.3.2.2. allgemeine Systematik der Eiweiße (Bau-Typen)

Eiweiße lassen sich nach den unterschiedlichsten Klassifizierungs-Merkmalen einteilen. Eine Einteilung nach den Funktionen haben wir schon weiter vorne dargestellt (→), um einen gewissen Überblick über die Vielgestaltigkeit von Proteinen und ähnlichen Strukturen zu geben.

Häufig unterteilt man die Proteine (im weiteren Sinne) in drei große Gruppen. Die kleinsten Moleküle sind die Peptide. Gemeint sind Oligo- bzw. Polypeptide mit ungefähr bis zu 100 Aminosäure-Resten. Unter ihnen befinden sich verschiedene Hormone oder auch die sehr gefährlichen (infektiösen) Prionen.

Alle Peptide mit mehr als 100 Aminosäure-Resten werden zu den Proteinen gezählt. Proteine in diesem Sinne sind immer reine Aminosäure-Verbindungen.

Wenn neben dem Protein-Anteil – also einer oder mehrerer Aminosäure-Ketten – noch andere Bestandteile dazugehören, dann sprechen wir von Proteiden. Diese sind quasi Abkömmlinge (Derivate) der Proteine. Sie enthalten immer einen Nicht-Protein-Anteil. Das können im einfachsten Fall Metall-Ionen sein, in komplexeren Strukturen sind es auch recht große organische Moleküle. Hier kann man z.B. die Vitamine nennen. Viele Vitamine werden als Nicht-Protein-Anteil in Protein-Strukturen eingebaut und bilden dann als Ganzes z.B. wichtige Enzyme.

Klassisch unterscheidet man globuläre und fibrilläre Proteine. Die globulären Proteine (Sphäro-Proteine) sind Kugel-förmig mit dreidimensionaler Ausdehnung. Zu diesen Proteinen gehören die Enzyme, Rezeptoren, Signalstoffe, ...

Fibrilläre Proteine (Sklero-Proteine) sind Faden- bzw. Faser-förmig gebaut. Sie besitzen praktisch nur eine eindimensionale Ausdehnung in die "Länge". Höhe und Breite sind meist als Durchmesser der Faser zu vernachlässigen. Erst durch Zusammenlagerung (Polymerisation, Quatiär-Struktur) erlangen sie auch flächige bzw. räumliche Ausdehnung.

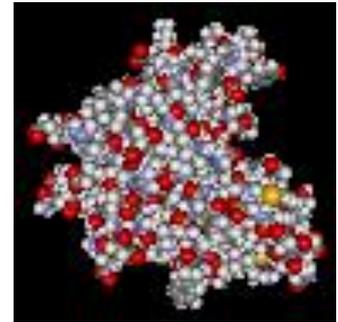
	Bezeichnung	Bau	Eigenschaften	Funktion(en)	Vorkommen	Beispiele / Bemerkungen
globulär	Albumine		löslich in Wasser und verdünnten Säuren denaturieren schon ab 70 °C	Träger für Fettsäuren und Magnesium-Ionen	Antikörper; Körperflüssigkeiten	
	Globuline		nicht in Wasser löslich; löslich in Neutral-Salzlösungen; denaturieren schon ab 70 °C	Transport von Stoffen Enzym-Funktion	Speicherstoff bei Pflanzen; Blutserum	
	Kleber-Proteine		denaturieren schon ab 70 °C	Speicherstoff	Getreide	
fibrillär	Kollagene	Dreifach-Helix aus 3 Peptid-Ketten; Halt über Wasserstoff-Brücken-Bindung	in heißem Wasser löslich; sehr dehnbar und zugfest; schwer enzymatisch abbaubar		Haut, Bindegewebe, Sehnen, Bänder, Knochen	Gelantine
	Kreatine	Faser-förmige Peptid-Ketten ind über Disulfid-Brücken stabilisiert	nicht in Wasser, Säuren oder Basen löslich; nur sehr schwer enzymatisch abbaubar		Horn, Haare, Nägel	
	Elastine	verzweigt, Faser-förmig; bilden zweidimensionale Strukturen	schwer verdaulich; quellen nicht in Wasser, Säuren oder Basen		Stimmbänder, Bänder	
	Actin-Fibrillen	sehr dünn; schraubenförmig aus sehr kleinen globulären Actin aufgebaut	zugfest	Aufrechterhaltung der Zell-Form (Zell-Skelett)	alle Zellen	
	Actin-Myosin-Fibrillen		mit Hilfe von ATP zu Kontrationen (Verkürzungen) fähig	sorgen für Beweglichkeit von Zellen (Muskel-Fasern)	Muskulatur; kriechende Einzeller	
	Tubullin-Fibrillen	Röhren-förmig aus kleinen globulären Proteinen zusammengesetzt	stabil	Haupt-Verkehrs-Wege in Zellen; Zell-Teilung	Geißeln, Spindel-Apparat (Zellteilung);	

3.3.2.2. Proteine

Nach der äußeren Form der Eiweiße (Proteine) klassifiziert man zwischen **kugelförmige** (globuläre) und **faserförmige** (fibrilläre, langgestreckte) **Proteinen**.

Oft werden die **globulären Proteine** 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 Helikalisierung und Spiralisierung der DNS. Sie sind gewissermaßen das Verpackungsmaterial (Verpackungsgestüt) für die DNS.

Zu den **Albuminen** werden die wasserlöslichen Proteine gezählt, die sich durch konzentrierte Ammoniumsulfat-Lösung ausfällen lassen. Die Lösung von Albuminen sind kolloidale – und meist neutrale – Lösungen.



Q: www.ud.com

Das Eidotter und die Eiweiße aus der Molke sind Beispiele für Albumine. Bei den tierischen Eiweißen machen Albumine mit den Globulinen den Hauptanteil aus.

Albumine enthalten meist alle Aminosäuren. Einzig Glycin kommt in sehr geringen Anteilen vor. Schwefel-haltige Aminosäuren sind dagegen 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. Globuline sind in den Zellen häufig an Biomembranen gebunden und erfüllen hier vorrangig Enzym- oder Rezeptor-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 **fibrillären**

Proteine werden nach Bau-Typen unterteilt.

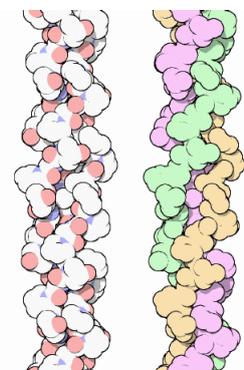


Q: www.pdb.org

Der **Kollagen-Typ** basiert auf dem Bauprinzip des Proteins 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 (\rightarrow biologische Wertigkeit).

In der nebenstehenden Abbildung sind die hintereinander aufgereihten Kollagen-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 entsprechen dem **Elastin-Typ** von Proteinen. Sie sind den Kollagenen recht ähnlich. Elastine 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 Gelatine. 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; β -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).

Eine weitere Gruppe sind die Proteine des **Keratin-Typs**. **Keratine** sind völlig unlöslich in Wasser, Säuren und Basen. Sie sind sehr stabil gegen einen enzymatischen Abbau. Diese besondere 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).

3.3.2.2.3. Proteide

Abgeleitete Proteine mit weiteren (nichtproteinogen) Bausteinen werden den Proteiden 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 **Phosphoproteiden** sind Phosphorsäure-Reste an Hydroxyl-Gruppen des Serins oder des Threonins verestert. Ein Beispiel ist das Casein (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 Phosphoprotein aus dem Eidotter. In der Photosynthese oder der Zellatmung, aber auch als Farbstoffe spielen die **Chromoproteide** eine große Rolle in der belebten Welt. Hier kann man sich die Cytochrome oder die Redoxsysteme der Atmungskette (Zellhämone, Atmungsfermente) als Beispiele merken.

Nucleoproteide 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 Nucleoproteide. Basische Nucleoproteide binden z.B. die verschiedenen Nucleinsäuren. Sehr häufig sind Histone als Eiweiß-Anteil mit sehr vielen Nucleotiden assoziiert. Die DNS (DNA), RNS (RNA) sind bekannte Vertreter von Polynucleotiden – also Strukturen mit 10.000 oder mehr Nucleotiden.

Glycoproteide wiederum sind an der Immunabwehr und diversen Rezeptorfunktionen beteiligt. Sie kommen z.B. sehr häufig an der Außenseite der Zellmembranen (Glycocalyx) vor. Andere Glycoproteide bilden den Glaskörper des Auges oder kommen in Schleimen vor (Schleimstoffe). Auch im Knorpel oder im Eiklar sind verschiedene Glycoproteide anzutreffen.

Lipoproteide bestehen aus einem Protein-Teil und einem Lipid oder dem Cholesterol (Cholesterin).

Eine weitere Klasse sind die **Metall(o)proteide** oder auch **Chromoproteide**. 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 jeweiligen Funktion des Proteids beteiligt.

Die Metall-Ionen sind auch für die Farbigkeit vieler Chromoproteide verantwortlich. Chlorophyll (grüner Pflanzenfarbstoff) und Hämoglobin (roter Blutfarbstoff) sind sicher die bekanntesten Beispiele.

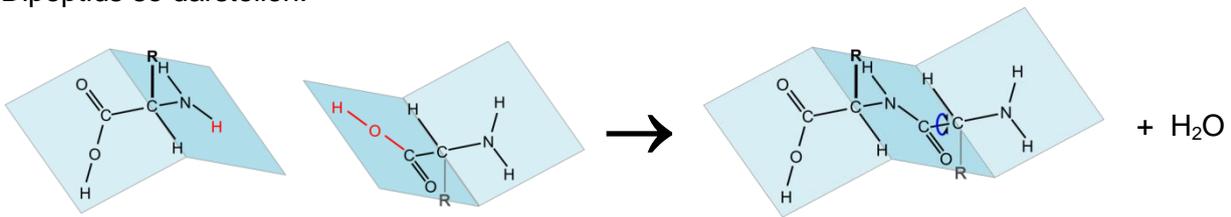
Aufgaben:

1. Erstellen Sie ein Klassifikationschema der Proteine und Proteide! 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!

Bezeichnung	Bau / Zusammensetzung / zusätzlicher Bestandteil	Vorkommen	Aufgaben / Funktionen	
Lipo-Proteine	+ Fett-Rest	LDL-, HDL- und VLDL-Vesikel sowie Chylomikronen (Fett-Tröpfchen im Blut)	Fett-Transport; Transport Fett-ähnlicher Stoffe (z.B. Cholesterol, Lecethin, ...) Membran-Bestandteil	
Glyko-Proteine	+ Zucker-Rest	Oberflächen-Proteine der Zell-Membran (Außen-seite (Glycokalyx)) Enzyme; Speichel, Schleim	Merkmals-Träger (Kennzeichnung von Eigenem) verbessert Gleitfähigkeit des Speichels Binde-gewebe	
Chromo-Proteine	+ Farbstoff-Molekül	Blut (rote Blutkörperchen) Muskeln	Sauerstoff-Transport Farbstoffe für Kommunikation	
Phospho-Proteine	+ Phosphat-Rest	ATP Zell-Membran Milch (Casein)	Speicherstoff; Energie-Überträger (ATP)	

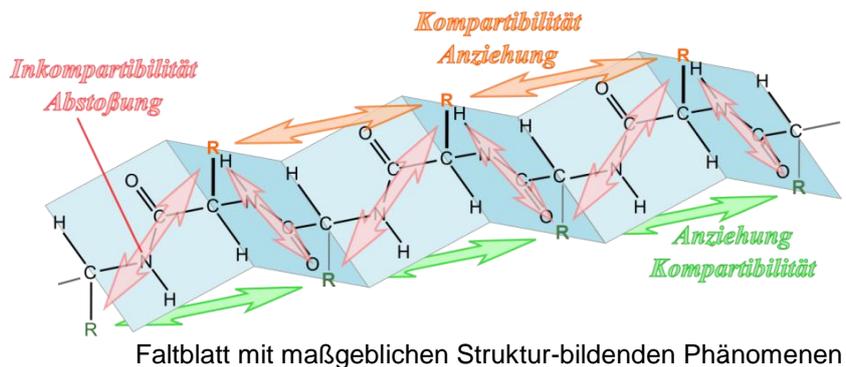
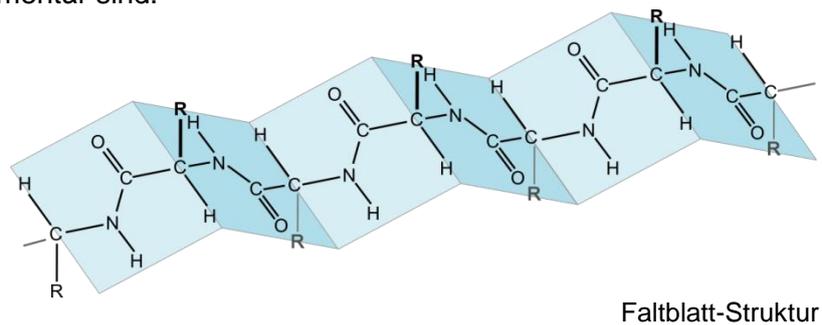
3.3.2.3. Struktur-Ebenen der Eiweiße (Bau-Ebenen, Ordnungstufen)

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:



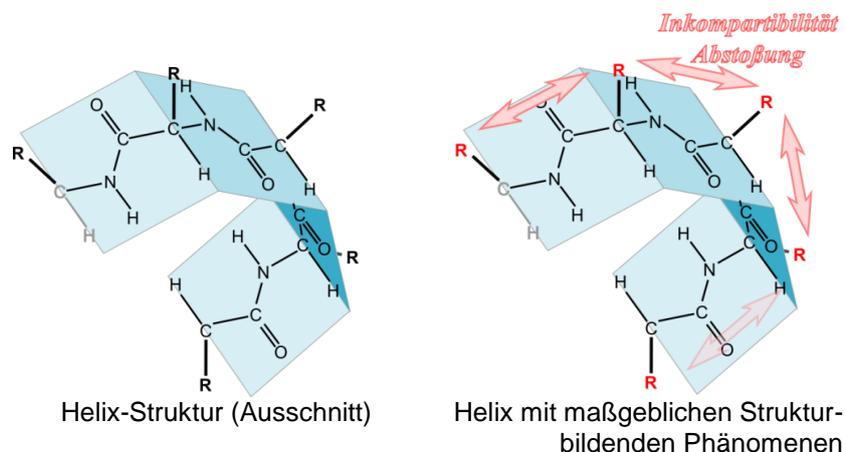
Die obige Struktur entsteht vor allem dann, wenn sich die beiden Reste in irgendeiner Form eher abstoßen oder nicht komplementär sind.

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 bevorzugt. Setzt sich die nicht komplementäre Verteilung der Reste-Eigenschaften über die nächsten Peptid-Stufen fort, dann entsteht eine durchgehende Zick-Zack-Struktur. Diese wird Falblatt-Struktur (β -Falblatt) genannt.



Die Aminosäure-Reste einer Falblatt-Struktur haben also oberhalb und unterhalb des Rückgrats 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 (α -Helix). Je Umgang sind 3,4 Aminosäuren verbaut. Die Helix wird durch Wasserstoff-Brückenbindungen zwischen den einzelnen Schraubengängen stabilisiert.



Gerade bei der Helix stabilisieren aber auch die Kräfte (Kompartibilitäten) zwischen den Spiral-Gängen die Herausbildung einer Helix.

Sind diese von Spiral-Gang zu Spiral-Gang immer jeweils kompatibel, dann ist die Herausbildung der Helix energetisch vorteilhaft.

Helix und Faltblatt-Struktur machen die **Sekundär-Struktur** eines Proteins aus. Sekundär-Strukturen von Proteinen entstehen durch regelmäßige Anordnungen von Aminosäure(-Resten).

Die Sekundär-Struktur (2. Ordnungsstufe) wird durch die Eigenschaften der Reste und durch Wasserstoffbrückenbindungen stabilisiert.

Besonders deutlich wird dies bei der parallelen Aneinanderlagerung von zwei Faltblatt-Strukturen (praktisch schon nächste Ordnungsstufe – die Tertiär-Struktur).

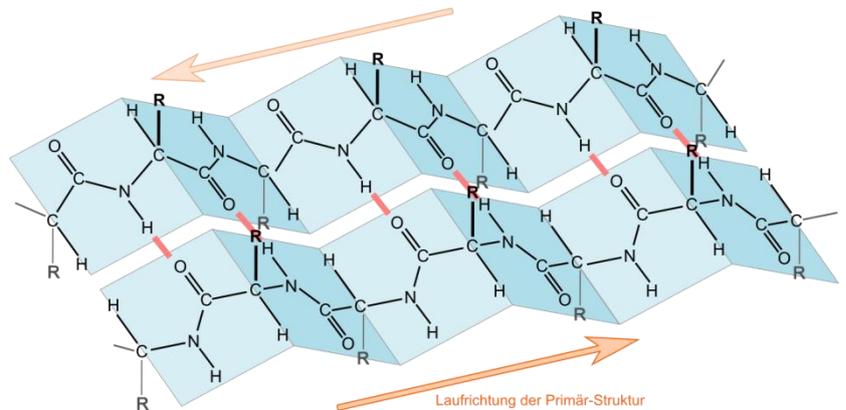
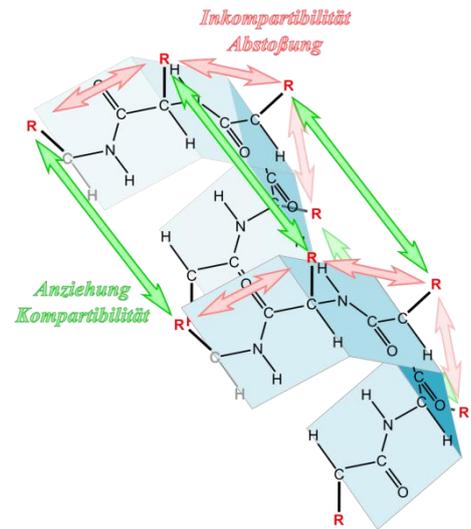
Nun liegen sich Peptid-Bindungen und verschiedene andere Reste so gegenüber (β -Mäander), dass sehr viele stabilisierende Brücken aufgebaut werden können.

