Facharbeit der Oberstufe im Bereich
Biologie & Psychologie

Inwiefern beeinflusst die Ernährung den Körper und die Psyche und welche Aspekte beeinflussen das Essverhalten?

Bremen

15.06.2020

Johanna Rathke
Oberschule Findorff

Inwiefern beeinflusst die Ernährung den Körper und die Psyche und welche Aspekte beeinflussen das Essverhalten?

0. Inhaltsverzeichnis S. 1-3
1. Aufgabenstellung & Motivation S. 4
   1.1 Zusammenfassung S. 5
2. Kenntnisstand mit Visualisierung und eigenen Erkenntnissen
   2.1 Nährstoffe
      2.1.1 Einleitung S. 6
      2.1.2 Kohlenhydrate S. 6-13
         2.1.2.1 Milchsäuregärung S. 13
         2.1.2.2 Gluconeogenese S. 13-15
         2.1.2.3 Ballaststoffe S. 15
         2.1.2.4 Zucker S. 15-17
            2.1.2.4.1 Emotionales Essen S. 17
      2.1.3 Fettsäuren S. 17-19
         2.1.3.1 Cholesterin S. 19-21
         2.1.3.2 Allgemeiner Nutzen der Fette S. 21
         2.1.3.3 Omega-3- & Omega-6-Fettsäuren S. 21-22
         2.1.3.4 Lipolyse S. 22
         2.1.3.5 β-Oxidation S. 23
         2.1.3.6 Ketogenese S. 23-24
         2.1.3.7 Fettsäuesynthese S. 24-25
            2.1.3.7.1 Synthese gesättigter Fettsäuren S. 25
            2.1.3.7.2 Synthese ungesättigter Fettsäuren S. 25
      2.1.4 Proteine S. 26
         2.1.4.1 Strukturebenen S. 26-27
            2.1.4.1.1 Coenzym S. 27
            2.1.4.1.2 Coenzym Q_{10} (Ubiquinon, Ubiquinol) S. 27-28
         2.1.4.2 Proteinbiosynthese S. 28
            2.1.4.2.1 Transkription S. 28
            2.1.4.2.2 Translation S. 28-29
         2.1.4.3 mTor(mechanistic Target of Rapamycin) S. 29-30
         2.1.4.4 Autophagie S. 30
         2.1.4.5 Pflanzliches und tierisches Protein S. 31
      2.1.5 Vitamine S. 32

2.1.5.1 Vitamin A (Retinol, Retinoide & Beta-Carotin) S. 32
2.1.5.2 Vitamin B S. 32
2.1.5.2.1 Vitamin B_1 (Thiamin) S. 33
2.1.5.2.2 Vitamin B_2 (Riboflavin) S. 33-34
2.1.5.2.3 Vitamin B_3 (Niacin) S. 34
2.1.5.2.4 Vitamin B_5 (Pantothensäure) S. 34-35
2.1.5.2.5 Vitamin B_6 (Pyridoxin) S. 35
2.1.5.2.6 Biotin (Vitamin B_7, Vitamin B_8, Vitamin H) S. 35
2.1.5.2.7 Vitamin B_9 (Folsäure) S. 35
2.1.5.2.8 Vitamin B_{12} (Cobalamin) S. 36
2.1.5.3 Vitamin D (Calciferol) S. 36-37
2.1.5.3.1 Vitamin D_3 (Cholecalziferol) S. 37
2.1.5.3.1.1 Calciferol-Synthese S. 37-38
2.1.5.4 Vitamin C (Ascorbinsäure) S. 38-39
2.1.5.5 Vitamin E (Tocopherol) S. 39
2.1.5.6 Vitamin K (Phyllochinon & Menachinon) S. 39
2.1.5.6.1 Vitamin K_1 (Phyllochinon) S. 39
2.1.5.6.2 Vitamin K_2 (Menachinon) S. 39
2.1.6 Mineralstoffe S. 39-40
2.1.6.1 Magnesium (Mg) S. 40
2.1.6.2 Salz (Natriumchlorid= NaCl = Kochsalz) S. 40
2.1.6.2.1 Chlorid (Cl^-) S. 40
2.1.6.2.2 Natrium (Na) S. 40-41
2.1.6.3 Phosphor (P) S. 41
2.1.6.4 Nitrat (NO_3^-) S. 41-42
2.1.6.5 Schwefel (S) S. 42
2.1.6.6 Calcium (Ca) S. 42
2.1.6.7 Kalium (K) S. 42
2.1.7 Spurenelemente
2.1.7.1 Eisen (Fe) S. 42
2.1.7.2 Jod (I) S. 42-43
2.1.7.3 Chrom (Cr) S. 43
2.1.7.4 Selen (Se) S. 43
2.1.7.5 Zink (Zn) S. 43
2.1.7.6 Kupfer (Cu) S. 43

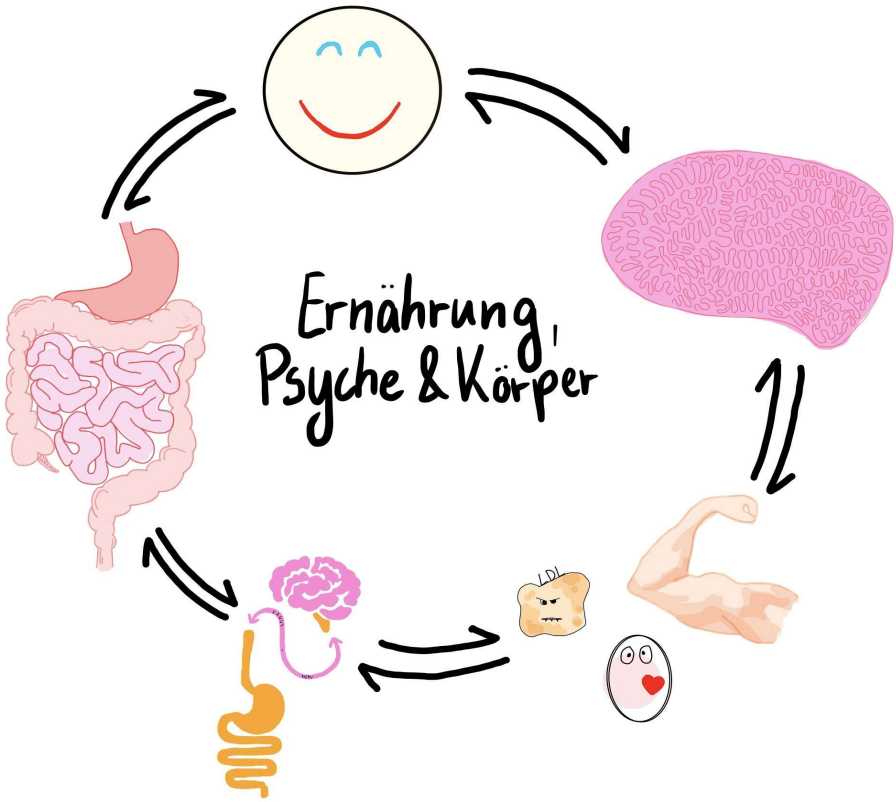
2.1.7.7 Mangan (Mn) S. 44
2.1.7.8 Molybdän (Mo) S. 44
2.1.7.9 Silizium (Si) S. 44
2.1.7.10 Vanadium (V) S. 44
2.1.7.11 Bor (B) S. 44
2.2 Mikrobiom S. 44-46
2.2.1 Mikrobiombasierte Medizin S. 46
2.3 Vagusnerv S. 46-48
2.4 Ernährungspsychologie S. 49-50
2.4.1 Sättigungskaskade S. 50-51
2.4.2 Dreikomponentenmodell S. 51-52
2.4.3 Modelle zur Regulation der Nahrungsaufnahme S. 52-53
2.4.4 Appetit & Sättigung - erlernte Reaktionen S. 53
2.4.5 Energiegewinnung S. 53-54
2.4.6 Probleme der heutigen Zeit S. 54
2.4.7 Der Hypothalamus S. 55-56
2.4.8 Die Entwicklung der individuellen Essgewohnheiten S. 56-57
2.4.9 Konzept zum Thrill S. 57-58
Literaturverzeichnis zu Kapitel 2. S. 59-63
3. Anwendungsbereich – Naturvölker S. 64-65
4. Resultate & Diskussion S. 66-69
Wortverzeichnis S. 70-72
Quellenverzeichnis S. 73-82

Inwiefern beeinflusst die Ernährung den Körper und die Psyche und welche Aspekte beeinflussen das Essverhalten?

1. Aufgabenstellung & Motivation

Im Rahmen der P5-Projektprüfung habe ich mir die Forscherfrage gestellt, inwiefern die Ernährung den Körper und die Psyche beeinflusst und welche Aspekte das Essverhalten beeinflussen. Dabei lag mein Fokus vor allem auf dem biologischen Teil, der die komplexen interaktiven Reaktionsvorgänge im Körper, die durch die Nahrungsaufnahme ausgelöst werden, offenlegen soll. Zudem habe ich mit dem zweiten Teil der Fragestellung die Psychologie in den Kontext der Frage eingebunden, die sich eher auf soziale Faktoren stützt, in gewissem Maße in dieser Arbeit jedoch auch durch biologische Vorgänge begründet werden soll.
Das Ziel dieser Arbeit ist es, die Zusammenhänge der Auswirkungen, die durch die verschiedenen Nährstoffe im Körper hervorgerufen werden, zu erfassen und auf Basis des aktuellen wissenschaftlichen Standes die Relationen zwischen den einzelnen Reaktionsketten zu erläutern und die Resultate auf die Lebenssituation einiger Naturvölker im Bezug auf ihre Ernährungsangewohnheiten nachzuvollziehen, um mögliche Präferenzen biologisch begründen zu können.
Zudem sollte die Fragestellung unter dem Thema der „17 sustainable development goals“ der UN (United Nations) betrachtet werden. So ist das Ziel dieser Arbeit auch die Erläuterung möglicher Optimierungen im Alltag bezüglich des menschlichen Wohlbefindens und der Gesundheit mit Hilfe der Ernährung.
Damit knüpft die Zielsetzung an das dritte und das zweite Ziel der UN an: „Ensure healthy lives and promote well-being for all at all ages.“ und „End hunger, archieve food security and improve nutrition and promote sustainable agriculture.“.

Die Arbeit soll im Allgemeinen als eine Art Fachzeitschrift betrachtet werden, die sich auf selbst erstellte visuelle Darstellungen zur Verdeutlichung komplexer Reaktionen, erarbeiteter Zusammenhänge und Übersichten stützt.