Die Wasserstoffbrücken sind in der nachfolgenden Abbildung rötlich gekennzeichnet.

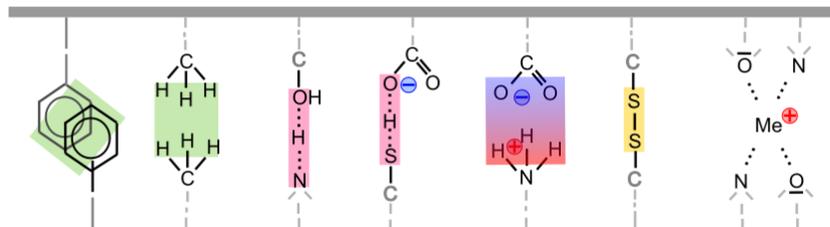
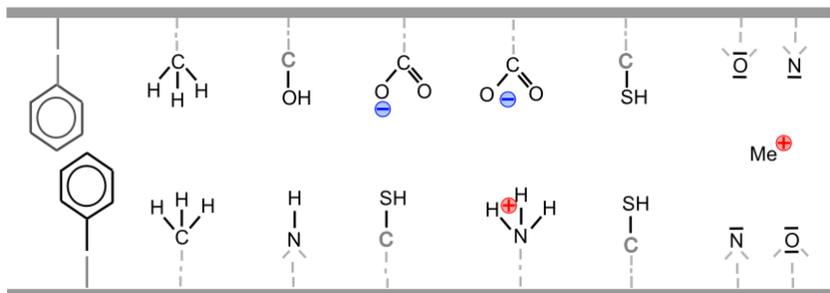
In der **Tertiär-Struktur** (Konformation, Ordnungsstufe Nr. 3) betrachtet man dann noch die innermolekularen Verbindungen und Reaktionen der verschiedenen Aminosäure-Reste. Unpolare Reste bauen über VAN DER WAALS-Kräfte (Adhäsions-Kräfte) noch recht lockere Brücken auf. Zwischen Gruppen mit Partial-Ladungen und angebondenem Wasserstoff können sich Wasserstoffbrückenbindungen ausbilden.

Saure Aminosäuren reagieren mit basischen unter Ausbildung von Ionenbeziehungen (Salze).

Sehr stabile Bindungen gehen schwefelhaltige Aminosäuren-Paare ein. Die gebildeten Disulfid-Brücken sind sehr fest. Metallorganische Komplexe, die sich meist an mehrfach koordinierten Stickstoff- oder Sauerstoff-Atomen bilden, tragen ebenfalls zur Stabilisierung der Tertiär-Struktur bei. Oft sind sie Teil des reaktiven Zentrums (aktives Zentrum) eines Enzyms.



Zusammenlagerung von zwei gegenläufigen Faltblatt-Strukturen



VAN DER WAALS-Kräfte Wasserstoff-Brücken-Bindungen polare Kräfte kovalente Bindungen koordinative Bindungen

maßgebliche Struktur-bildende Phänomene für die Tertiär-Struktur

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, Ribbons). Dabei stellt man sich das Rückgrat (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 molekulinternen 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.

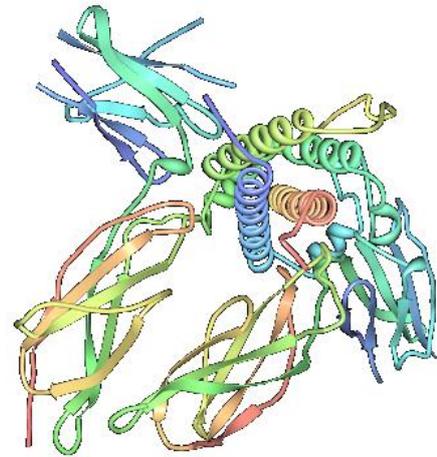
Für das Protein Hämoglobin – den menschlichen, roten Blutfarbstoff – sind die Strukturen sehr gut aufgeklärt:

Das funktionsfähige Hämoglobin (Quartär-Struktur) besteht aus 4 Untereinheiten (Tertiär-Strukturen).

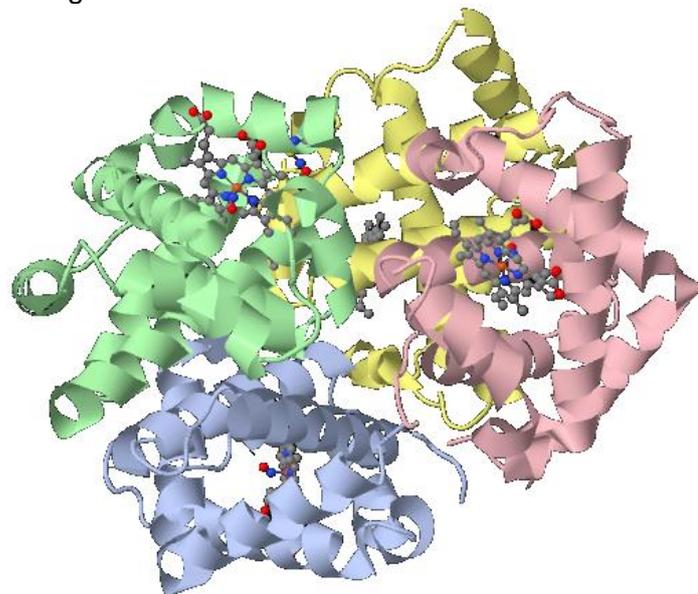
In der nebenstehenden Abbildung sind die einzelnen Bausteine mit verschiedenen Farben gekennzeichnet. Jede Tertiär-Struktur besitzt mehr oder weniger zentral die sogenannte Häm-Scheibe (in der Abb. als atomare Strukturen eingezeichnet).

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.). Die Häm-Scheibe selbst ist ein Nicht-Protein-Bestandteil (auch prosthetische Gruppe genannt).

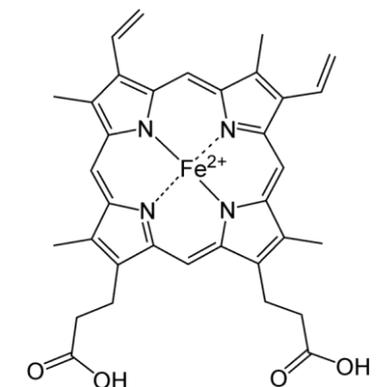
Chemisch gesehen ist die Häm-Scheibe ein Porphorin-Derivat. Das Porphorin selbst ist die Ring-artige Anordnung von vier Pyrrol-Ringen (heterocyclische Fünfer-Ringe um das Eisen-II-Ion. Die nach außen zeigenden Molekül-Anhänge sind in den einzelnen Tier-Gruppen leicht unterschiedlich. Sie stellen die Verbindung zum umliegenden Eiweiß-Anteil (Globin) des Hämoglobins her.



menschliches Wachstumshormon G
Q: www.rcsb.org



Q: www.rcsb.org

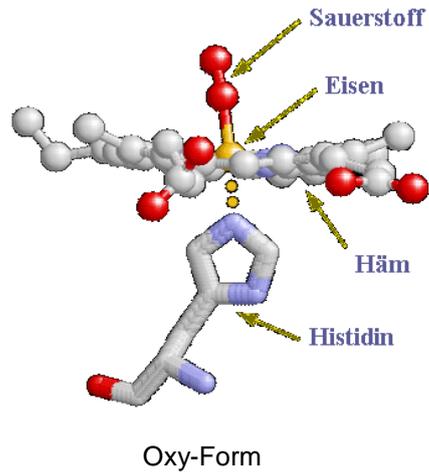
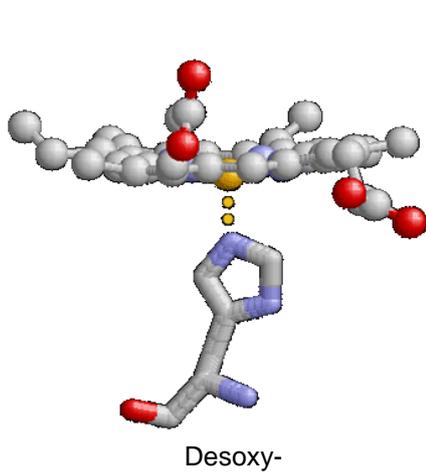


Häm-Scheibe
(Porphorin-Ring mit Eisen-Ion)
Q: de.wikipedia.org (Yikrazuul)



Zusatzinformation:

Das Eisen-Ion kann durch Kohlenmonoxid dauerhaft blockiert werden (feste Bindung, 26.000x stärker als O₂, im Prinzip irreversibel). Die Affinität des Eisen-Ions ist zu Kohlenmonoxid 325x größer, als zu Sauerstoff. Ist CO am Eisen gebunden, dann ist kein Sauerstoff-Transport mehr möglich.

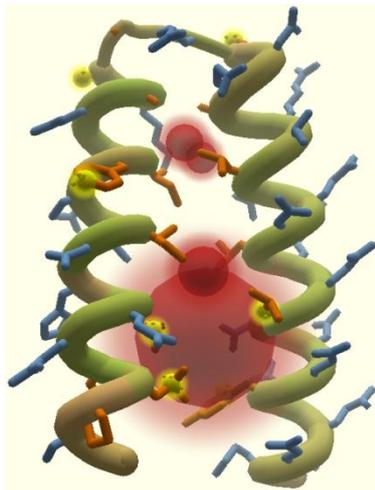


Q: www.rcsb.org (geänd. drews)

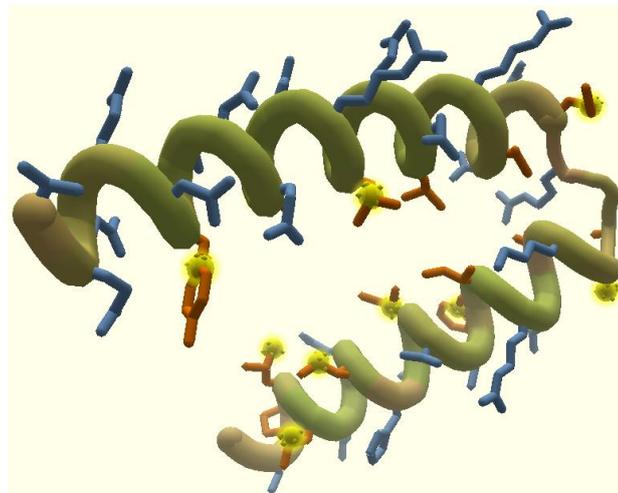
interessante Links:

<http://fold.it/portal>

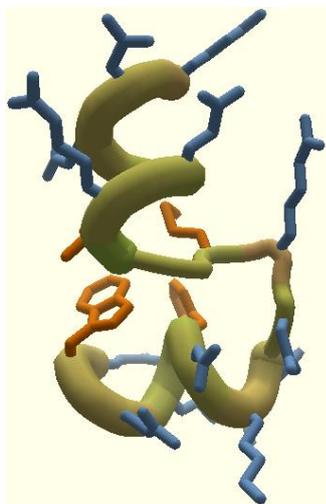
Informationen und ein download-bares Spiel zum Thema Proteinfaltung / Protein-Strukturen (ob das wirklich ein Spiel ist, sei dahingestellt; sehr gut ist aber der informative Charakter; einfach 3D-Manipulation von Peptiden und Strukturen möglich; leider nur englisch); es gibt ein deutsches Wiki (<http://de.foldit.wikia.com/wiki/Foldit>) mit vielen Informationen; Das Projekt soll u.a. dem Vergleich von menschlichen Lösungsstrategien und Computer-basierten Algorithmen dienen.



Beispiel-Protein aus fold.it mit verschiedenen "Problemen", die der Nutzer / Spieler lösen muß



gelöstes Problem – das Protein hat einen optimalen energetischen Wert



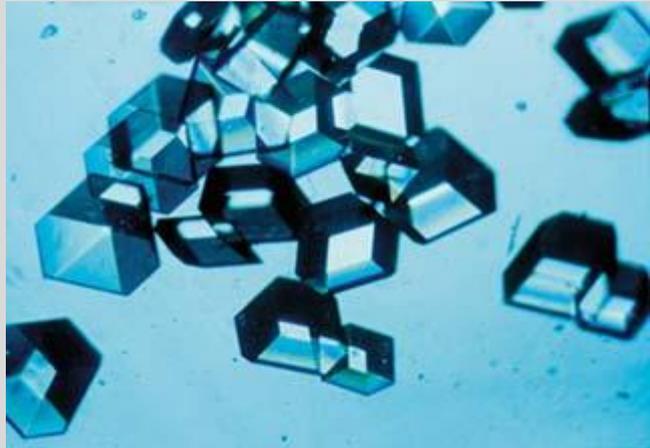
weiteres Beispiel-Protein mit verschiedenen (Strukturbestimmenden) Seitenketten

Exkurs: Struktur-Ebenen von Proteinen am Beispiel des menschlichen Insulin's

Gen auf Chromosom 11

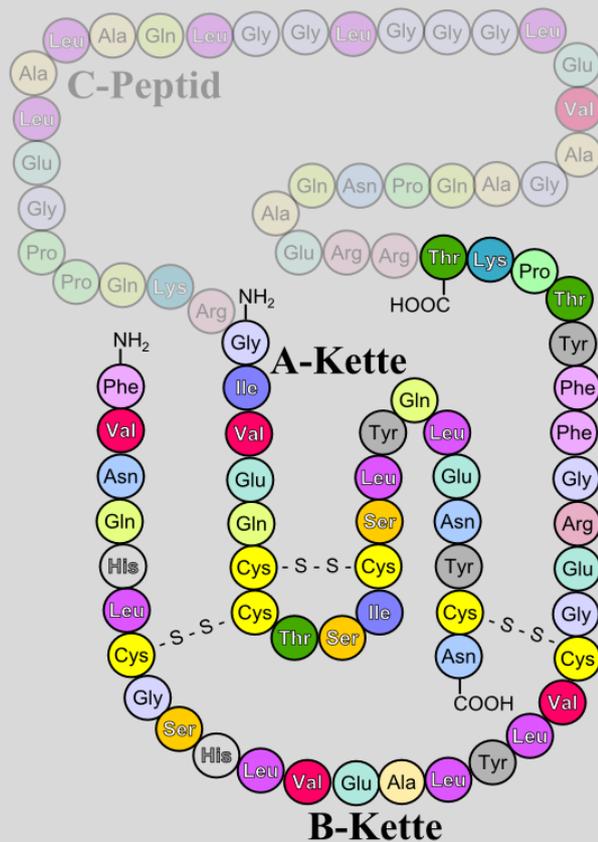
rund 300 Nucleotide

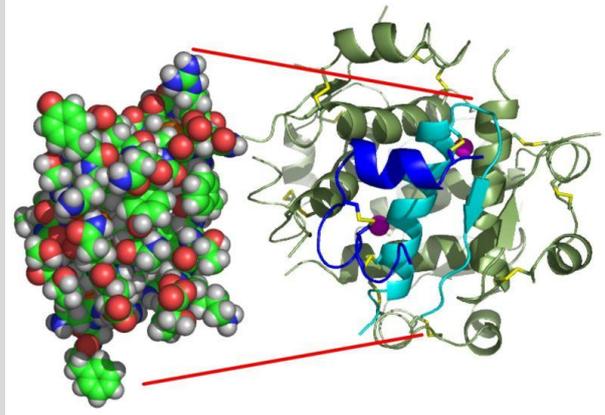
Produktion in den β -Zellen der LANGERHANSschen Inseln in der Bauchspeicheldrüse



Insulin-Kristalle

Q: de.wikipedia.org (US NASA (MARSHALL))

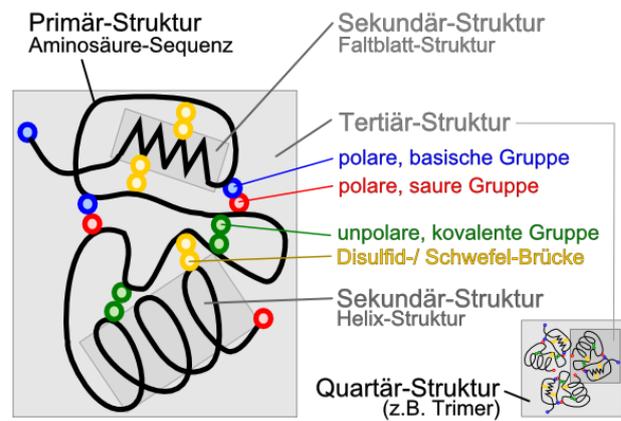




Monomer als Kalottenmodell
sowie Hexamer als Bändermodell
Q: de.wikipedia.org (Isaac Yonemoto)

Aufgaben:

1. Erläutern sie anhand der schematischen Abbildung die Struktur-Ebenen eines Proteins!



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:

A A A A	A A A B	A A A C	A A B A	A A B B	A A B C	A A C A	A A C B	A A C C
A B A A	A B A B	A B A C	A B B A	A B B B	A B B C	A B C A	A B C B	A B C C
A C A A	A C A B	A C A C	A C B A	A C B B	A C B C	A C C A	A C C B	A C C C
B A A A	B A A B	B A A C	B A B A	B A B B	B A B C	B A C A	B A C B	B A C C
B B A A	B B A B	B B A C	B B B A	B B B B	B B B C	B B C A	B B C B	B B C C
B C A A	B C A B	B C A C	B C B A	B C B B	B C B C	B C C A	B C C B	B C C C
C A A A	C A A B	C A A C	C A B A	C A B B	C A B C	C A C A	C A C B	C A C C
C B A A	C B A B	C B A C	C B B A	C B B B	C B B C	C B C A	C B C B	C B C C
C C A A	C C A B	C C A C	C C B A	C C B B	C C B C	C C C A	C C C B	C C C C

Aber sind das auch alles unterschiedliche Kombinationen, oder ist z.B. das Peptid **ABCA** gleich dem **ACBA**? Auf den ersten Blick sieht es so aus. Wenn man sich aber vergegenwärtigt, dass die Sequenz an dem einen Ende eine Aminogruppe und am anderen Ende eine Säuregruppe noch ungebunden hat, dann wird schnell klar, dass es wirklich verschiedene Peptide sind. In der Biologie werden die Peptide deshalb auch mit den freien Restgruppen geschrieben. Für unser Beispiel ergibt sich dann:



Es handelt sich also um zwei verschiedene Peptide und so verhält es sich bei allen obigen Kombinationen. Mathematisch berechnet sich die Anzahl der Möglichkeiten durch:

$$3 * 3 * 3 * 3 = 3^4 = 81 \quad \text{Anzahl_der_Aminosäuren}^{\text{Kettenlänge}} = \text{Anzahl_Eiweiße}$$

Für eine relativ kurze Kette mit nur 100 Aminosäuren beträgt die Zahl der möglichen Eiweiße schon:

$$20^{100} \approx 10^{130}$$

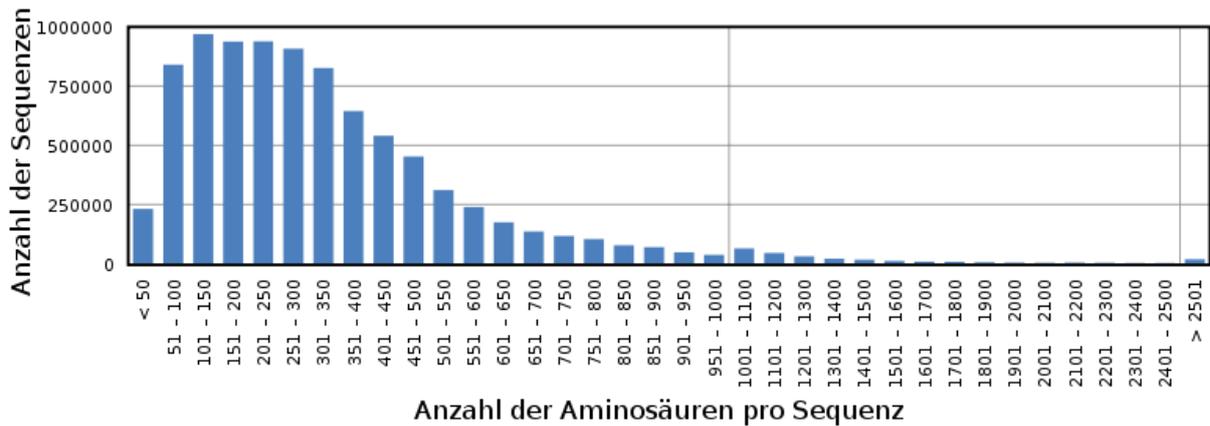
Die Zahl ist so groß, dass die Teilchen unseres bekannten Universums nicht ausreichen, um alle Kombinationen auch nur einmal nachzubauen. Daneben existieren aber auch noch mögliche Ketten mit 99, 98, 97, ... und auch mit 101, 102, 103, ... Gliedern.

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 entgeltliche Zahl noch weiter.

(Näheres finden Sie dazu im Script [Biologie – Genetik](#).)

Natürlich werden in der Natur nur "einige wenige" Millionen Kombinationen wirklich genutzt. Die meisten der – theoretisch möglichen – Peptide können entweder gar nicht weiter benutzt werden oder sie sind biochemisch inaktiv.

Einen ersten Eindruck über die wirkliche Zahl von Proteinen gibt vielleicht das folgende Diagramm. Hier wurde alle bekannten Proteine einer Protein-Datenbank ihrer Länge nach erfasst. Es wurde jeweils Gruppen von 50 Peptiden gebildet. Unsere berechnete Kette würde sich in der zweiten Gruppe (51 – 100 Aminosäure) befinden. In der Datenbank sind laut Diagramm für diese Gruppe rund 850'000 Proteine bekannt. Das wären also grob gerechnet 17'000 mit der exakten Länge von 100 Aminosäuren.



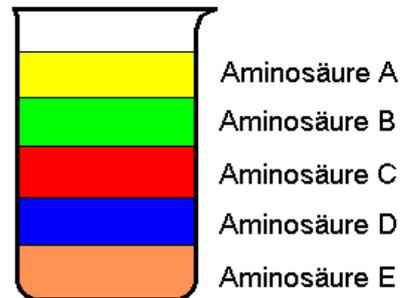
Häufigkeits-Verteilung (Histogramm) von bekannten Proteinen nach der Peptid-Kettenlänge
 Q: de.wikipedia.org (UniProtKB--TrEMBL Protein Datenbank)

Jeder Mensch enthält tausende verschiedener Eiweiße. Diese sind zu rund 94% so ähnlich, wie die vergleichbaren Proteine eines Haus-Schweins. Bei (nicht-verwandten) Menschen untereinander haben die Proteine eine Ähnlichkeit von 99%.

Jedes Eiweiß besitzt meist wenige – aber sehr spezielle – Funktionen / Aufgaben in unseren Zellen bzw. im Körper. Viele Eiweiße – vorrangig die globulären – sind Funktions-Eiweiße. 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 → [Biologie – Genetik](#))

Aufgaben:

1. In einem reichlich großen Reaktionsgefäß befinden sich 5 verschiedene Aminosäuren-Lösungen. Alles wird gründlich durchgemischt und es herrschen optimale Bedingungen zur Bildung von Peptiden. Wieviele verschiedene Dipeptide können nach ausreichender Zeit gefunden werden? Begründen Sie Ihre Vermutung!



2. Wieviele verschiedene Pentapeptide befinden sich nach ausreichender Zeit im Reaktionsgefäß? Erklären Sie, wie Sie auf Ihre Vermutung kommen!
3. Wieviele verschiedene Peptide insgesamt kann man nach ausreichender Zeit vorfinden?
4. Wie sehen die Zahlen aus, wenn statt den 5 Aminosäuren alle proteinogen vorhanden sind?

für die gehobene Anspruchsebene

5. Erstellen Sie ein grobes Diagramm in dem die Anzahl der Proteine je Peptid-Kettenlänge dargestellt wird! Der Nutzer soll also ablesen können, wieviele Proteine mit einer Länge von z. B. 238 Aminosäuren ungefähr bekannt sind.
6. Versuchen Sie mit Hilfe einer Tabellen-Kalkulation (z. B. EXCEL oder CALC) zu ermitteln, welche Kettenlängen, Spanne für ungefähr 80% der Proteine gilt! (einfache Lösung: von 0 beginnend; exakt vom Mittelwert ausgehend!)

Die Veränderung nur einer Aminosäure in einer Peptidkette kann für die Strukturierung (Sekundär- bis Quartär-Struktur) dramatische Folgen haben. Ursache für die veränderte Peptidkette ist zumeist eine Mutation. Es reicht hier schon die Veränderung eines "Buchstabens" im genetischen Code und es wird eine andere, als die sich über Millionen Jahre bewährte, Aminosäure eingebaut.

Da sich neben der Primär-Struktur auch die Sekundär- bis Quartär-Strukturen mehr oder weniger stark ändern, können die "mutierten" Proteine ihre natürliche (übliche) Funktion nicht mehr, wie gewohnt erfüllen. Zumeist verschlechtert sich die Situation in der Zelle. Die Zelle hat es mit Über- oder Unter-Funktionen zu tun, die den Stoffwechsel belasten.

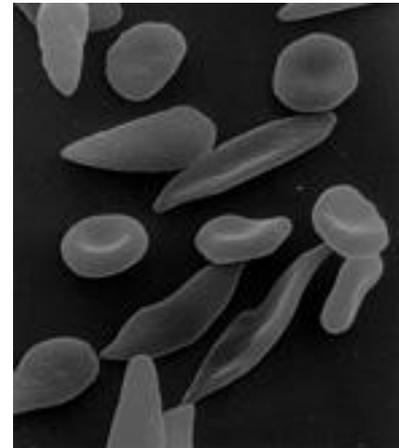
Eines der bekanntesten Beispiel für eine kleine – aber sehr dramatische – Veränderung ist die Sichel-Zellen-Anämie. Bei dieser besitzen die roten Blutkörperchen eine untypische Sichel-Form (normal: eingedrückt Linsenförmig). Ursache ist veränderte Protein-Struktur des Hämoglobins durch nur eine einzige geänderte Aminosäure in einer der Peptid-Ketten.

Ganz konkret ist es die Aminosäure Valin, die statt Glutaminsäure an der Position 6 in der Peptid-Kette des β -Proteins sitzt.

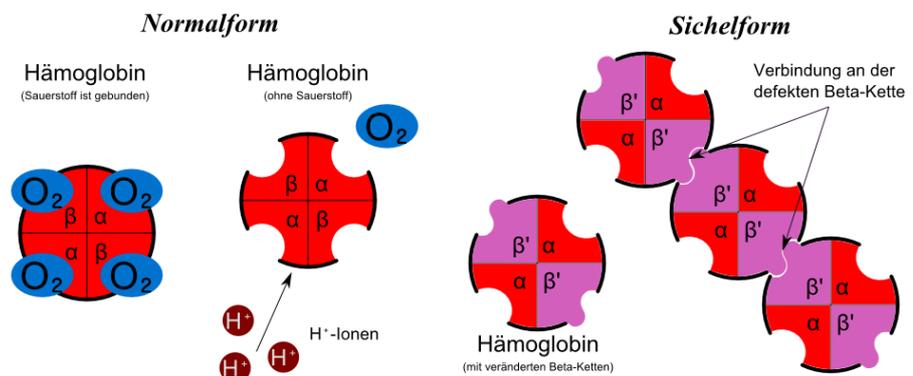
Die Form-Veränderung des roten Blutkörperchens wäre sicher leicht zu verschmerzen. Aber das "mutierte" Hämoglobin kann nicht so viel Sauerstoff transportieren, wie das "normale". Grund dafür ist eine Verklumpung (Polymerisierung) der mutierten β -Einheiten untereinander.

Die Träger haben eine deutlich verringerte Leistungsfähigkeit und sterben (im homozygoten Fall (Mutter und Vater haben das mutierte Gen vererbt)) meist schon vor der Geschlechts-Reife.

Hat nur einer der Eltern das mutierte Gen für das nicht-funktionierende Hämoglobin vererbt, dann sind die Träger zwar weniger Leistungsfähig, aber sie sind auch immun gegen Malaria. Dies ist auch der entscheidende Grund dafür, dass diese Mutation nicht schon über die letzten hunderttausende bis Millionen Jahre ausgeremert wurde.



natürliche und mutierte Rote Blutkörperchen
Q: de.wikipedia.org (NIDDK)



Q: de.wikipedia.org (Jan path) + geänd.: dre

3.3.3. Eigenschaften der Eiweiße

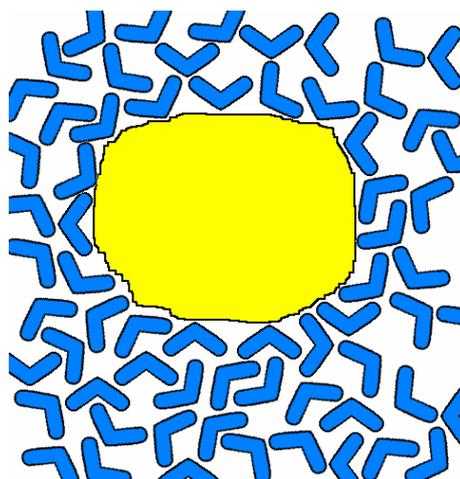
3.3.3.1. Allgemeine (physikalische und chemische) Eigenschaften der Peptide und Eiweiße

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.

Auch Eiweiße haben einen isoelektrischen Punkt. Prinzipiell gelten die oben gemachten Aussagen zu den Aminosäuren auch für die Eiweiße.

Eiweiß	isoelekt. Pkt. [pH]
a-Casein (Rind)	4,0
Hühner-Ei-Albumin	4,9
Gersten-Albumin	5,8
Weizen-Gliadin	6,5

Eiweiß	isoelekt. 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. Verhalten von Proteinen unter veränderten Bedingungen und / oder Lösungs-Zusätzen (Denaturierung der Eiweiße)

Bei höheren Temperaturen, Strahlung und hohem Druck entknäulen oder verknäulen die Eiweiße immer stärker. Dadurch verlieren die Eiweiße ihre Eigenschaften - sie können ihre natürlichen Aufgaben nicht mehr erfüllen.

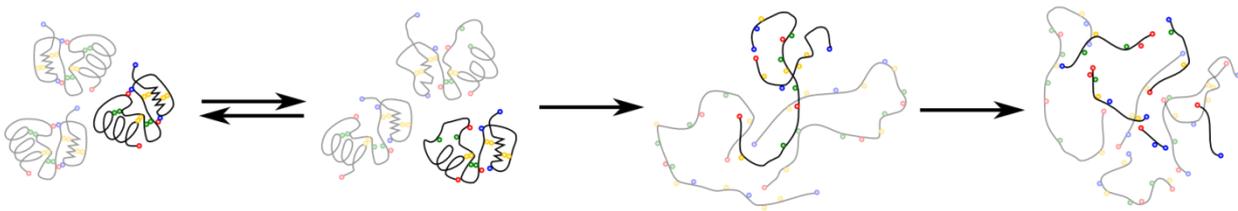
Man spricht deshalb auch von Denaturierung oder Gerinnung. Auch durch Ultraschall, saure, basische oder salzige Lösungen können Eiweiße denaturieren.

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. Die Bewegung der einzelnen Abschnitte gegeneinander ist aber noch durch feste Bindungen, wie z.B. die Disulfid-Brücken behindert. In dieser Phase ist die Denaturierung noch umkehrbar (**reversibel**). Kühlt man z.B. ab, dann können sich die passenden Bindungen wieder passend zueinander anordnen und die ursprüngliche (natürliche) Form wiederherstellen.

Bei weiterer Energiezufuhr lösen sich auch die festeren Kontaktstellen und die funktionierende Eiweiß-Struktur geht verloren und ist nur noch sehr selten wieder regenerierbar. Ab hier ist die Denaturierung i.A. **irreversibel** (nicht umkehrbar).

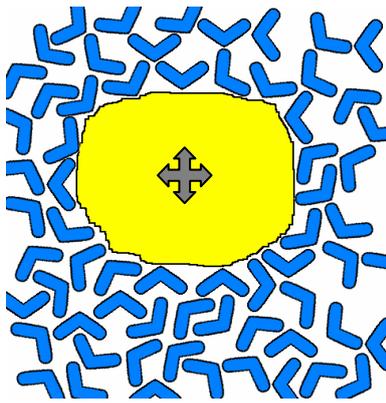
Die Peptidketten liegen letztendlich in lang gestreckter Form in der Lösung (Zellsaft, Kochwasser, ...) vor. Die Peptidketten verwirren sich mit anderen. Andere Peptidketten brechen.



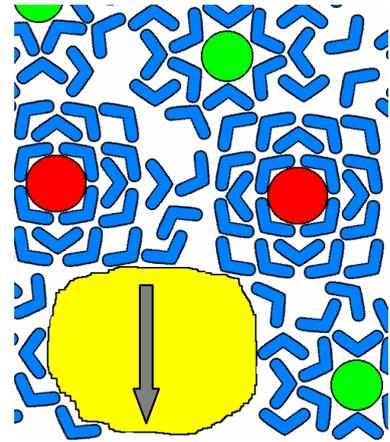
Noch weiter zugeführte Energie macht nun auch das Knüpfen neuer chemischer Bindungen möglich. Nicht zueinander gehörende Peptidketten verbinden sich an irgendwelchen zufälligen Stellen. Die neuen Kontaktstellen sind z.T. chemisch wieder sehr fest. Das Geflecht aus verwirrten Peptidketten wird durch diese Kontaktstellen verfestigt. Als Ergebnis erhält man geronnenes (od. auch gestocktes) Eiweiß in fester Form. Weitere und / oder höhere Energie-Zufuhr bewirkt dann eine nachhaltige Zerstörung der Peptid-Ketten. Eiweiße, die ev. zwischenzeitlich durch Wärme fester geworden sind, werden an dieser Stelle nun weich und zerfallen zusehend.