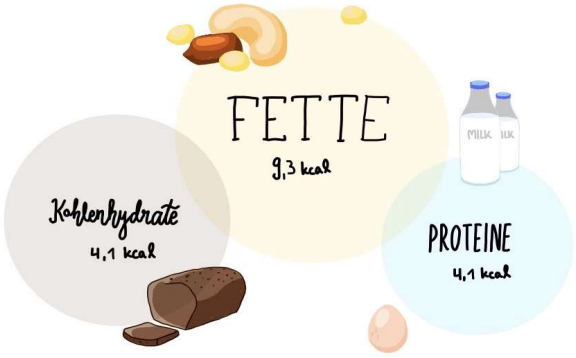
1.1 Zusammenfassung

Ernährung ist heutzutage ein wichtiges, gefragtes Thema, das sowohl mit der Gesundheit des Individuums, als auch mit dem Wohlbefinden zusammenhängt. So befasst sich diese Arbeit mit der Frage, wie sich die Ernährung auf den Körper und die Psyche auswirkt und stellt dabei die Zusammenhänge zwischen dem Gastrointestinaltrakt, dem Gehirn, den physischen und psychischen Befindlichkeiten und den Umweltfaktoren klar.
Dabei erfolgt zunächst die Klärung der Nahrungssubstanzen und ihrer Auswirkungen. Dabei werden die Makronährstoffe und die Mikronährstoffe separiert mit ihren Auswirkungen auf den menschlichen Organismus aufgeführt. Im Anschluss erfolgt eine Einführung in die komplexe Darmflora des Menschen, dem Mikrobiom des Darms, und seinen Zusammenhängen mit dem, über das Gehirn gesteuerte, Empfinden.
Die als Signalweg dienende Darm-Hirn-Connection wird daraufhin näher erläutert und ein Übergang zur Ernährungspsychologie geschaffen, die sich mit den psychischen Prozessen und ihren Auslösern befasst, die ebenfalls auf die Nahrung und die, die Nahrungswahl beeinflussenden Umweltfaktoren, zurückzuführen sind. Im Folgenden wird die Kausalität des psychischen Zustandes und der postresorptiven Nahrungseinflüsse auf den Hypothalamus betrachtet und einige ernährungspsychologische Modelle erläutert.
Im nächsten Abschnitt werden Naturvölker als ein Anwendungsbeispiel der Auswirkungen des Nahrungskonsums auf den Körper betrachtet und auffällige Eigenschaften und Zustände durch Fakten des zuvor erläuterten Kenntnisstandes beschrieben.
Abschließend folgt eine Zusammenfassung der Resultate und Schlussfolgerungen und eine Bezugsherstellung zu dem 2. und 3. der 17 UN-Ziele zu einer nachhaltigen Entwicklung.

2.1 Nährstoffe

2.1.1 Einleitung

Im menschlichen Körper befinden sich viele verschiedene Substanzen, die für den Organismus lebensnotwendig sind und die nur über die Nahrung aufnehmen können, da sie körpereigen nicht gebildet werden können. Der Körper benötigt sie als lebenswichtige Energiequelle und als Grundbausteine für weitere Verstoffwechselungen. Man bezeichnet diese Stoffe als Nährstoffe, da sie die Grundversorgung des Organismus darstellen, ihn also ernähren.
Bei den Nährstoffen wird zudem zwischen den Makronährstoffen, welche die Energielieferanten des Körpers darstellen, und den Mikronähstoffen, die keine direkten Energielieferanten des Körpers sind, jedoch trotzdem lebenswichtige Funktionen im Körper übernehmen, unterschieden.
Zu den **Makronährstoffen** zählen Kohlenhydrate, Proteine und Fette, wobei Fette über die Oxidation der Fettsäuren mit Abstand am meisten Energie liefern. Die Menge der Energie, die ein Lebensmittel dem Körper zu Verfügung stellt, wird im Allgemeinen in Kalorien (cal) angegeben. Kalorien geben den Brennwert der Nahrung an. „Mit 1 cal kann man ein Gramm Wasser um ein Grad Celsius erwärmen, genauer von 14,5 auf 15,5 Grad.“[i] Meist wird der Brennwert jedoch in Kilokalorien (kcal), dem Tausendfachen einer Kalorie, oder in Kilojoule (kJ) angegeben. Wobei ein Joule rund 0,24 cal entspricht.

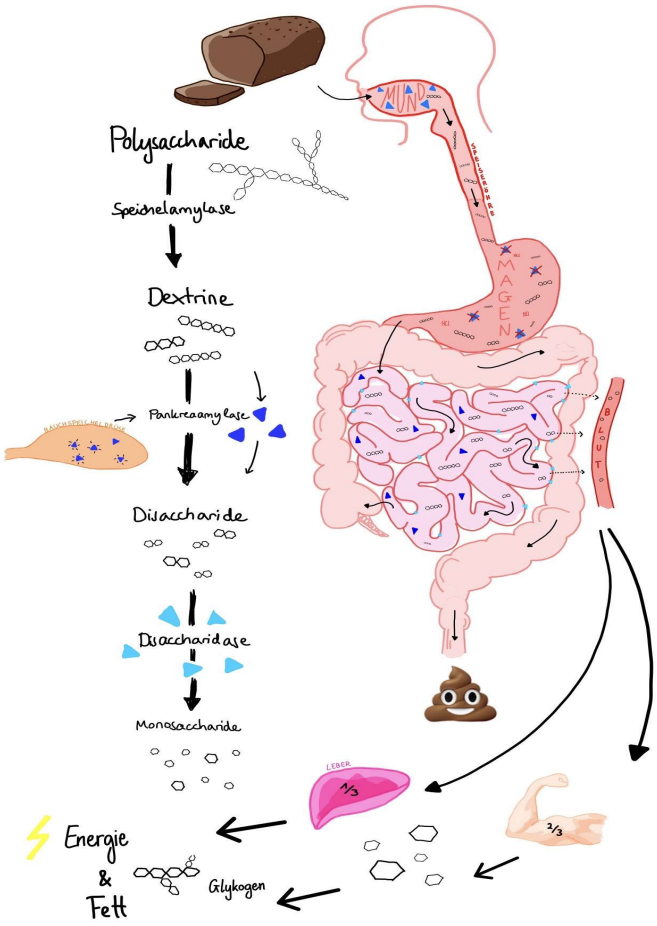


Zu den **Mikronährstoffen** wiederum zählen Vitamine und Mineralstoffe. Die Mineralstoffe werden des Weiteren in Spurenelemente und Mengenelemente unterteilt. „Mengenelemente (bspw. Natrium, Kalium, Calcium) kommen im Organismus in einer Konzentration von über 50 mg/kg Körpergewicht vor, während die Konzentration der Spurenelemente (bspw. Eisen, Iod, Kupfer) 50 mg/kg Körpergewicht nicht übersteigt.“[ii]
Die Aufnahme der verschiedenen körperfremden Substanzen in Form von Nährstoffen ist Grundlage des menschlichen Lebens, sodass ein gesunder Körper eine optimale Nährstoffaufnahme voraussetzt. Jedoch kann eine zu hohe Konzentration eines Nährstoffs im Körper von Nachteil sein, da dieser gegebenenfalls durch Reaktionen mit anderen Stoffen, die Aktivität dieser hemmt und so eine Lücke im komplexen Reaktionssystem des menschlichen Körpers schafft.
Zu Beginn betrachten wir die Makronährstoffe: Kohlenhydrate, Fette und Proteine.