Beim Schlagen von Eiklar (Eiweiß) werden die enthaltenen Albumine (relativ kleine, Wasser-lösliche Proteine) entfaltet. Sie verbinden sich zu neuen Netzwerken, welche die Luft-Bläschen fest umschließen. Die meisten Albumin-Peptid-Ketten bleiben in der unnatürlichen Form – sie sind denaturiert. Nur wenige entfaltete Albumine können sich wieder zurück-falten und so fast wieder die ursprüngliche – natürliche – Form einnehmen. Sie setzen sich dann z.B. nach kurzer Zeit unterhalb des Ei-Schnees ab. Die Konsistenz dieser Protein-Lösung entspricht nicht mehr der normalen Eiklar-Struktur.

Etwas anders verläuft die Denaturierung durch chemische Substanzen. Durch die Vielzahl der chemischen Substanzen sind verschiedene Mechanismen der Denaturierung möglich. In einfachen Fällen verlieren die schwimmenden Eiweiß-Moleküle einfach ihre Schwimmfähigkeit (Ausfällung, reversible / umkehrbare Denaturierung). 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 nicht geht. Vielmehr schwimmen die Moleküle im Wasser. Diese kolloidale Lösung wird durch bestimmte Zusätze - z.B. Säuren, Basen, bestimmte Salze, 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 (Ausfällung). Andere Eiweiße schwimmen abhängig von ihrer Dichte auf der Oberfläche (man spricht hier auch von einer Ausfällung).

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).

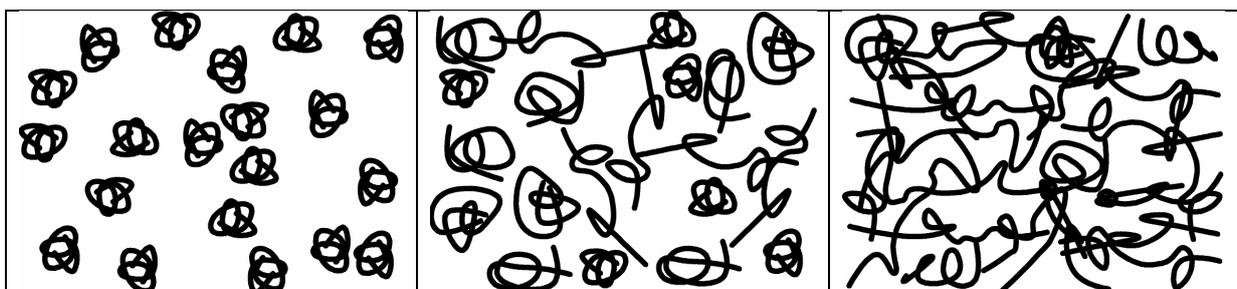
Die Schwefelbrücken (Tertiärstruktur) zwischen den verschiedenen Abschnitten der Polypeptide werden schon bei Temperaturen ab 74 °C zerstört. Dabei bildet sich Schwefelwasserstoff – ein stark riechendes Gas (Verwesungsgeruch).

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 (Cupfer, Silber, Eisen) 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.

Aufgaben:

1. Erläutern Sie den Ablauf und wesentliche Vorgänge der Denaturierung anhand der folgenden Abbildungen!



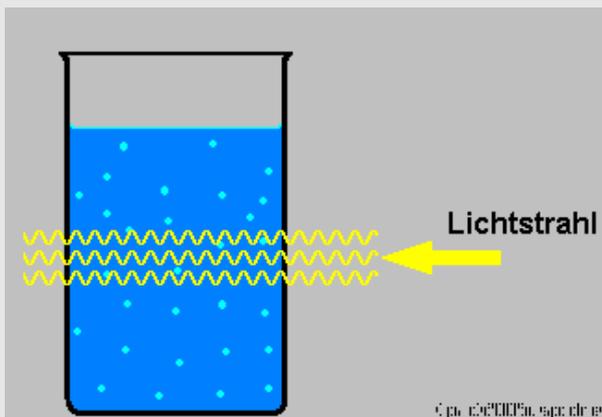
Exkurs: kolloidale Lösungen und der TYNDALL-Effekt

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 ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$; frühere Angabe: 100 – 1000 Å (ÅNGSTRÖM)). Kolloide sind für feste, flüssige und gasförmige Dispersionen bekannt. Die dispergierten Stoffe können ebenfalls in den drei Aggregatzuständen vorliegen.

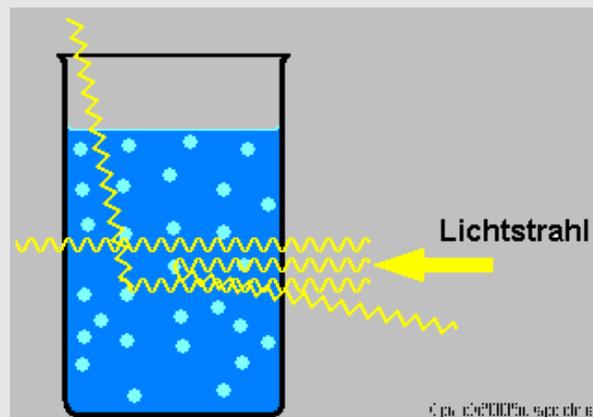
Dispers	Dispersionmittel		
	fest	flüssig	gasförmig
fest	festes Sol z.B.: schwarzer Diamant	(flüssiges) Sol z.B.: Gold-Wasser	Rauch od. festes Aerosol
flüssig	feste Emulsion z.B.: Butter	Emulsion z.B.: Milch	flüssiges Aerosol z.B.: Nebel
gasförmig	fester Schaum z.B.:	gasförmiger Schaum	Gasgemisch z.B.: Luft

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 **kolloidalen Lösungen** (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, anrühig). Die Tröpfchen sind so groß, dass sie Licht-Strahlen sichtbar reflektieren (TYNDALL-Effekt).

Aufgaben:

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 **TYNDALL-Effekt** nach!
3. Versuchen Sie den Louche-Effekt durch Verdünnung eines Uozo zu erzielen! Prüfen Sie ebenfalls auf den **TYNDALL-Effekt**!

3.3.3.2. Biologische Eigenschaftung der Eiweiße und ihre Bedeutung

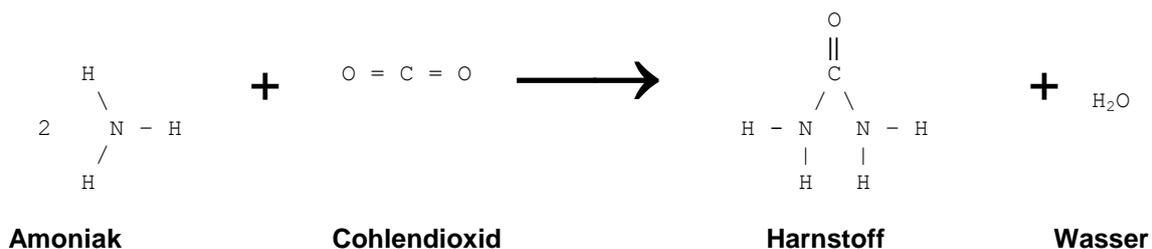
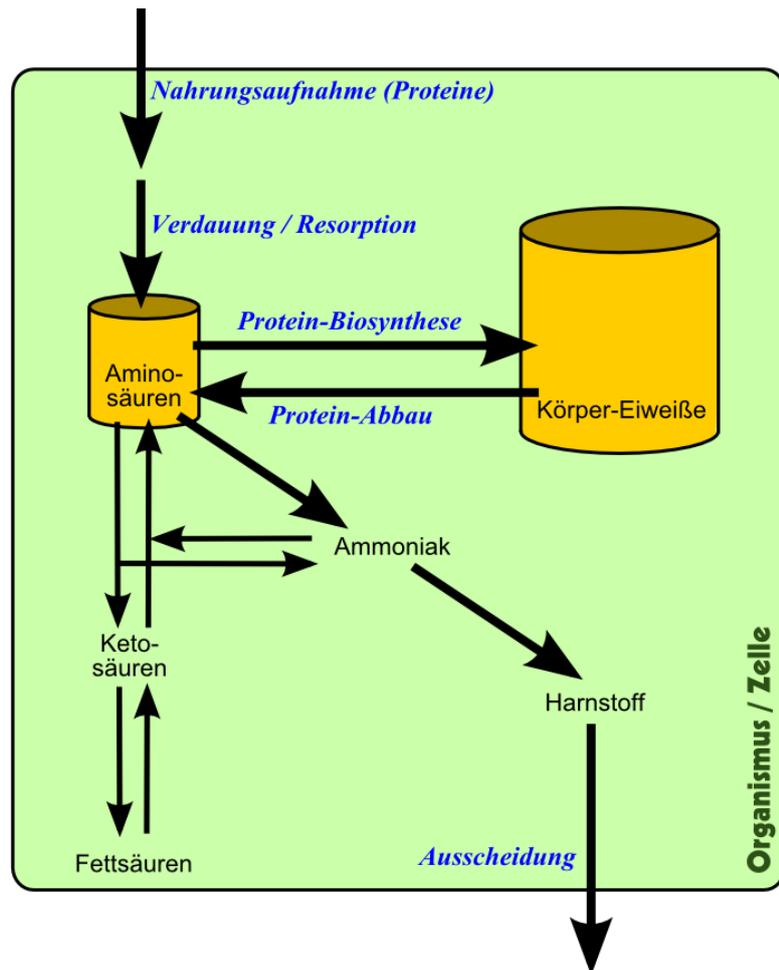
Eiweiße aus unserer Nahrung werden bei der Verdauung in ihre Bauteile - die Aminosäuren - zerlegt. Nur diese können vom Darm aufgenommen werden. Außerdem können die Zellen die Aminosäureketten anderer Lebewesen nicht zur Herstellung der individuellen Eiweiße nutzen. Die freigesetzten Aminosäuren werden 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 genannt worden.

Der Abbau der Eiweiße über die Aminosäuren erzeugt am Ende sehr giftiges Ammoniak.

Über die Reaktion mit dem Abfallprodukt Kohlendioxid aus der Zellatmung wird relativ ungiftiger Harnstoff gebildet.



Dieser wird dann vorrangig mit dem Urin ausgeschieden. In den Zellen wird Harnstoff nicht direkt aus Ammoniak und Kohlendioxid gebildet, wie es die obige chemische Gleichung suggeriert. Für die Biosynthese von Harnstoff sind innerhalb des Harnstoff-Cyclus (Ornithin-Cyclus; KREBS-HENSELEIN-Cyclus) mehrere verschiedene Enzyme als Katalysatoren aus den Mitochondrien und dem Zellplasma notwendig.

Neben Ammoniak wird auch Schwefelwasserstoff bei der Zersetzung von Schwefelhaltigen Aminosäuren frei. Ammoniak und Schwefelwasserstoff machen den üblen Geruch von faulenden und sich zersetzenden Eiweißen aus.

Lässt man z.B. Wild oder Rinder-Fleisch zu lange abhängen, dann bildet sich ein leicht ammoniakalischer Geschmack, der "Haut gout" (frz.; sprich: "ot gu") genannt wird. Früher wurde der überreife Geschmack dann durch eine passende Zubereitung (z.B. Würzen) korrigiert oder kasschiert.

Mit höherem Ammoniak-Gehalt geht aber auch eine höhere Konzentration an anderen giftigen Eiweiß-Abbau-Produkten einher. Solche verdorbenen Eiweiße können schwere Vergiftungen erzeugen.

	Protein-Bedarf [g / d * kg [Körpermasse]]			
Säugling	3			
Kleinkind	2			
Schüler	1,8			
Jugendliche(r)	1,2 – 1,5			
Erwachsene(r)	0,9 – 1,0			
Leistungssportler				

Biologische Verwertung von Eiweißen

Für jede Aminosäure haben wir einen unterschiedlichen – ganz speziellen – Bedarf. Angegeben wird dieser allgemein immer bezogen auf das Kilogramm Körpermasse.

Am Günstigsten wäre natürlich eine Nahrungsaufnahme, die genau die richtigen Aminosäuren zur Verfügung stellt. Dies kann man nicht erwarten, da zum der Bedarf u.a. auch vom:

- Geschlecht
- Entwicklungsstand
- Gesundheitszustand
- Alter
- Schwangerschaft

usw. abhängt.

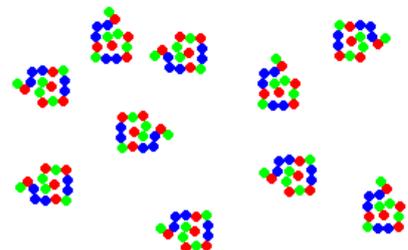
Jede Nahrung hat zudem ihre eigene – ganz spezielle Zusammensetzung – was ja auch ihren charakteristischen Geschmack usw. usf. ausmacht. Selten sind genau die richtigen Aminosäuren auch im richtigen Mengen-Verhältnis für uns Menschen enthalten.

Betrachten wir ein einfaches Beispiel, um uns das Grundproblem anzusehen. Ein Mensch benötigt für ein eigenes Eiweiß 3 verschiedene (essentielle!) Aminosäuren (unterste Abb.). Wir benennen sie mit **A**, **B** und **C**. Der Einfachheit halber sollen im fertigen Eiweiß immer genau 10x **A**, 10x **B** und 10x **C** eingebaut sein. Ein optimales Nahrungs-Eiweiß (oberste Abb.) sollte also genau in dieser Zusammensetzung auch die Aminosäuren **A**, **B** und **C** enthalten. In unserem Beispiel enthalten die Nahrungs-Eiweiße jeweils immer je 5 der Aminosäuren **A**, **B** und **C**.

Nahrung:

10 Moleküle
Fremd-Eiweiß
mit je 5x Amino-
säure **A**, **B** und **C**

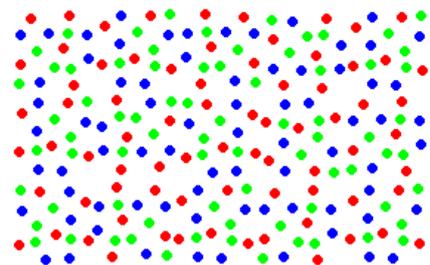
insgesamt:
50 A, 50 B, 50 C



im Darm:

alle Eiweiße in die
Aminosäuren zer-
legt

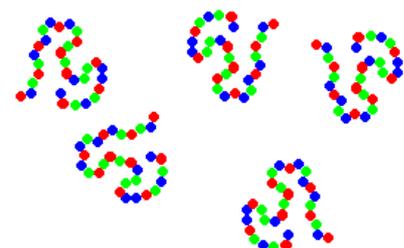
insgesamt:
50 A, 50 B, 50 C



im Körper:

5 Moleküle Kör-
per-Eiweiß mit je
10x Aminosäure
A, **B** und **C**

insgesamt:
50 A, 50 B, 50 C



Nach der Zerlegung im Verdauungstrakt und der Resorption in den Körper stehen die Aminosäuren für die Produktion des Körper-eigenen Eiweißes zur Verfügung. In der Biosynthese (Translation) werden die (Körper-eigenen) Eiweiße nach dem Zell-eigenen genetischen Programm (Gene) zusammengestellt. Die fertigen Eiweiße enthalten nun zwar die gleichen Aminosäuren, aber in anderer Anzahl und in einer anderen Reihenfolge (siehe auch → [3.3.2.4. Die Vielfalt der Eiweiße](#)). Betrachten wir nun den Fall, dass ein weiteres Eiweiß mit als Nahrung dient.

Es unterscheidet sich in der Zusammensetzung nur unwesentlich von unserem obigen Beispiel. Bei einigen Molekülen (hier: 5) ist einmal die Aminosäure C gegen A ausgetauscht. Praktisch sind es also zwei verschiedene Eiweiße in der Nahrung.

Dies scheint erst einmal völlig unspektakulär zu sein. Auch nach der Zerlegung im Magen-Darm-Trakt lässt sich kein wesentlicher Unterschied erkennen.

Der Aufbau der Körper-eigenen Eiweiße stößt aber auf ein Problem. Da nur noch 45 Moleküle von der Aminosäure C vorhanden sind, lässt sich das letzte Körper-Eiweiß nicht mehr aufbauen. Der Überschuss an der Aminosäure A (hier jetzt: 15x) kann das Defizit nicht ausgleichen.

Kommt eine Aminosäure nicht in der richtigen Menge in der Nahrung vor, dann sprechen wir von einer limitierenden Aminosäure.

Ihr Anteil begrenzt die Produktion eines oder mehrerer Körper-Eiweiße.

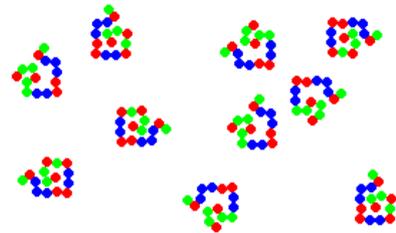
Aus dem vereinfachten Modell können wir auch erkennen, dass der Überschuss an anderen Aminosäuren überhaupt nicht interessiert.

Wenn ein einzelner Faktor das endgültige Geschehen durch seine Mindermenge begrenzt, dann sprechen wir vom Minimum-Gesetz. Das Minimum-Gesetz gilt beim Menschen z.B. bei den essentiellen Aminosäuren.

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 verschiedenen langen Leisten gebaut. Wird wenig Wasser eingefüllt, spielt die Länge der Leisten keine Rolle. Erst wenn man versucht mehr einzufüllen, wird man den begrenzenden Faktor erkennen. Die kürzeste Leiste bestimmt die maximale Füllhöhe. Das überschüssige Wasser läuft über und ist eigentlich schon beim Eingießen verschwendet.