2.1.2 Kohlenhydrate

Bei Kohlenhydraten handelt es sich um unterschiedlich komplex aufgebaute Zuckermoleküle, die von körpereigenen Enzymen innerhalb des Verdauungstraktes soweit aufgespalten werden, bis sie in Monosacchariden (Einfachzuckern) vorliegen. da sie nur so resorbierbar sind. „Die Mitochondrien, auch Kraftwerke der Zellen genannt, gewinnen aus dem Einfachzucker Glukose den körpereigenen Kraftstoff Adenosintriphosphat (ATP).“[iii] Sobald die Nahrung in den Mund gelangt, wird der Kohlenhydratstoffwechselprozess, durch das Enzym Pytalin (Speichelamylase) eingeleitet, welches die unterschiedlich komplexen Zuckermoleküle in kleinere Saccharidketten, die sogenannten Dextrine, aufspaltet. Daraufhin gelangt das Gemisch aus Nahrungsbrei und Pytalin über die Speiseröhre in den Magen, in dem der saure pH-Wert von 2, welcher durch die Salzsäure im Magen zustande kommt, für die Deaktivierung der Speichelamylasen sorgt, da diese auf den pH-Wert

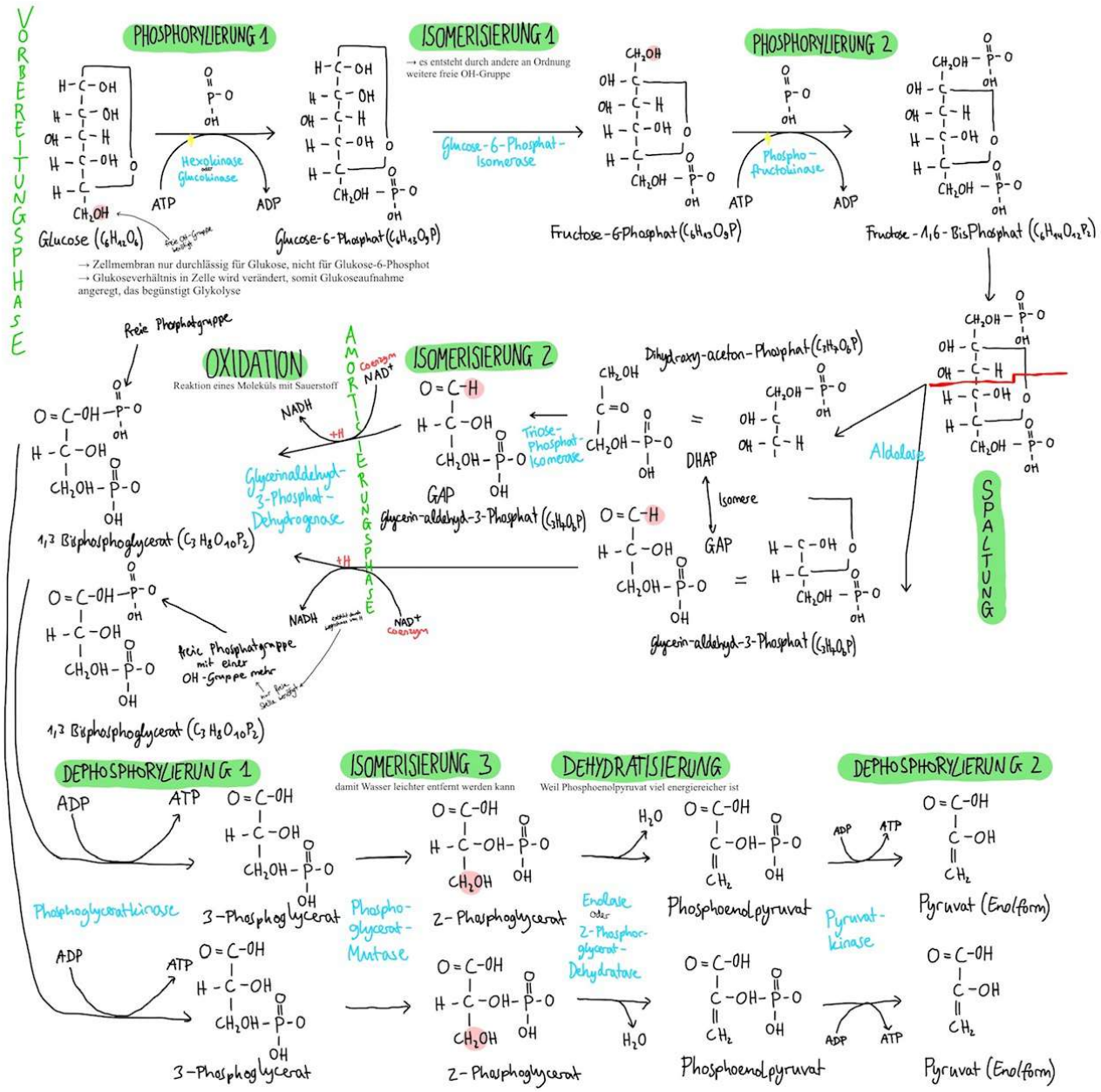
Bereich der Mundhöhle (pH-Wert 6-7) ausgerichtet sind. Bei der Aufnahme von Kohlenhydraten senkt sich der pH-Wert hier kurzzeitig auf Werte zwischen 4 und 5 ab[iv]. Bei der anschließenden Normalisierung des pH-Werts, wird der optimale pH-Wert Bereich für die Aktivität des Pytalins erreicht (pH-Wert 5,7)[v], sodass das Enzym sein absolutes Funktionspotenzial entfalten kann. Im Dünndarm sorgen anschließend spezielle Enzyme für die weitere Zerlegung der Saccharidketten in Monosaccharide (Einfachzucker). Als erstes spaltet das Enzym Pankreasamylase, welches in der Bauchspeicheldrüse (Pankreas) produziert wird und und anschließend in den Gastrointestinaltrakt gelangt, der sie in den Dünndarm transportiert, die Dextrine in Disaccharide auf, die daraufhin von in der Dünndarmwand eingelagerten Disaccharidasen, wie zum Beispiel der Lactase, Sucrase-Isomaltase oder der Maltase-Glucoamylase, die allesamt die hydrolytische Spaltung spezifisch zusammengesetzter Disacchariden in resorbierbare Monosaccharide katalysieren. So wird bei der enzymatischen Spaltung der Disaccharide rund die Hälfte der Aktivierungsenergie eingespart, die bei der Protonenkatalyse anfällt.[vi] Anschließend werden die Monosaccharide über die Darmwand ins Blut befördert, wo sie die Höhe des Blutzuckerspiegels bestimmen. Je mehr Zucker auf einmal in das Blut gelangt, desto drastischer steigt der Blutzuckerspiegel an, da die Konzentration an Zucker im Blut erhöht wird. Dabei ist besonders auf den Zucker, der in Reinform in der Nahrung enthalten ist, wie beispielsweise in Süßigkeiten, zu achten, da es sich bei ihm um kurzkettige Zuckermoleküle handelt, die vom Körper sehr schnell in Monosaccharide umgewandelt werden, weshalb sie schnell ins Blut gelangen und so den Blutzuckerspiegel rapide in die Höhe treiben. Zudem wird immer, wenn Monosaccharide resorbiert werden, also der Blutzuckerspiegel im Blut ansteigt, Insulin gebildet. Insulin ist ein Speicherhormon, welches den Körperzellen das Signal zur Aufnahme des Monosaccharids Glucose gibt. So gelangt bei einem hohen Insulinspiegel viel Glucose in die Körper- und damit unter anderem in die Leber- und die Muskelzellen. Dort wird die Glucose entweder direkt zur Energiegewinnung über die Zellatmung genutzt oder wieder zu verzweigten Polypeptiden, den Glykogen, aufgebaut, die als Energiereserven für den Körper dienen. Die in der Glucose enthaltene chemische Energie kann hier jederzeit in kinetische Energie umgewandelt werden, die dem menschlichen Körper die Bewegungsfähigkeit ermöglicht.