Nahrung:

5 Moleküle Fremd-Eiweiß mit je 6x Aminosäure A, 5x B und 4x C und 5 Moleküle Fremd-Eiweiß (original) mit je 5x Aminosäure A, 5x B und 5x C

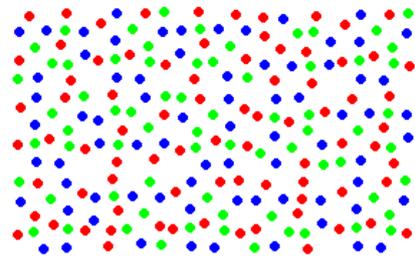


insgesamt:

55 A, 50 B, 45 C

im Darm:

alle Eiweiße in die Aminosäuren zerlegt

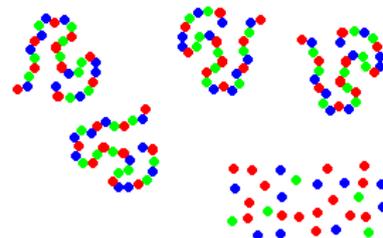


insgesamt:

55 A, 50 B, 45 C

im Körper:

4 Moleküle Körper-Eiweiß mit je 10x Aminosäure A, B und C

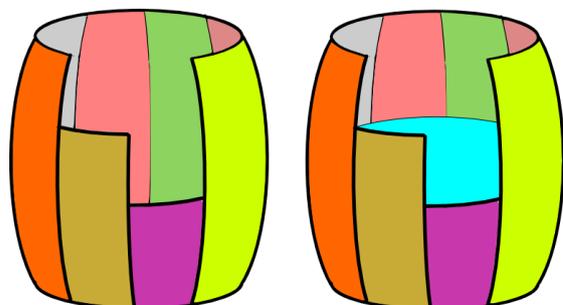


insgesamt:

40 A, 40 B, 40 C

Rest:

15 A, 10 B, 5 C



Die Bottich-Leisten im Modell verdeutlichen die zugeführten Aminosäuren. Zur Vereinfachung ist der Bedarf aller essentiellen Aminosäuren auf 100% (= Fasshöhe) normiert. Die kleinste Leiste (violett) bestimmt die Wasserhöhe (mögliche Eiweiß-Produktion). Ob die anderen Leisten bis zum Optimum (oberer Faß-Rand) gehen oder darüber hinaus, spielt für die Füllhöhe keine Rolle.

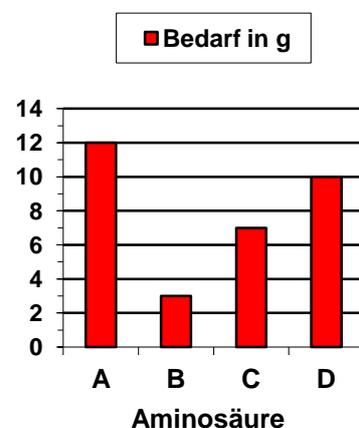
Aufgaben:

1. Suchen Sie praktische Anwendungen und Realisierungen des Minimum-Gesetzes!
2. Gilt das Minimum-Gesetz eigentlich auch für alle Aminosäuren? Begründen Sie Ihre Meinung!
3. Bei den Fetten und Kohlenhydraten haben wir das Minimum-Gesetz überhaupt nicht betrachtet. Spielt das Gesetz dort keine Rolle?

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. Erinnerung sei hier z.B. an die Melanin-Mangel-Krankheit **Albinismus**. Ein krankhafter Eiweiß-Stoffwechsel kann u.U. mit Medikamenten beeinflusst werden.

Da wir uns von verschiedenen Pflanzen- oder Tierarten ernähren, ist ein Mangel eher 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 und Tag)



Protein Efficiency Ratio (PER); Eiweiß-Effizienz-Verhältnis (EEV)

$$PER = \frac{\text{neugebildeteMasse[Körper-Eiweiß]}}{\text{aufgenommeneMasse[Test-Protein]}}$$

Protein	PER
Casein	2,5

Net Protein Utilization (NPU); Netto-Protein-Umsatz (NPU)

$$NPU[\text{Protein}] = \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I} \cdot 100$$

I ...
F ...
F₀ ...
U ...
U₀ ...

$$NPU[\text{Protein}] = \frac{\text{retinierterStickstoff}}{\text{konsumierterStickstoff}} \cdot 100$$

Protein	NPU

Verwendung des obigen Formelansatzes für die Biologische Wertigkeit (Biological Value, BV) eines Proteins:

$$BV[\text{Protein}] = \frac{I - (F - F_0) - (U - U_0)}{I - (F - F_0)} \cdot 100$$

I ...
F ...
F₀ ...
U ...
U₀ ...

$$BV[\text{Protein}] = \frac{\text{retinierterStickstoff}}{\text{absorbierterStickstoff}} \cdot 100$$

Essential Amino Acid Index

Beim **Essential Amino Acid Index (EAA-Index, EAAl)** 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.

Aminosäure	Menge im Voll-Ei
Isoleucin	8,8
Leucin	10,6
Lysin	6,9
Methionin	6,1
Phenylalanin	7,3
Threonin	5,1
Tryptophan	1,8
Valin	10,2

$$EAA - Index = \frac{AS_A[Probe]}{AS_A[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_B[Probe]}{AS_B[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_C[Probe]}{AS_C[Voll - Ei]} \cdot \dots \cdot \frac{AS_H[Probe]}{AS_H[Voll - Ei]}$$

für die Aminosäuren A .. H (die 8 essentielle Aminosäuren (s.a. Tabelle))

Hinweis: Die nachfolgend verwendete Formel gilt nur für das 4-Aminosäure-Beispiel in diesem Skript! Für eine reale Rechnung müssen alle essentiellen Aminosäuren betrachtet werden!

$$EAA - Index = \frac{AS_A[Probe]}{AS_A[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_B[Probe]}{AS_B[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_C[Probe]}{AS_C[Voll - Ei]} \cdot \frac{AS_D[Probe]}{AS_D[Voll - Ei]}$$

Bei einer optimalen – Bedarfs-deckenden – Ernährung ergibt sich:

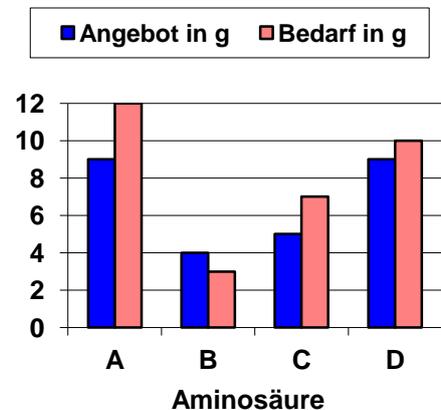
$$EAA - Index = \frac{12}{12} \cdot \frac{3}{3} \cdot \frac{7}{7} \cdot \frac{10}{10} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0$$

$$EAA - Index = 1,0$$

Enthält nun z.B. eine Nahrung die nebenstehenden Mengen, dann würde sich der EAA-Index so er-rechnen:

$$EAA - Index = \frac{9}{12} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{5}{7} \cdot \frac{9}{10} = 0,75 \cdot 1,33 \cdot 0,7 \cdot 0,9$$

$$EAA - Index = 0,63$$



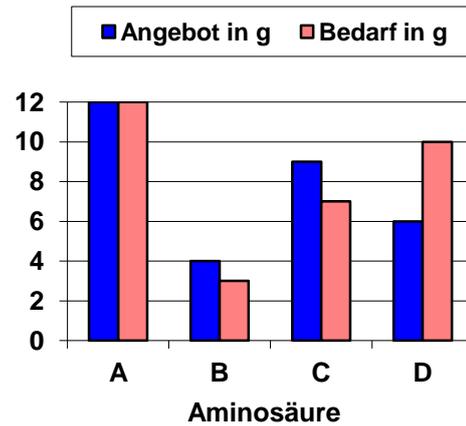
Der Mangel an drei – der Beispiel-Aminosäuren – schlägt sich also in einem Wert deutlich unter dem Idealwert 1,0 nieder. Für den Fall, dass von allen essentiellen Aminosäuren zuviel aufgenommen werden, ergeben sich EAA-Indexe, die über 1,0 liegen.

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:

$$EAA - Index = \frac{12}{12} \cdot \frac{4}{3} \cdot \frac{9}{7} \cdot \frac{6}{10} = 1,0 \cdot 1,33 \cdot 1,3 \cdot 0,6$$

$$EAA - Index = 1,03$$

Da der EAA-Index jetzt gut über dem Idealwert liegt, bekommt man den Eindruck, alles wäre super. Wie wir aber schon gesehen, hat die Beispiel-Aminosäure D hier einen limitierenden Effekt, der durch den guten EAA-Index nicht mehr ersichtlich ist.



Aufgaben:

1. Stellen Sie die Formel zur Berechnung des exakten EAA-Index auf!
2. (Errechnen Sie die notwendigen Aminosäure-Mengen für alle Aminosäuren für eine Person mit einer Masse von 70 kg!)
3. Wiederholen Sie die Verdauung von Eiweißen im Magen-Darm-Trakt!

Chemical Score (CS) / Aminoacid Score (AAS)

Beim Chemical Score werden im Vergleich zum EAA-Index immer nur einzelne (essentielle) Aminosäuren betrachtet. Es handelt sich um einen typischen physikalisch-chemischen Labor-Test-Wert ohne wirkliche Beziehungen zur Ernährungslehre oder biologischen Vorgängen (wie z.B. die Resorption):

$$ChemicalScore = \frac{Masse[AS]proGramm[Test-Protein]}{Masse[AS]proGramm[Vergleichs-Protein]} \cdot 100$$

$$ChemicalScore = \frac{prozentualerGehaltAminosäure[Test-Protein]}{prozentualerGehaltAminosäure[Vergleichs-Protein]} \cdot 100$$

Für die Bewertung eines Proteins muss außer dem eigentlichen CS auch noch ermittelt werden, welche Aminosäure limitierend wirkt.

U.U. kann der CS einer Aminosäure eines Proteins über der, des Referenz-Proteins liegen (CS > 100)

Biologische Wertigkeit (BW); Biological Value (BV)

Einen etwas anderen und mehr Problem-orientierteren 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 jeweils 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.

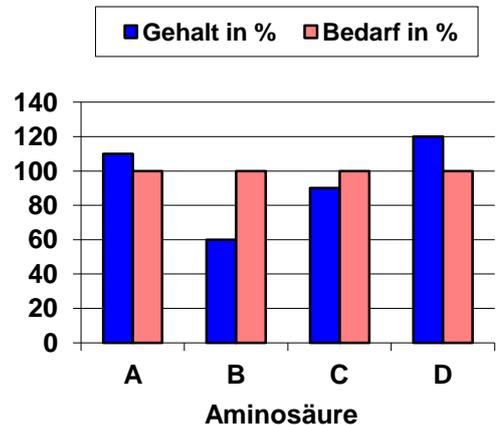
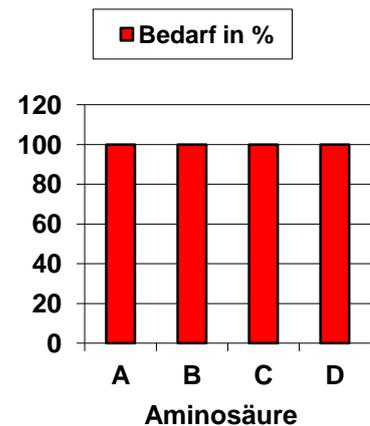
Ist aber eine der Aminosäuren essentiell, dann bleibt nur die vermehrte Nahrungsaufnahme. Die Nach- od. Neu-Bildung ist in unserem Körper nicht möglich.

Eine vermehrte Nahrungs-Aufnahme ist aber immer bedenklich. Man denke an die anderen Stoffe (z.B. Fette), die nun ebenfalls im Überschuß mitaufgenommen werden.

Wie schon mehrfach betont, betrachten wir ja nur essentielle Aminosäuren. Damit ergibt sich für unser Beispiel, dass nur 60 % der Nahrungs-Aminosäuren zur Bildung von Körper-eigenen Proteinen genutzt werden können. Die Aminosäure B wirkt hier limitierend. Gleiches gilt praktisch auch für Aminosäure C mit 90 % Bedarfs-Deckung. Resultierend aus dem Minimum-Gesetz begrenzt aber Aminosäure B alles insgesamt auf 60 %.

Die **biologische Wertigkeit** gibt als Maß genau diesen Sachverhalt wieder. Sie gibt den prozentualen Anteil des nutzbaren Eiweißes an. In unserem Beispiel also die 60 %. 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 nur 50 g Körpereiwweiß produziert werden. Die überschüssigen Aminosäuren können dann nur veratmet werden.



$$\text{Biologische Wertigkeit} = \frac{\text{retinierter Stickstoff}}{\text{absorbierter Stickstoff}} \cdot 100$$

retinierter Stickstoff ... im Körper zurückgehaltener Stickstoff
 absorbierter Stickstoff ... nach der Protein-Verdauung im Blut vorhandener Stickstoff

Die klassischen Untersuchungen von THOMAS basieren auf Tier-Studien. Sie können damit nur Anhalts-Werte liefern.

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%

Nun ist aber eine einseitige Ernährung eher 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.

Aminosäure (essent.)	Hühner-Ei	Kartoffeln	Rindfleisch			
Isoleucin	8,8	0,7	11,4			
Leucin	10,6	1,0	18,9			
Lysin	6,9	1,0	16,2			
Methionin	6,1	0,3	5,1			
Phenylalanin	7,3	0,7	9,9			
Threonin	5,1	0,6	9,6			
Tryptophan	1,8	0,3	2,6			
Valin	10,2	0,9	13,7			

Datenquelle(n): /23, S. 115/

KOFRÁNYI und SUMMER führten eine abgewandelte Formel zur Berechnung der Biologischen Wertigkeit eines Proteins ein. Sie orientierten sich als Referenz am Voll-Ei und setzten dies quasi auf 100 % (Vergleichs-Protein; Referenz-Protein).

$$BiologischeWertigkeit = \frac{StickstoffBilanzMinimum [Voll-Ei]}{StickstoffBilanzMinimum [Test-Protein]} \cdot 100$$

Unter dem Bilanz-Minimum versteht man die geringstmögliche Menge Stickstoff, welche in einem Stickstoff-Gleichgewicht (Aufnahme = Abgabe) aufrechterhalten werden kann.

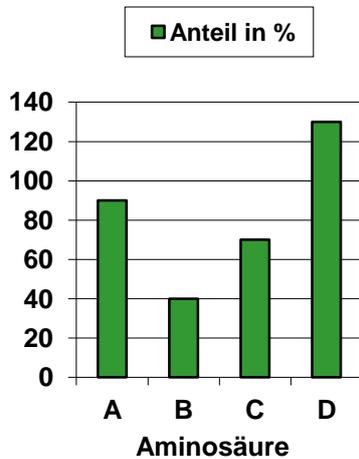
Das Stickstoff-Bilanz-Minimum von Voll-Ei liegt bei 0,5 g / kg[Körper-Gewicht] und entspricht der Biologischen Wertigkeit von 100. Da das Voll-Ei als willkürliche Referenz gewählt wurde sind auch BW-Werte über 100 möglich.

Zu beachten ist hier auch unbedingt, dass in der Ernährungslehre häufig von Körper-Gewicht (Einheit: N; 0,1 kg 1 N [Erde]) geredet wird, aber die Körper-Masse gemeint ist (Einheit: kg).

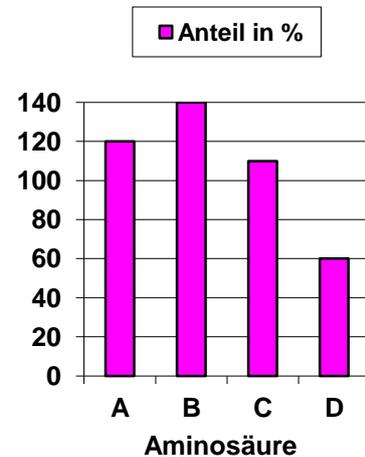
Protein	Bilanz-Minimum [g / kg[Körper-Gewicht]]
Kartoffel	0,56
Milch	0,55
Rindfleisch	0,60
Voll-Ei	0,50
Weizen	0,85

Ergänzungswert

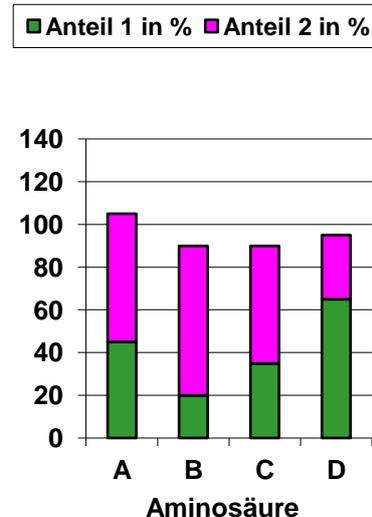
Betrachten wir im folgenden - wieder vereinfachten - Beispiel nur die essentiellen Aminosäuren. Wir schauen uns drei Ernährungsfälle an. Der Erste ernährt sich ausschließlich von Eiweiß 1. Im zweiten Fall wird nur das Eiweiß 2 zur Eiweißernährung genutzt. Der dritte Esser soll im gleichen Maße die Eiweiße 1 und 2 zu sich nehmen. Alle essen natürlich die gleiche Gesamtmenge, um die Vergleichbarkeit zu wahren.



Für den ersten Fall (linke Abbildung, **grüne Balken**) stellen wir eine relativ schlechte Bereitstellung der Aminosäuren A, B und C fest. Die biologische Wertigkeit beträgt lediglich 40%, da die Aminosäure B limitierend wirkt. Für das zweite Eiweiß (rechte Abb., **violette Balken**) sieht es prinzipiell nicht besser aus. Auch hier ist die biologische Wertigkeit nur 60%, obwohl viele Aminosäuren (A, B, C) in ausreichendem Maße vorhanden sind.



Interessant ist nun ein dritter Ernährungsfall. Durch eine gemeinsame 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 jeweils nur die Hälfte jedes Eiweißes gegessen wurde. Nur so bleiben die Werte aller Ernährungs-Varianten vergleichbar. Insgesamt werden also z.B. immer 100g Nahrungs-Eiweiß aufgenommen. Man spricht wegen der Kombination verschiedener Eiweiße dann vom **Ergänzungswert**. Praktisch 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 überschüssigen. Aminosäuren haben ungefähr die gleiche Energiedichte (Energie pro Masse [17 kJ/g]), wie Kohlenhydrate.

Protein	BW [THOMAS]	BW [KOFRÁNYI]	CS		
Fleisch	74 - 76	83	66 – 70		
Gemüse	55		28 – 68		
Getreide	52 – 65	59	28 – 53		
Milch	85	91	60 – 74		
Soja	71		47		
Voll-Ei	94	100	100		

Daten-Q.: SCHEK, A.: Ernährungslehre kompakt (Umschau Verl.)

Aufgaben:

1. Welche biologische Wertigkeit hätte das Eiweiß (vom Beginn dieses Abschnittes), wenn alle Aminosäuren essentiell wären?
2. Wieviel Gramm Körpereiwweiß 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. Die Eiweiße gerinnen im Magen durch die Magensäure. Geronnene Eiweiße sind zunächst einmal schwerer verdaulich. Unter dem Säure-Einfluß kann dann das Enzym Pepsin die Proteine in kleine Einheiten (Peptide und Aminosäuren) zerlegen.

Aber wofür sind dann die ganzen Aminosäuren in unserem Körper bzw. unseren Zellen wichtig. Die meisten Eiweiße werden als Enzyme in den Zellen aktiv. Für jeden kleinen Reaktionsschritt gibt ein spezielles Enzym. Aber auch andere Aufgaben werden von Proteinen erledigt. Wir haben sie schon weiter vorne einmal herausgearbeitet. Deshalb wollen wir sie hier nur kurz aufzählen:

- Struktur-Proteine
- Funktions-Proteine (die gerade erwähnten Enzyme)
- Transport-Proteine
- Schutz-Proteine
- Rezeptoren
- Botenstoffe / Signalstoffe
- Farbstoffe

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 Minimeffekt der biologischen Wertigkeit der angebotenen Eiweiße erzeugen hier auch die Mengen einen limitierenden Faktor.

Bei der Mangelernährung (angebotene Nahrung deckt nicht den Bedarf) unterscheiden wir:

- **quantitative Mangelernährung** (Mengen-bezogener Mangel einzelner oder mehrerer Nährstoffe und / oder Nährstoffgruppen, selten einzelner Stoffe)

und

- **qualitative Mangelernährung** (Anteils-bezogener Mangel an einzelnen oder mehreren Aminosäuren, Vitaminen und / oder Mineralstoffen)

Die Ursachen und Ausprägungen der Mangelerscheinungen sowie die daraus resultierenden Krankheitsbilder bestimmen die weitere Gruppierung in:

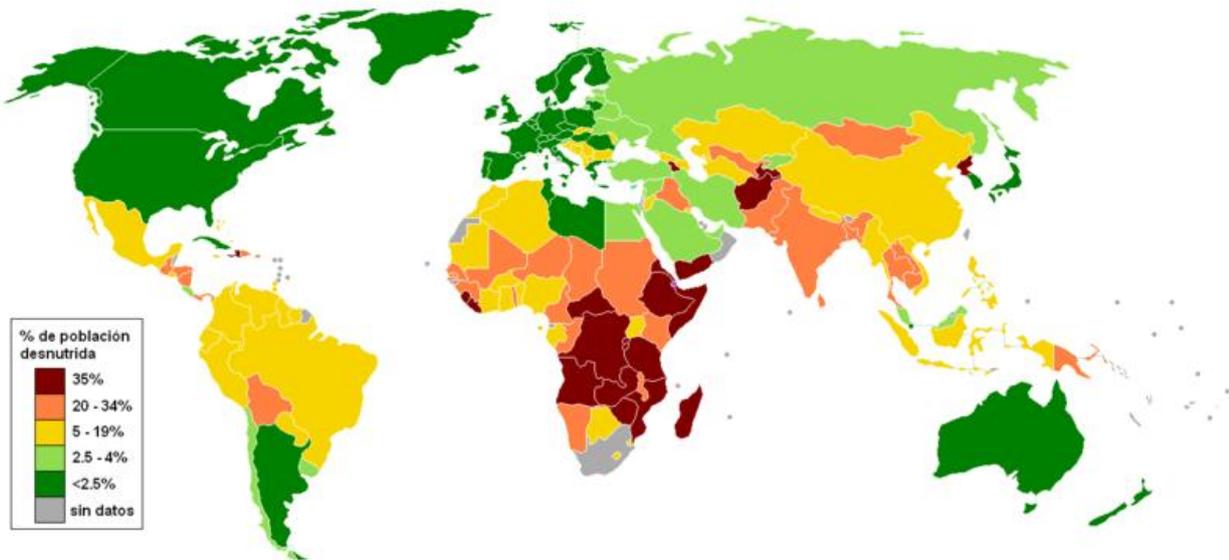
- Fehlernährung (Mangel an (einem) bestimmten Nährstoff(en))
- Mangelernährung im Alter (Riskogruppe: ältere alleinlebende Menschen, die mehrere Medikamente einnehmen müssen, eine geringe Bildung besitzen oder an geistigen Defiziten leiden)
- Unterernährung (Auszehrung der Energiespeicher des Körpers)
- Sarkopenie (physiologischer Muskelabbau)
- Kwashiorkor (Proteinmangel-Ernährung)
- Wasting (durch schwere Krankheiten indizierter Verlust an Körpersubstanz)
- 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 Ländern auf anderen Kontinenten ist Unterernährung ein globales Problem.

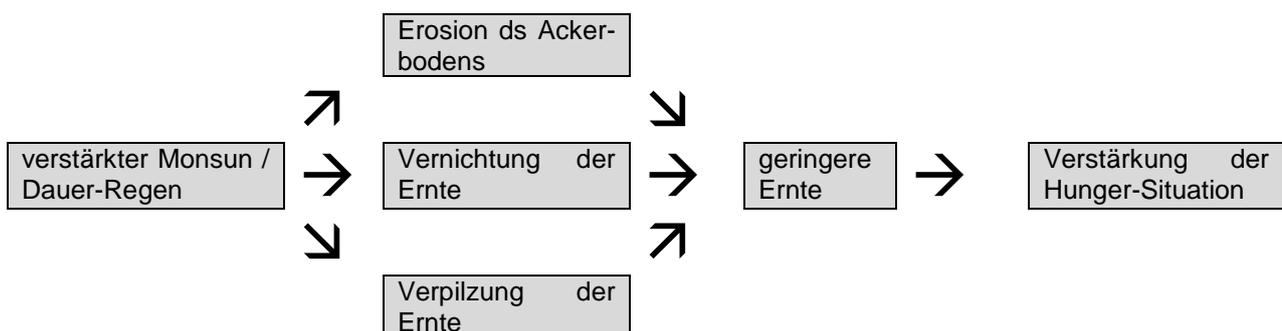
In den nächsten Jahren ist mit einer Verstärkung der Problematik zu rechnen.



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 verschiedenen Bevölkerungsgruppen 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 oder Wirknetze zur Stützung und Verstärkung der aktuellen Welternährungssituation auf! (als erste Grundlage können Sie das folgende Wirk-System benutzen, es dann erweitern und später durch andere ergänzen)



4. Welche Wege sind zur Verringerung der Mangelernährung in der Welt denkbar? Machen Sie begründete Vorschläge!

Unter Extrembedingungen können rund 25 % des Körpereiwisses 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 systemische 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 körperliche Leistungsfähigkeit
- Blutarmut
- Wachstums- und Entwicklungsstörungen, Entwicklungsverzögerung (Retardierung)
- Verringerung der Immunität, Erhöhung der Krankheitsanfälligkeit, längere Krankheitsdauer
- Fettleber
- Ödeme (Wassereinlagerungen)
- psychische Veränderungen: Teilnahmslosigkeit, Apathie, geistiger Verfall
- Aussetzen der Fertilität (Aussetzen der Menstruation, Verringerung 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 Halbwertszeit bei 10 bis 14 Tagen. Da eine ausreichende Blutversorgung wesentliche Voraussetzung für einen leistungsfähigen 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 Hygiene und prinzipiell höhere Verbreitung von Infektionskrankheiten (optimaleres Klima für Parasiten, Bakterien und Pilze) erhöhen die Gefahr einer Erkrankung. Da der Schutz (Antikörper) 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 Proteindexizite 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 – z.B. dass erwachsene Männer und andere männliche Nachkommen vor den weiblichen Familienmitgliedern ihr Essen bekommen und sich auch die besten Teile aussuchen können – erhöhen die Gefahr von Mangel-Ernährungen. Aber auch völlig unhaltsame Ansichten, so z.B. dass bestimmte Nahrungsmittel nichts für Mädchen seien – verstärken die Probleme weiter.

Die üblichen Nahrungsmittel (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).

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 systemischen Unterernährung – dem Marasmus. Marasmus wird auch auch PEM (protein energy malnutrition, 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 (→ Verringerung der Stoffwechselaktivität, sinkende Immunität), allgemeine Schwäche und sehr häufigeres Auftreten von Infektionskrankheiten dazu.

Bei den Gliedmaßen ist die Muskulatur völlig unterentwickelt (nur noch Haut und Knochen).

Eine Gesundheit ist nur mit sehr hohem Aufwand und sehr gesunder Ernährung möglich. Trotzdem muss mit nachhaltigen geistigen und körperlichen Schäden gerechnet werden.



Kind mit Kwashiorkor
Q: www.flickr.com (Sokwanele - Zimbabwe)



Q: www.flickr.com (Teseum)

Aufgaben:

Informieren Sie sich über die Krankheit Kuru! Stellen Sie die wichtigsten Informationen auf einer A4- Seite zusammen!

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 entsprechend 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 Gelatine (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 Kaseins. Die überschüssigen Wasserstoff- oder Natrium-Ionen binden sich an das negative Kasein-Ion. Der gebildete Komplex verliert seine Schwimmfähigkeit und sinkt auf den Grund.

Die Denaturierung von Eiweißen spielt auch bei der Bildung von Schäumen eine Rolle.

Schaumbildung: Eiweiße bilden beim Erhitzen (Kochen) oder kräftigen Schlagen Schäume. Dabei werden globuläre Proteine (z.B. Ovomuzin aus dem Eiklar) entfaltet. Sie bilden dann dünne Häutchen um Luftblasen. Die Bläschen-Hüllen (Eiweiß-Gerüste) reflektieren das Licht sehr stark, so dass sich zumeist eine weiße Farbe für die Schäume ergibt.

Durch den Druck ihres Eigen-Gewichtes zerfallen (flüssige) Schäume wieder. Bei der einfachen Masse für Baiser (auch: Spanischer Wind; frz.: Kuss) zerfällt diese schon nach wenigen Minuten, wenn sie nicht weiter verarbeitet wird.

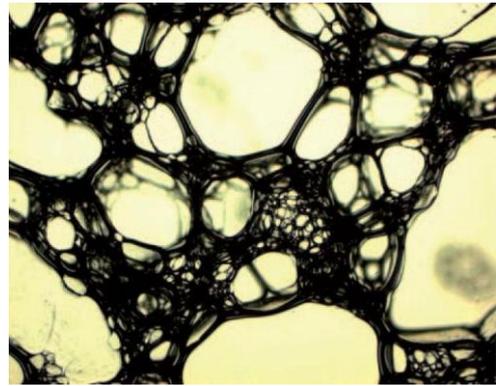
Man kann die Schäume (z.B. Eischnee) durch Zugabe Wasserbindender (hygroskopischer) Zusätze über längere Zeiträume stabilisieren. Dazu bieten sich z.B. Salz oder Zucker an. Weiterhin ist Zitronensäure zur Schaumstabilisierung geeignet, da diese das Eiklar quellen läßt.

Zur Herstellung von Baiser-Gebäck (Meringues) wird ein Eiklar-Zucker-Gemisch aufgeschlagen.

Produkt	Verhältnis Eiklar : Zucker	Verwendung / Bemerkungen
leichter Baiser	1 : 1,5	
schwerer Baiser	1 : 2	
Spritzglasur	1 : 8 – 10	z.B. für Lebkuchen- od. Hexenhäuser und Lebkuchenherzen

Je nach Verhältnis erhält man unterschiedlich feste Schäume, die im Ofen (bei rund 100 °C) oder an der Luft getrocknet werden.

Schlägt man Eiklar bei erhöhten Temperaturen (rund 50 °C), dann erhält man relativ feste Baiser-Masse. Diese – warm geschlagene – Masse ist feinporiger und besteht aus stärker denaturierten Eiweißen im Gerüst. Beim italienischen Baiser od. auch gekochten Baiser, wird kochend heißer Zucker unter den Eischnee gehoben. Die resultierende Masse ist besonders fest. Die Anwesenheit von Fett (z.B. aus dem Ei-Gelb) verhindert die Bildung von Schäumen. Nach der Herstellung eines stabilen Schaumes können i.A. aber auch anderer Zutaten dazugegeben werden. Dann stören auch Fette oder Emulgatoren nicht mehr.



Ei-Schnee (Mikroskopaufnahme)
Q: de.wikipedia.org (Informatik)

Beim Kochen von Eiweiß-haltigen Lebensmitteln (z.B. Milch oder Fleisch) kann sich ebenfalls Schaum an der Oberfläche bilden.

Dieser enthält auch viele kleine feste Bestandteile (z.B. Kräuter- und Gewürz-Teile, Knochensplitter), die besonders in den Kontaktstellen mehrerer Bläschen gehalten werden. Bei regelmäßigem Abschöpfen des Schaumes kann so eine gewisse Reinigung des kochenden Lebensmittels erreicht werden.

Wasserbindefähigkeit, Quellvermögen: Die vielen Sauerstoff- und Stickstoff-Atome in den Peptid-Bindungen sind wasserfreundliche 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. Gelatine enthält verschiedene lösliche Eiweiße, die besonders gut Wasser aufnehmen können. Das Quellen der Gelatine 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 Temperaturen kristallisieren die Kollagen-Moleküle wieder aus und bilden ein 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, Adsorption) 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 stabil, dass sie nur sehr schwer wieder aufzubrechen sind. Zu solchen sehr festen Bindungen gehören die Schwefel- bzw. Sulfid-Brücken (s.a. → Tertiär-Struktur von Proteinen). Zumeist verlieren die Eiweiße mit solchen Anbindungen dann ihre biologischen Eigenschaften. Sie können ihre eigentliche Funktion nicht mehr erfüllen - sie sind gewissermaßen vergiftet (denaturiert) 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 dem 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.

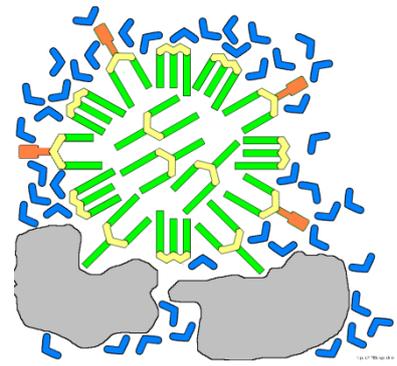
Auch bei der Verwendung als Emulgator nutzt man die ganz unterschiedliche Bindefähigkeit aus. Ein übliches Öl-Wasser-Gemisch kann man zwar zeitweise durch starkes Rühren zu einer einheitlichen Flüssigkeit (Emulsion) machen. Aber schon nach kurzer Zeit trennen sich Fett und Wasser wieder voneinander. Mit einem Emulgator 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.

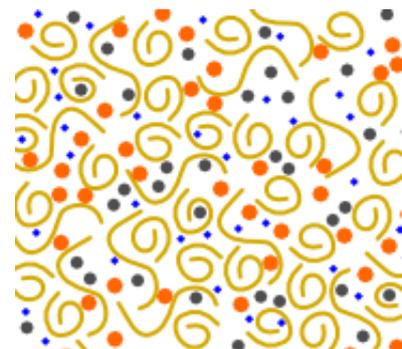
Fette und Wasser werden auf einmal durch eine Eiweißbrücke verträglich zueinander. Das Eiweiß stabilisiert die Verbindung zwischen den beiden Stoffen. Ein so gebildetes Lebensmittel-Produkt ist z.B. die Majonäse. Sie bildet mit ihren wässrigen und Fett-artigen Bereichen für fast alle Geschmacksstoffe eine Heimat und wird deshalb auch so häufig für Salate usw. eingesetzt.

Ähnliche Verhältnisse finden wir in einer Vinaigrette (engl.: French Dressing). Neben Essig und diversen Kräutern od. anderen Zutaten ist bei einer Vinaigrette 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.