Bei der direkten Energiegewinnung werden die Glucosemoleküle über die in drei Hauptschritte gegliederte Zellatmung abgebaut und zur Gewinnung von Adenosintriphosphat (ATP), der universellen Energie im Körper[vii], genutzt. Dabei durchläuft das Glucosemolekül ($C_6H_{12}O_6$) zunächst die Glykolyse, die im Cytoplasma der Zelle abläuft und somit unmittelbar nach der Aufnahme der Glucose in die Körperzelle eingeleitet wird. Sie ist in zwei Teile gegliedert: die Investitionsphase und die Amortisierungsphase.
Die Glykolyse beginnt mit der Phosphorylierung des $C_6H_{12}O_6$-Körpers. Bei diesem Schritt katalysiert die Hexokinase (Glucokinase) die Übertragung einer Phosphatgruppe eines ATP-Moleküls auf die Glucose, sodass ein Glucose-6-Phosphat ($C_6H_{13}O_9P$) entsteht, welches die semipermeable Zellmembran im Gegensatz zur Glucose nicht passieren kann. Anschließend wird mit Hilfe des Enzyms Glucose-6-Phosphat-Isomerase zum Isomer Fructose-6-Phosphat ($C_6H_{13}O_9P$) umgebaut, um eine OH-Gruppe freizulegen, an die im nächsten Schritt eine weitere Phospatgruppe eines ATP-Moleküls addiert werden kann. Dieser Vorgang wird das Enzym Phosphofructokinase katalysiert. Es entsteht ein energiereicherer $C_6H_{14}O_{12}P_2$-Körper (Fructose-6-Bisphosphat). Dieser wird anschließend durch die Aldolase, ein Enzym der EC 4, Lyasen, in zwei Isomere, ein Dihydroxy-aceton-Phosphat (DHAP) ($C_3H_7O_6P$) und ein Glycerin-aldehyd-3-Phosphat (GAP) ($C_3H_7O_6P$), gespalten. Das Dihydroxy-aceton-Phosphat ($C_3H_7O_6P$) wird im folgenden Schritt zu Glycerin-aldehyd-3-Phosphat unter dem Einsatz einer Triose-Phosphat-Isomerase isomerisiert. Somit liegen nun 2 GAP-Moleküle vor, die bei der darauffolgenden Redoxreaktion mit dem Redoxcoenzym NAD^+ oxidiert werden und an der entstandenen freien Stelle, von der das Proton auf das NAD^+ übertragen wurde, je eine freie Phosphatgruppe aufnehmen, während gleichzeitig der Reaktionspartner NAD^+ zu $NADH + H^+$ reduziert wird. Diese Reaktion wird von dem Enzym Glycerinaldehyd-3-Phosphat-Dehydrogenase katalysiert und bildet zugleich den ersten Schritt der Amortisierungsphase, da 2 $NADH + H^+$ gewonnen werden, die in der Atmungskette wieder wichtig werden. Die folgenden Schritte laufen bei beiden der, bei der Oxidation der GAP-Moleküle entstandenen, 1,3-Bisphosphoglycerat-Moleküle ($C_3H_8O_{10}P_2$) gleichermaßen ab. Zunächst überträgt die Phosphoglyceratkinase, ein Enzym der EC (Enzym-Commission) Klasse 2, die Gruppe der Transferasen, eine Phosphatgruppe auf ein Adenosindiphosphat (ADP), sodass Adenosintriphosphat (ATP) gebildet wird. Anschließend folgt die Isomerisierung des entstandenen 3-Phosphoglycerats zu einem 2-Phospoglycerat durch die Phospho-glycerat-Mutase, einer Isomerase der EC Klasse 5, die so die Voraussetzung für die folgende Dehydratisierung schafft. Es erfolgt die Abspaltung eines Wassermoleküls (H_2O) vom 2-Phospoglycerat mit Hilfe der Endolase (2-Phospoglycerat-Dehydratase)[viii], sodass das energiereichere Phosphoenolpyruvat ($C_3H_5O_6P$) entsteht, welches schlussendlich unter Katalyse der Pyruvatkinase dephosphoryliert wird. Die Phosphatgruppe wird abermals auf ein Adenosindiphosphat (ADP) übertragen, sodass erneut Adenosintriphosphat (ATP) synthetisiert wird. Es gehen pro Molekül Glucose ($C_6H_{12}O_6$) 2 Pyruvat ($C_3H_4O_3$) aus der Glykolyse hervor, die anschließend in die Mitochondrienmatrix gelangen, wo sie über die oxidative Decarboxylierung in den Citratzyklus gelangen. Die Energiebilanz der Zellatmung beträgt nach der Glykolyse also vorerst 2 ATP, da 2 ATP investiert und anschließend 4 ATP gewonnen wurden, die Differenz also 2 ATP beträgt, und $2\ NADH + H^+$. In Summe lässt sich die Umsetzung bei der Glykolyse als