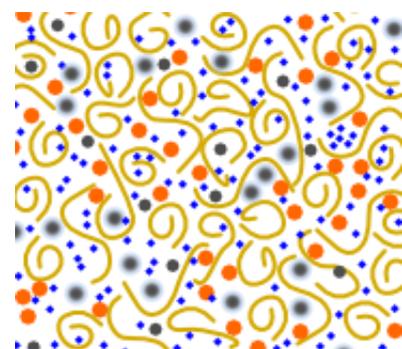
Kleberbildung: Viele Mehle lassen sich zu Teigen verarbeiten. Damit der Teig aber zusammenhält und gehen kann, müssen bestimmte Eiweiße anwesend sein. Der Kleber (Gluten (lat.: gluten = Leim)) ist ein Gemisch, das nach dem teilweisen Entfalten des Eiweißes Glutenin (und weiterer Glutenine) durch Kneten 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 Kohlendioxid 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).



Micelle mit verschiedenen Emulgatoren (oben: Cholesterin unten: (grau) Proteine)



Gliadin, Glutenin, Stärke und Wasser in einer trocknen Teig-Mischung



Quellen der Stärke nach Wasserzugabe, Entfaltung des Glutenins

Das Gluten selbst kann z.B. für die Sorten- oder Mehlsprüfung aus einem Teig mittels Salzwasser von Stärke gereinigt werden (bis die Probe mit Iod-Kaliumiodid ungefärbt bleibt). Es bleibt ein kauummartiger 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 Schwefelwasserstoff (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 verantwortlich.

Weizen enthält besonders viel Gluten (rund 80 % des Gesamt-Eiweißes). Bei anderen Getreiden – wie Roggen, Dinkel, Grünkern, Einkorn, Emmer usw. – ist weniger Gluten enthalten. Bei diesen Getreiden ist Teig-Säuerung notwendig.

Erst dadurch quellen deren spezielle Proteine. Auch bei den Gluten-armen Getreiden kann so ein gasdichter Teig entstehen.

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.

Da immer mehr Menschen sehr empfindlich auf Gluten reagieren, muss bei der Auswahl der Mehle und Backzutaten sehr sorgsam umgegangen werden. Außer Gluten-freien Getreide lassen sich auch Stärke-haltige Körner anderer Pflanzengruppen verarbeiten. Die bekanntesten sind Amaranth (Fuchsschwanz-Gewächs), Buchweizen (Knöterich-Gewächs) und Quinoa (Gänsefuß-Gewächs).

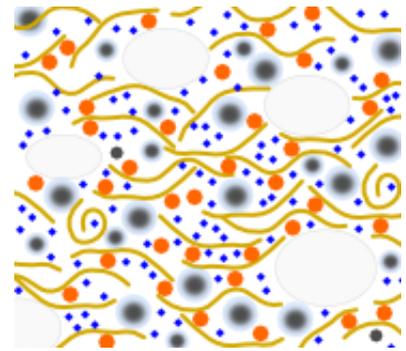
Zur Sicherstellung der Gluten-Freiheit muss während des gesamten Verarbeitungs-Prozesses auf entsprechende Zutaten geachtet werden. Schon geringe Menge (z.B. vom Einmehlen einer Back-Form) können bei allergisch veranlagten Menschen zu kritischen Zuständen führen!

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, umso dunkler wird das Fleisch. Braunes Metaglobin steht dann für älteres (ev. verdorbenes) Fleisch.

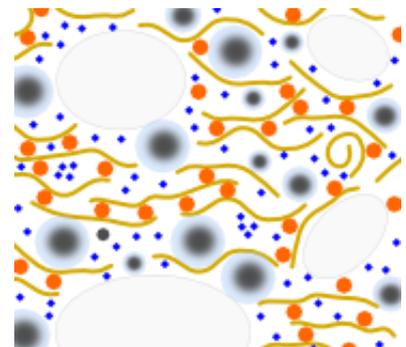
Bio-Fleisch-Produkte fallen durch ihre natürlich entstehende bräunlich-graue Farbe auf. Diese entsteht ganz normal durch den Zerfall des Häm- und Myoglobins.

In den heute üblichen SB-Fleisch-Verpackungen ist als "Schutz-Atmosphäre" vielfach Sauerstoff eingebracht. Der Sauerstoff macht / hält das Hämoglobin hübsch hell-rötlich.

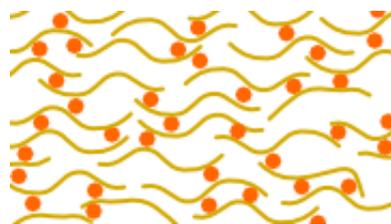
Fleischer setzen Nitrat-Pökelsalz ein, um u.a. die Farbe seiner Produkte rötlicher hin zu bekommen und gleichzeitig zu konservieren. Bei den Umsetzungen im Fleisch entsteht Stickstoffmonoxid, dass sich an Myo- und Hämoglobin (am Fe-Ion der Häm-Scheibe) festsetzt und eine sehr stabile rötliche Färbung ergibt.



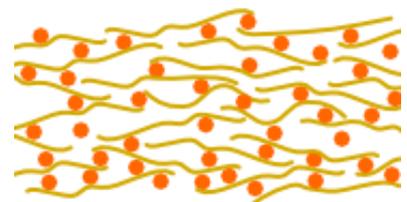
weitere Quellung; Eintrag von Luft und weitere Entfaltung des **Glutenins** beim Kneten des Teigs, Verknüpfung von **Glutenin** mit **Gliadin**



Lockerung des Teiges durch **Back-Triebgase**, weitere Linearisierung des **Glutenins** und Verknüpfung mit dem **Gliadin**



entspanntes Netzwerk aus **Glutenin** und **Gliadin**



gezogenes (gespanntes) Netzwerk aus **Glutenin** und **Gliadin**

Eine ebenfalls 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 (Melanoidine), 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.

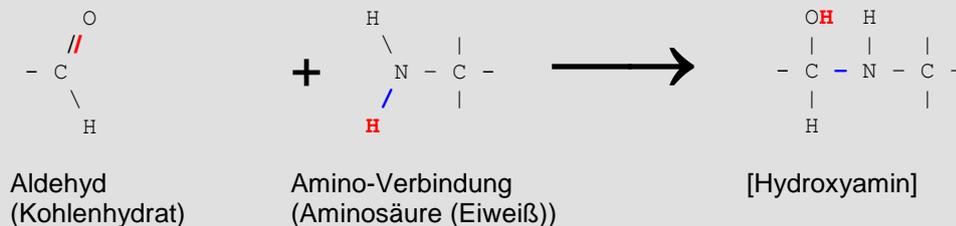
Einige Produkte erzeugen bittere Geschmacksempfindungen. Dann ist die MAILLARD-Reaktion u.U. nicht erwünscht. Um die Reaktionsabläufe einzuschränken oder ganz zu unterdrücken, bleibt nur die Arbeit bei möglichst geringeren Temperaturen oder ein niedrigerer pH-Wert (saureres Milieu). Desweiteren können nicht-reduzierende Zucker eingesetzt werden oder die Menge an freiem Wasser reduziert werden.

Ein weiteres Reaktionsschema, das 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. Grillen, Braten, Rösten, diverse Konservierungsverfahren, ...) sowie vielen freien Aminosäuren ab.

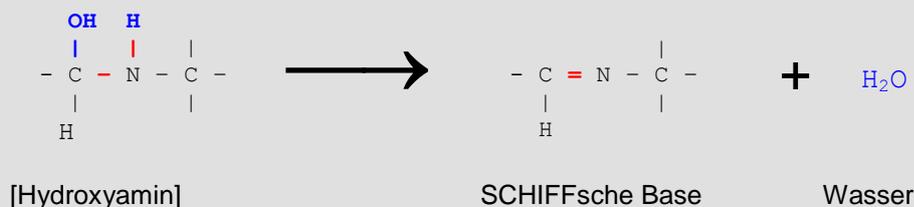
Exkurs: MAILLARD-Reaktion und AMADORI-Umlagerung

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 französische Chemiker Louis Camille MAILLARD (1878 – 1936) zuerst beschrieben.

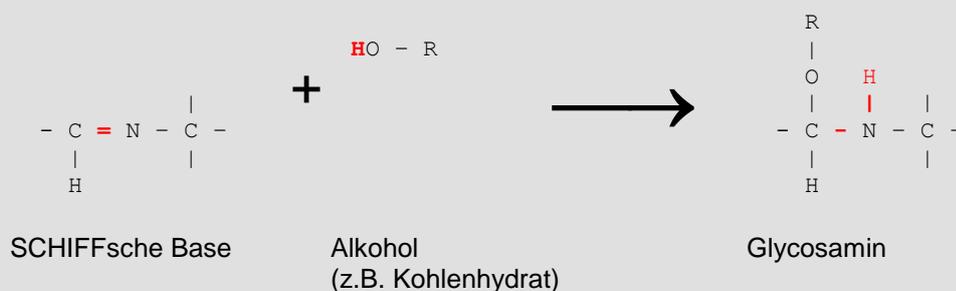
Im 1. Reaktionsschritt reagiert die reduzierende Aldehyd-Gruppe (Carbonyl-Gruppe) mit der basischen Amino-Gruppe. Es kommt zu einer Addition.



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–.

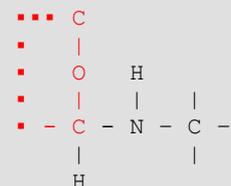


Nachfolgend kommt es zumeist zu Cyclisierung. Molekülintern reagiert die SCHIFFSche Base mit einem Alkohol (Hydroxyl-Gruppe).



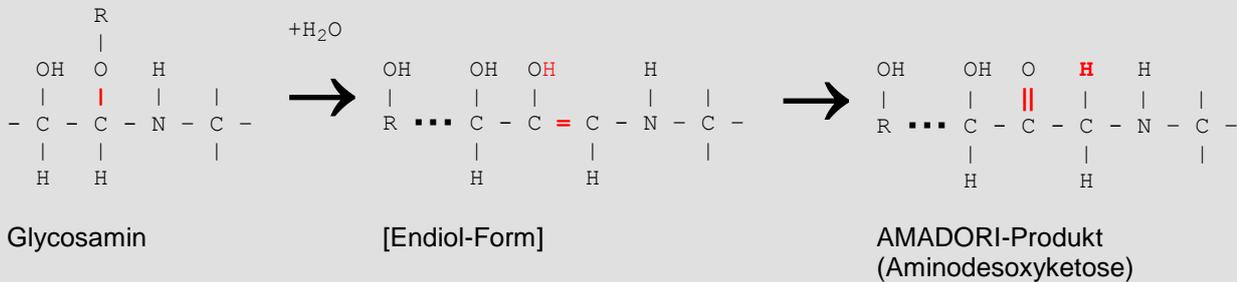
Die alkoholische Hydroxyl-Gruppe und die Carbonyl-Gruppe (1. Teilreaktion; Aldehyd) stammen häufig aus dem gleichen Kohlenhydrat-Molekül. Es entstehen also ringförmige Strukturen, die über ein Sauerstoff-Atom im Ring verfügen. Chemiker sprechen von einem heterocyclischen Ring. Der besprochene Reaktionsschritt 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.

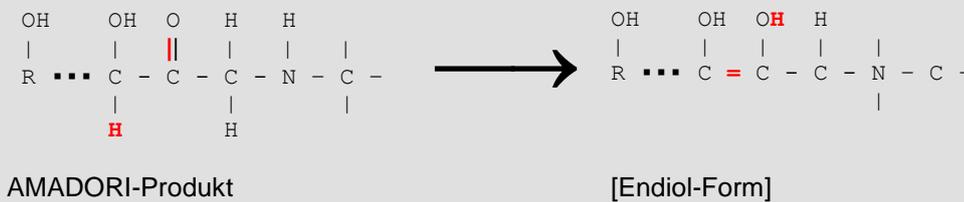


Die gebildeten, hochreaktiven, funktionellen Gruppen sind nun in der Lage molekulintern weiter zu reagieren (AMADORI-Umlagerung). Der – ev. bei der Glycosamin-Bildung entstandene – hetrocyclische Ring kann nun aufbrechen und es entsteht ein Molekül-Struktur mit Doppelbindung und zwei Hydroxyl-Gruppen. In diesem Fall sind die Hydroxyl-Gruppen räumlich recht weit voneinander entfernt.

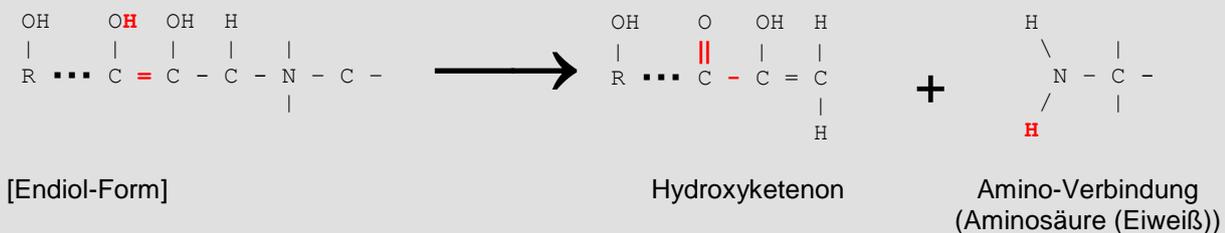
Eine strukturelle Stabilisierung tritt erst mit den sogenannten AMADORI-Produkten (Aminodesoxyketosen) ein.



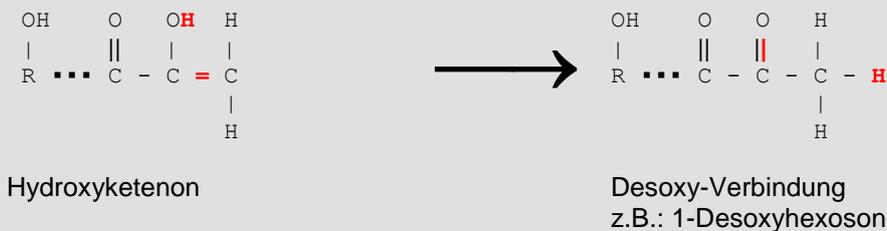
Auch das AMADORI-Produkt kann durch Hitze wieder in die Endiol-Form isomerieren. Diesmal liegen die beiden Hydroxyl-Gruppen dicht beieinander an der Doppelbindung.



Wie wir schon gesehen haben, ist ein solches strukturelles Konstrukt nicht lange stabil. Unter Eliminierung der ursprünglichen Amino-Struktur, kann z.B. ein Hydroxy-Ketenon entstehen.



Durch erneute intramolekulare Umlagerungen – das Wasserstoff-Atom der Hydroxylgruppe wandert zum anderen Kohlenstoff-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.



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 enthält die Probe Eiweiße.



Probe auf Eiweiß mit Xanthoprotein-Reaktion:

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	konzentrierte (ev. verdünnt auf 24%ig) Salpetersäure (farblos)	<i>leicht erwärmen</i>	Gelbfärbung Ausflockung	Eiweiß (exakt: Eiweiß enthält AS Tyrosin, Tryptophan od. Phenylalanin)
			anderes	wahrscheinlich kein Eiweiß (exakt: enthält NICHT die AS Tyrosin, Tryptophan od. Phenylalanin)

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 aber die Meisten. Gelatine enthält z.B. keine der genannten Aminosäuren. Beim Test von Gummibärchen würde man also zum falschen Schluß kommen.

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. Schließlich liegt im Protein zwischen zwei Aminosäuren immer die verbindende Peptid-Gruppe. 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 Kupfer-Komplex. Nun wird leicht erwärmt. Eine Verfärbung nach Violett zeigt Peptidbindungen (als umgebildete Biuret-Verbindung) an.

Für den Biuret-Test gibt es auch fertige Biuret-Lösung, mit welcher die Untersuchung sehr einfach durchzuführen ist.

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 <i>(hellblau)</i>	<i>leicht erwärmen</i>	Violett-färbung	Eiweiß
			anderes	kein Eiweiß

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
Probe +	1%ige Ninhydrin-Lösung <i>(farblos)</i>	<i>leicht erwärmen</i>	Blau- / Violett-färbung	(Aminosäure Peptid) Eiweiß
			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 schon 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 bestimmten Chemikalien in Bildungseinrichtungen zu beachten!!!



Probe auf Eiweiß mittels Quecksilber (MILLONSche Probe):

	Nachweismittel	Bedingungen	Beobachtungen	Ergebnis
Probe +	einige Tropfen MILLONS-Reagenz ()	erwärmen	Rot-Färbung	(Tyrosin) (Phenylalanin) Eiweiß
			anderes	kein Eiweiß

Zum Nachweis der Indol-Gruppen – z.B. aus dem Tryptophan – dient die ADAMKIEWICZ-HOPKINSche Reaktion. Im schwefelsauren Milieu entsteht mit Ethansäure (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

Die ganz genaue Identifizierung einzelner Proteine ist heute im Labor mit verschiedenen Methoden möglich. Ein erste Trennung und Erkennung ist mittels Chromatographie realisierbar. Dabei werden Protein-Lösungen auf Papier- oder Gel-Streifen aufgebracht. Weiterhin eignen sich auch spezielle Feststoff-Streifen (Dünnschicht-Chromatographie) oder Feststoff-Säulen. Als Lösungsmittel nutzt man außer Wasser auch Alkohole, Alkanale, Acetone, Ether und Gemische aus diesen Flüssigkeiten. Da sich die Lösungsmittel in den Träger-Materialien nach und nach ausbreiten – sozusagen verlaufen – spricht man auch von Laufmitteln. Die gelösten Stoffe (z.B. die Proteine) wandern mit den Laufmitteln durch die Trägermaterialien. Da Proteine relativ groß sind können sie nicht so schnell wandern, wie das Laufmittel. Große Teilchen wandern grundsätzlich erst einmal langsamer als kleine. Daneben spielen noch Adhäsions-Effekte zum Trägermaterial eine Rolle. Manche Stoffe werden stärker vom Trägermaterial festgehalten als andere. Durch alle Effekte gemeinsam wandern die Proteine und andere gelöste Stoffe unterschiedlich schnell und lassen sich dann nach einer bestimmten Zeit schön isoliert nachweisen. Dazu werden die klassischen Nachweise (zumeist Biuret- oder Ninhydrin-Probe) genutzt. Im

Vergleich mit bekannten Lösungen lassen sich dann in den Chromatogrammen die verschiedensten Proteine identifizieren.