$$\text{Glykolyse: } C_6H_{12}O_6 + 2\ ATP + 2\ NAD^+ \rightarrow 2\ C_3H_4O_3 + 4\ ATP + 2\ NADH + H^+$$

darstellen.



Das entstandene Pyruvat ($C_3H_4O_3$) gelangt in die Mitochondrienmatrix. Dort wird es durch den Pyruvatdecarboxylase-Komplex über mehrere Reaktionsschritte mit dem Coenzym A (CoA) zum Acetyl-CoA verknüpft. Zuerst wird jedoch Kohlenstoffdioxid (CO_2) oxidiert und das folglich aus dem Pyruvat entstandene Acetyl auf die Thiolgruppe des Coenzym A übertragen. Diese Reaktion kann jedoch nur ablaufen, sofern eine aerobe Umgebung vorliegt, andernfalls findet der anaerobe Abbauprozess, die Gärung, statt. Während dieses Vorgangs wird das erste C-Atom des Acetyls, dessen Oxidationsstufe im Zuge der Abspaltung des CO_2 auf den Wert +II reduziert wurde, wieder auf den Wert +III oxidiert. Das Gegenstück dieser Redoxreaktion bildet die Reduzierung eines NAD^+-Moleküls, welches zu NADH + H^+ umgesetzt wird. Unter dem Hinzukommen von H_2O wird das Coenzym A mit seiner Thiolgruppe vom Acetyl-CoA abgeschieden und der Acetylrest in den Citratzyklus eingeschleust, wo direkt er direkt an den C_4-Körper des Oxalacetat addiert wird, sodass Citrat ($C_6H_8O_7$), das Anion der Zitronensäure, entsteht. Es erfolgt die Isomerisierung in Isocitrat ($C_6H_8O_7$), welches anschließend oxidativ decarboxyliert wird. Das heißt, die Carboxygruppe (COO^-) des Isocitrats ($C_6H_8O_7$) wird oxidiert (von Oxidationstufe +III zu +IV) und in Form von CO_2 abgespalten. Zudem lagert sich die bei der Isomerisierung verschobene OH-Gruppe zu einer Ketogruppe um und wird dabei ebenfalls oxidiert, sodass NAD^+ reduziert werden kann und als NADH + H^+ aus der Reaktion hervorgeht. Es erfolgt eine weitere oxidative Decarboxylierung des α-Ketogluterates, wobei die Carboxylgruppe der Ketogruppe (Oxidationsstufe +III) oxidiert

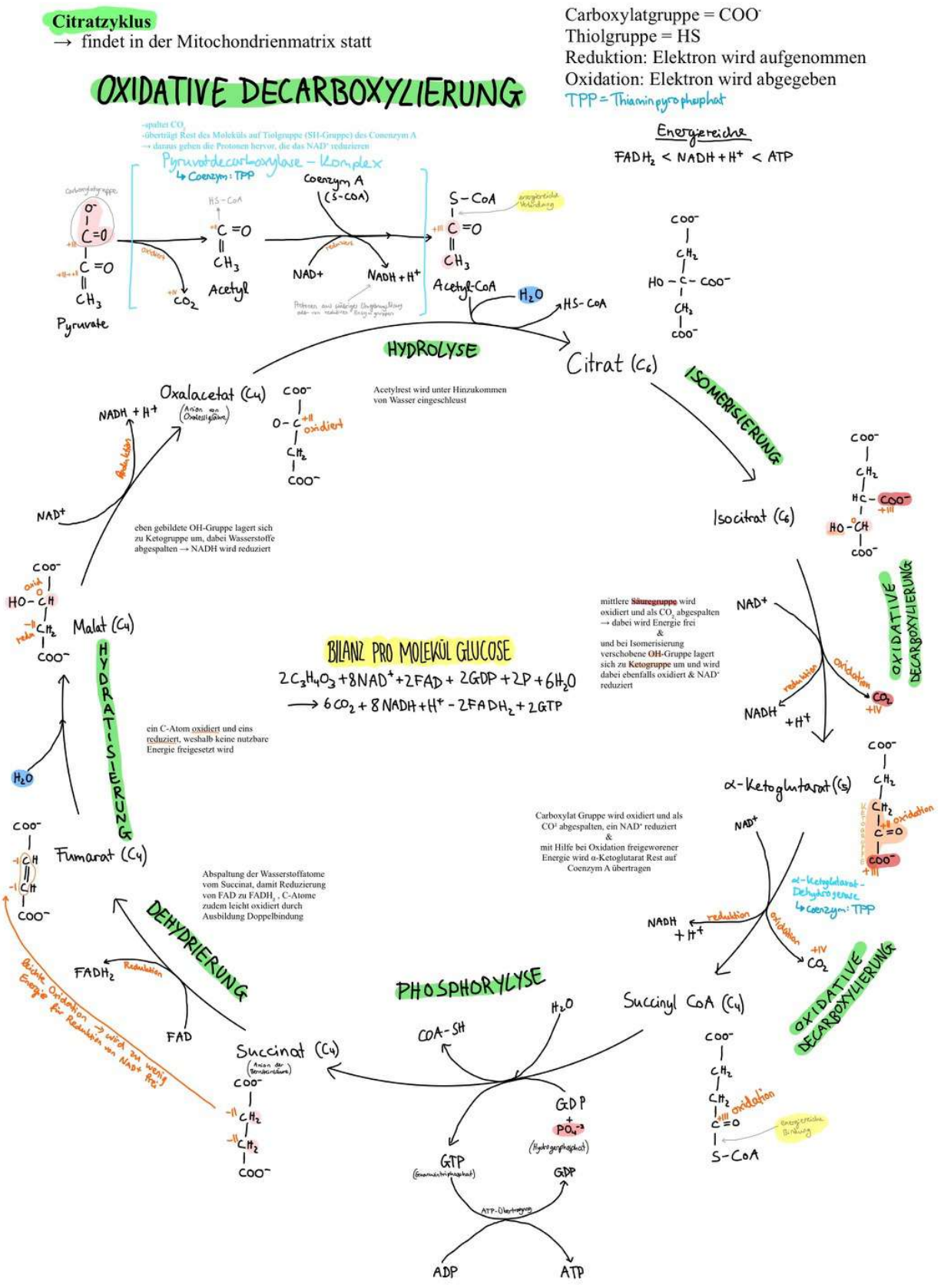
(Oxidationsstufe +IV) und als CO_2 freigesetzt wird. Ergänzend zu dieser Redoxreaktion wird erneut NAD^+ zu NADH + H^+ reduziert. Mit Hilfe der bei der Oxidation freigewordenen Energie, wird der α-Ketogluterat Rest auf ein Coenzym A übertragen. Das entstandene Succinyl CoA (C_4-Körper + CoA) enthält somit eine energiereiche Bindung zum Schwefelatom (S) des CoA, die im Folgenden durch das Hinzuführen von H_2O wieder aufgetrennt wird. Die freiwerdende Energie wird für für die Addition eines freien Phosphats (Pi) an ein Guanosindiphosphat (GDP) genutzt, sodass ein Guanosintriphosphat (GTP) gebildet wird, welches die Phosphatgruppe auf ein Adenosindiphosphat (ADP) übertragen kann, um ein Adenosintriphosphat (ATP) zu synthetisieren.

$$GDP + Pi \leftrightarrow GTP$$
$$GTP + ADP \leftrightarrow GDP + ATP$$

Aus der ATP Gewinnung geht zudem das Anion der Bernsteinsäure, Succinat ($C_4H_6O_4$), hervor. Es besteht neben den zwei Carboxylgruppen aus zwei C-Atomen der Oxidationsstufe -II, an die je zwei H-Atome gebunden sind. Anschließend werden die beiden C-Atome leicht oxidiert (auf Oxidationsstufe -I), wobei jedoch zu wenig Energie freigesetzt wird, um NAD^+ zu reduzieren, weshalb stattdessen Flavinadenindinucleotid (FAD) zu $FADH_2$ reduziert wird. Es werden also 2 Protonen (H^+) und 2 Elektronen (e^-) auf den Cofaktor FAD übertragen. Gleichzeitig bilden die C-Atome an Position 2 und 3 des Succinats eine Doppelbindung aus, wodurch Fumerat ($C_4H_2O_4$) entsteht.

$$C_4H_6O_4 + FAD \leftrightarrow C_4H_2O_4 + FADH_2$$

Im weiteren Verlauf des Citratzyklus wird erneut Wasser eingeschleust. Es wird an das an das an Position 2 lokalisierte C-Atom des Fumerats addiert und parallel dazu oxidiert das C-Atom an Position 2 (Oxidationsstufe -I zu 0), während molekülintern das C-Atom an Position 3 den Redoxreaktionspartner bildet und auf die Oxidationsstufe -II reduziert wird. Die eben gebildete OH-Gruppe lagert sich zu einer Ketogruppe um und und es werden zwei Wasserstoffatome abgespalten, die auf den Cofaktor NAD^+ übertragen werden, sodass NADH + H^+ reduziert wird. Die Oxidation findet am C-Atom der Position 2 des entstehenden Oxalacetats ($C_4H_4O_5$) statt, das seine Oxidationsstufe von 0 zu +II ändert. Damit wurde der Citratzyklus vollständig durchlaufen und das Oxalacetat steht zur Aufnahme des nächsten Acetylrests zur Verfügung. Pro Durchlauf des Zyklus' entstehen für die Energiebilanz 3NADH + $3H^+$ + $FADH_2$ + ATP. Pro Molekül Glucose wird der Citratzyklus zweimal durchlaufen, sodass insgesamt 6NADH + $6H^+$ + $2FADH_2$ + 2ATP in die endgültige Energiebilanz eingehen. Hinzu kommen 2NADH + $2H^+$, die bei der oxidativen Decarboxylierung reduziert wurden. (siehe Abbildung)



Alle bislang bei dem Glucoseabbau reduzierten Cofaktoren, 10NADH + $10H^+$ und $2FADH_2$, geben an der inneren Mitochondrienmembran, die für die Kompartimentisierung zwischen Mitochondrienmatrix und Intermembranenraum zuständig ist, ihre zuvor entstandenen Reduktionsäquivalente an die Enzymkomplexe I und II ab. Das NADH + H^+ überträgt seine Protonen und Elektronen auf den Enzymkomplex I, die Chinon-Oxireduktase. Dieser Enzymkomplex katalysiert die Reduktion des Ubichinon zu Ubichinol. „Gekoppelt an die