Auch die Elektrophorese (→ **Exkurs: Elektrophorese**) kann zur Trennung und Identifizierung genutzt werden. Hier werden die chromatographischen Effekte noch durch ein elektrisches Feld erweitert.

Viele Proteine weist man heut auch über immunologische Tests nach. Dabei verwendet man speziell präparierte Antikörper für die gesuchten Proteine. Die Antikörper enthalten z.B. spezielle chemische Gruppen, die man z.B. mit UV-Licht zur Fluoreszenz bringen kann. Allgemein binden Antikörper nur an den gesuchten / zugehörigen Proteinen (Schlüssel-Schloß-Prinzip) und bilden dann Verklumpungen. Die Verklumpungen (Koagulationen), die UV-Fluoreszenz oder andere Eigenschaften nutzt man dann zum indirekten Nachweis für das Protein.

Auf diese Weise erfolgt z.B. die Prüfung auf die meisten Viren (z.B. Grippe-Viren, HIV, ...). Diese sind selbst zu klein, um sie direkt zu beobachten. Ihre Oberflächen-Proteine verraten sie aber und diese werden bei immunologischen Prüfungen abgefragt.

Den meisten Lesern wird die Überprüfung der Blutgruppen vor Transfusionen oder Transplantationen bekannt sein. Hier wird genau auf spezielle Proteine (Merkmal A und / oder B) auf der Zellmembran der roten Blutkörperchen geprüft. Dazu nutzt man einfach Antikörper aus nicht-kompatiblen Blut. Bei Unverträglichkeit kommt es zur sichtbaren Verklumpung der Blutkörperchen.

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 Bedingungen (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; 1 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)

(ev. müssen Sie die Watt-Zahlen für die Mikrowellen-Versuche an das vorhandene Gerät anpassen (z.B. 200, 400 und 600 W)!)

2. Nachweis von Proteinen (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) (falls vorhanden)

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 (1/2 – 1 Teelöffel)	- - -
4	- - -	erwärmen
5	1 ml Ammoniumsulfat-Lösung	- - -
6	1 ml Cupfersulfat-Lösung	- - -
7	1 ml Essigessenz	- - -
8	½ 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 Loch stecken; 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 kleinen 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

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:

-

Zusatzuntersuchung:

-

Hinweise:

-

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), durchlöcherter 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)

Herstellung von Gummi-Tierchen usw. usf.

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:

-

Zusatzuntersuchung:

-

Hinweise:

-

Links:

www.gummibaerchen-forschung.de eine Webseite über die "andere" Seite der Gummi-Bärchen, eine schöne Abwechslung z.B. beim Warten (Auskühlen, Festwerden)

Grundlagen / Prinzipien:

Materialien / Geräte:

Durchführung / Ablauf:

-

Zusatzuntersuchung:

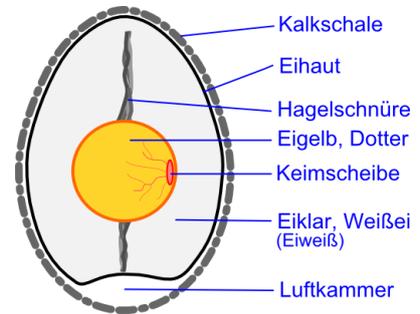
-

Hinweise:

-

3.3.6. ausgewählte Eiweiß-haltige Lebensmittel im Einzelnen

3.3.6.1. (Hühner-)Ei



Bestandteil	Eiklar	Eigelb	gesamt (1 Ei (Klasse M = 58 g))	
Wasser	86 %	31 %		
Eiweiße	13 %	16 %	6,5 g	
Fette	0,3 %	32 %	5,9 g	
Kohlenhydrate	0,7 %	0,3 %	0,4 g	
Cholesterol			205,9 mg	
Calcium			26,5 mg	
Eisen			936 µg	
Kalium			76,4 mg	
Magnesium			5,72 mg	
Natrium			74,9 mg	
Phosphor			109,2 mg	
Zink			676 µg	
Vitamin A			141,4 µg	
Vitamin B2			212,2 µg	
Vitamin B6			40,0 µg	
Vitamin B12			0,99 µg	
Vitamin D			1,5 µg	
Vitamin E			1,0 mg	

Haltungs-Bedingungen für Hühner

	konventionelle Haltung Käfig-Haltung	Kleingruppen-Haltung	Boden-Haltung	Freiland-Haltung	Tierschutzlabel 1 Stern	Tierschutzlabel 2 Sterne	Art-gerechte Haltung (Neuland)	Art-gerechte Haltung (Bio)	bäuerliche Haltung ökologischer Landbau
					Einstiegsstufe	Premiumstufe			
Zeichen Symbole									
Bestands- obergrenze	keine	40 – 60 Tiere pro Gruppe			max. 2x 30'000	max. 16'000 in Gruppen mit max. 4'800	max. 6'000 in Gruppen mit max. 500	max. 4'800 in Gruppen mit max. 500	
Bestands- Dichte; max. Tiere pro m²	25		9	9	15	10	10	10	6
Fläche pro Tier [cm²]	550 ab 2012: 750	800 - 900							
Grünauslauf	nein	nein	nein	4 m ² pro Huhn		ja mind. ein Drit- tel des Lebens	ja ganzjährig	ja ganzjährig	
Mastdauer (Minimum) [d]						56		81	
Futter	konventionell GVO erlaubt				konventionell GVO erlaubt	konventionell keine GMO	heimisches Fut- ter; keine GMO	Bio-Futter keine GMO	
weitere Bed.		900 cm ² Einstreu- Fläche für 10 Hennen					Haltung schnell- wachsender Arten verboten		z.B. kein Stutzen von Schnäbeln
Vorteile	geringe hygienische Probleme								
Nachteile	Kanibalismus hoher und ständi- ger Stress-Level		hohe Keim- zahlen schnellere Verbreitung und erhöhte Zahlen an Parasiten erhöhte Staub- Belastung	ev. Verluste durch Greifvö- gel oder ande- re Räuber					geringere Lege- leistung
Kritik-Punkte	hoher Gedrängfaktor		bei höheren Tierzahlen in						

	kein Sandbaden und Flügelschlagen möglich		den Gruppen treten verstärkt immer wieder Rang-Kämpfe statt						
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--

GVO .. gentechnisch veränderte Organismen

Tierschützer fordern noch weitere Verbesserungen für eine wirklich Art-gerechte Haltung:

- Schaffung von Bedingungen für ein normales Sozial-Verhalten
- keine schmerzhaften Eingriffe, wie das Stutzen von Schnäbeln
- kein oder nur minimaler Einsatz von Arznei-Mittel
- Strss-freier Transport zum Schlachthof / Stress-freies Schlachten

- zum Test, ob es schon gekocht ist, das Ei hinlegen und in Rotation versetzen
- als Zusatztest kann man das Ei (sehr) kurz anhalten und sofort wieder loslassen

mögliche Beobachtungen	gekocht	Zusatztest
Ei lässt sich schwieriger in Rotation versetzen und schlingert, Rotation hört untypisch auf	nein	bleibt liegen
Ei lässt sich problemlos in Rotation versetzen und rotiert mehrfach	ja	fängt sich wieder an zu drehen

technologische Bedeutung

verfeinern Geschmack
 verfeinern Porung der Krume bei Gebäck, stabilisiert Krume durch Wasserbindung während der Denaturierung
 verlängert Frische-Eigenschaften

Eiklar

lässt sich Eischnee aufschlagen
 lockert Cremes und Massen
 Glasuren werden spritzfähig

Verwendung für:

- Schaum- und Baiser-Massen
- Makronen-Gebäck
- Spritzglasuren

Eigelb

verleiht Speisen, Cremes, Massen und Gebäck eine gelbe Farbe
 Lecethin-Gehalt macht Eigelb zu einem hervorragenden Emulgator

Verwendung für:

- Hefe- und Mürbe-Teige
- Teegebäck
- Ei-Stiche

Vollei

aus minderwertigen (aber genussfähigen) Eiern produziertes Kunstei
 flüssiges Vollei enthält Eiklar und Eigelb gemischt
 es dürfen neben Hühnereiern auch Perlhuhn-, Puten-, Gänse-, Enten- und Wachtel-Eier verwendet werden
 als Zusätze sind Salz, Zucker, Gewürze zulässig
 bei Flüssig-Ei darf auch Benzooesäure bzw. Sorbinsäure als Konservierungsmittel zugesetzt sein

Verwendung für:

- Wiener-, Biskuit- und Rührteig-Massen
- Blätter- und Plunder-Teig
- Cremes
- Speise-Eis
- Ei-Stiche
- Teigwaren
- Hefefeingebäck

- Berliner Pfannkuchen

Verwendung von Eiern zum.

- Legieren
- Binden
- Emulgieren
- Färben
- Klären
- Backen (Teig lockern)

Frische-Tests für Eier

Schwimm-Test

zu verwendende Salz-Lösung besteht aus 100 ml Wasser und 1 TL Salz

Ei am Boden (gesunkenes Schiff) → frisch

Ei schwimmt im Wasser (U-Boot) → rund 1 Woche alt

Ei schwimmt an der Oberfläche (Schiff) → Ei ist mehrere Wochen alt (Luft-Kammer sehr groß)

Aufschlag-Test

auf Teller / in Pfanne aufschlagen

hoch gewöltes Ei-Dotter, Eiklar Gel- bzw. Gallert-ähnlich → Ei frisch

flaches Ei-Dotter, Eiklar flüssig → über eine Woche alt

3.3.6.2. 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 Hygiene-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

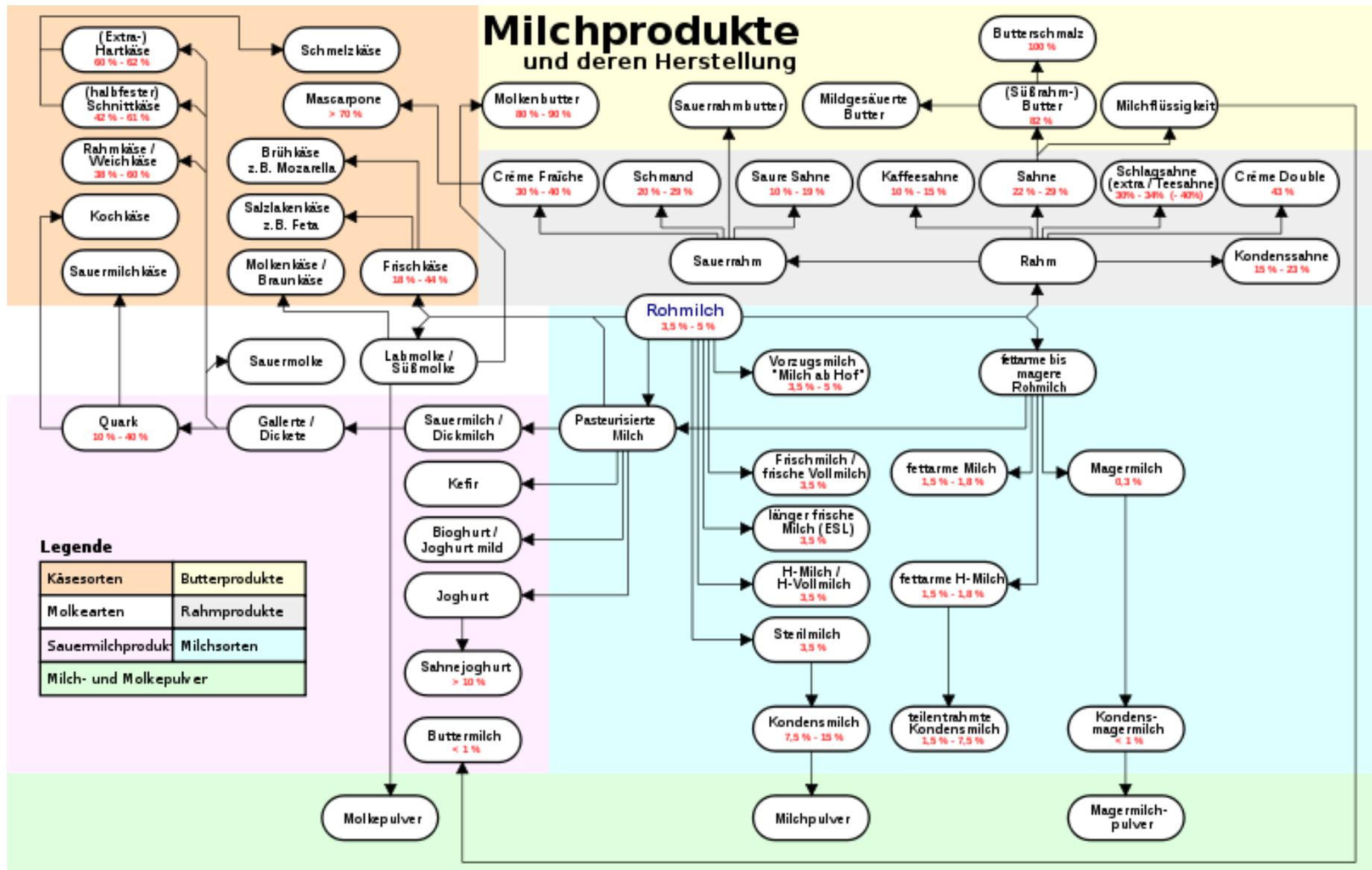
ESL-Milch: (extended shelf life milk; längerfrische Milch)

deutsche Verpackungsaufdrucke schon gewisser Etiketten-Schwindel, denn Milch wurde mit Dampf hochoerhitzt, 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

3.3.6.2.1. 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.)

3.3.6.2.2. 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 einverlaiben

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 %

3.3.6.5. Fleisch

3.3.6.5.1. Fleisch-Fehler

3.3.6.5.2. direkte Folge- und Ab-Produkte von Fleisch

3.3.6.x. Bohnen

enthalten das giftige Eiweiß Phasin, welches durch Garen zerstört wird. bei besonders Phasinreichen 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
Weißer 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

3.3.6.x. Gelantine

interessante Links:

<http://www.parmentier.de/gelatine/kennzahl.htm> viele Informationen zu Gelantine und ihren Kennzahlen

als Herstellungs-Hilfsmittel zur Klärung von Apfelsaft und Wein eingesetzt (muss dann nicht deklariert werden!)

Gelantine für Vegetarier / Veganer

Ersatz: Alginate (E 400 – 405), Agar agar (E 406), Gummi arabicum (E 414)

komplexe Aufgaben zum Thema Proteine (z.B. zur Vorbereitung auf eine Klausur)

1. Stellen Sie die Struktur-Formel für die folgenden Peptide auf!
a) Ala-Glu-Cys b) Ile-Leu-Trp-Asn c) Tyr-Pro-His-His-Glu
2. Geben Sie unter Verwendung der 3-Buchstaben-Code's alle möglichen Peptide an, die aus den Aminosäuren Glycin, Cystein und Phenylalanin gebildet werden können!
3. Innerhalb der Aminosäuren gibt es z.B. die Gruppen der L- α - und der D- β -Aminosäuren. Welche Bau-Eigenschaften sind für diese Gruppen charakteristisch?

5. Vegetarier - und besonders Veganer - leiden häufig unter einem Lysin-Mangel.
 - a) Welche Folgen kann ein längerfristiger Lysin-Mangel haben? Erörtern Sie diese jeweils kurz!
 - b) Erklären Sie das Phänomen des Lysin-Mangels bei Vegetariern und Veganern!
 - c) Wie können Vegetarier und / oder Veganer den Lysin-Mangel auf gesunde Weise ausgleichen?

komplexe Aufgaben zum Thema Nährstoffe (Fette, Kohlenhydrate, Eiweiße)
(z. B. zur Vorbereitung auf eine Klausur)

1. !

9. 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 Bi-
ologen.-5. Aufl.-Jena: G. Fischer Verl.; 1964
- /19/ ERHARD, Hubert:
Tierphysiologisches Praktikum.-Jena: Verl. v. G. Fischer; 1916
- /20/ STREMPPELL, 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
- /22/ Bäckerei Konditorei – Verkauf – Grund- und Fachstufe.-Berlin: Cornelsen Verl.;1995.-1.
Aufl.
ISBN 3-464-44202-0
- /23/ Chemie für Ernährung und Hauswirtschaft
Hannover: Schroedel Schulbuchverl.; 1984
ISBN 3-507-91086-1
- /24/ RICHTER, Rita:
Kreativ Ernährung entdecken.-Haan-Gruiten: Verl. Europa-Lehrmittel; 2012.-3. Aufl.
ISBN 978-3-8085-6698-5
- /25/

Die Clipart's entstammen den folgenden Sammlungen:

/A/ microsoft-WORD (R) verschiedene Versionen

/B/

Einige 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 - 2015 lern-soft-projekt: drews	-⌘
⌘-	18069 Rostock; Luise-Otto-Peters-Ring 25	-⌘
⌘-	Tel/AB (0381) 760 12 18 FAX 760 12 11	-⌘