Elektronenübertragung von NADH auf den lipidlöslichen Elektronenüberträger Chinon (Q) [(Ubichinon)] transportiert der Komplex zwei bis fünf Protonen ($nH^+ : n \in \{2,3,4.5\}$) von der Matrixseite zur zytosolischen Seite der inneren Mitochondrienmembran.“[ix]

$$NADH + Q + H+ + nH^+_{innen} \rightarrow NAD^+ + QH2 + nH^+_{aussen}$$[vii]

Analog läuft der Vorgang mit den Reduktionsäquivalenten des $FADH_2$ am Enzymkomplex II ab. In Folge der Protonenpumpe der Enzymkomplexe, die die Protonenkonzentration im Intermembranenraum des Mitochondriums erhöht, bildet sich ein Konzentrationsgefälle zwischen Intermembranenraum und Mitochondrienmatrix, was die Protonen zum Rückfluss in die Mitochondienmatrix drängt. Die selektiv permeable innere Mitochondrienmembran ist jedoch undurchlässig für die Ionen, weswegen die Protonen einzig durch die ATP-Synthasen, Transmembranproteine, die ebenfalls in der inneren Mitochondrienmembran eingelagert sind, zurück in die mitochondriale Matrix gelangen könne, um dass Konzentrationsgefälle zu kompensieren. Die bei dem passiven Protonenrückfluss durch die ATP-Synthasen entstehende Energie verwertet die ATP-Synthase indem sie Adenosindiphosphat (ADP) phosphoryliert. Es entsteht der Energieträger Adenosintriphosphat (ATP).

$$H^+_{aussen} + ADP + P \rightarrow H^+_{innen} + ATP$$

Zudem werden die Elektronen über das Redoxsystem der vier Enzymkomplexe transportiert und über den Enzymkomplex IV in einer kontrollierten Knallgasreaktion (Reaktion von O_2 und H_2O) zu Wasser umgesetzt.

$$2H^+ + 2e^- + 1/2O_2 \rightarrow H_2O$$

Dabei werden die Elektronen innerhalb des Redoxsystems der Atmungskette von den Enzymkomplexen I, der NADH+H^+-Ubichinon-Reduktase, und Enzymkomplex II, der Succinat-Ubichinon-Reduktase,mit Hilfe des Coenzyms Q_{10}, dem Ubichinon zum Enzymkomplex III, der Ubichinol-Cytochrom c-Oxireduktase, transportiert. Am Enzymkomplex III findet dann die Redoxreaktion statt, bei der Ubichinol wieder oxidiert wird, die Elektronen also abgibt. Diese werden dabei auf das Cytochrom C übertragen, welches somit reduziert wird und den Elektronentransport zum Enzymkomplex IV sicher stellt, um die kontrollierte Knallgasreaktion zu ermöglichen.
Damit ist die Zellatmung abgeschlossen und sind rund 32 bis 38 ATP entstanden.

Abb. 1: Schematische Darstellung der oxidativen Phosphorylierung

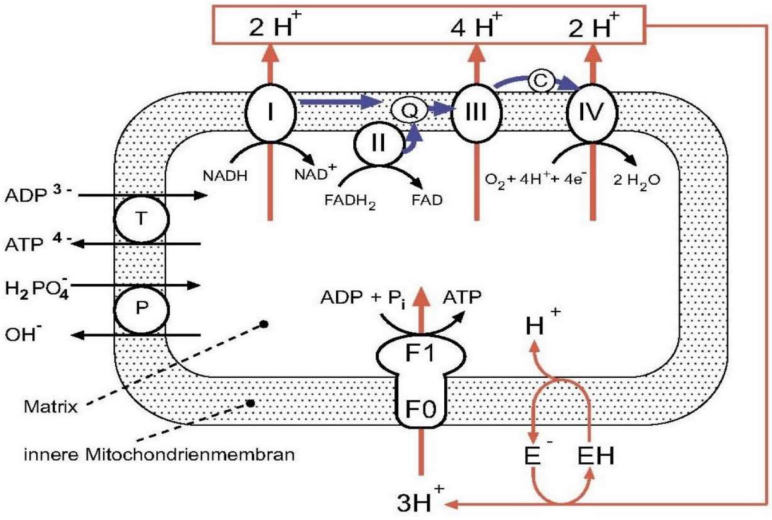


Abb. 1 zeigt die wichtigsten Prozesse der oxidativen Phosphorylierung, die in der Mitochondrienmatrix und an der inneren Mitochondrienmembran ablaufen. (I-IV) Komplex I-IV der Atmungskette; (F_1/F_0) ATP-Synthase; (U) Coenzym Q; (C) Cytochrom c; (T) Adeninnukleotid-Translokase; (P) Phosphat-Transporter; (EH/E^-) Entkoppler im protonierten bzw. dissoziierten Zustand; (blaue Pfeile) Elektronenfluss; (rote Pfeile) Protonentransport; (grüne Pfeile) mitochondrielle Transportsysteme.

(Grafikquelle: https://www.ruhr-unibochum.de/biochem/mam/content/mediziner/05_zellatmung.pdf (18.05.2020))

Milchsäuregärung

Bei einer unzureichenden Sauerstoffkonzentration im Körper läuft nach der Bildung des Pyruvats der Prozess der Gärung ab. Im Körper handelt es sich dabei um die Milchsäuregärung, bei der das Pyruvat ($C_3H_3O_3$) aus der Glykolyse anfangs unter der Oxidation eines NADH + H^+ zu NAD^+, zu Lactat ($C_3H_5O_3^-$) wird. Diese Reaktion wird durch das Enzym Lactatdehydrogenase katalysiert.

$$C_3H_4O_3 + NADH + H^+ \leftrightarrow \quad NAD^+ + C_3H_5O_3^-$$

Das oxidierte NAD^+ wird nun wieder für die Glykolyse benötigt. Die Lactatsynthese hat somit lediglich regenerative Zwecke. Es dient der Regeneration von NAD^+.

2.1.2.2 Gluconeogenese

Das Abfallprodukt der Michsäuregärung, das Lactat, wird in den Blutkreislauf des menschlichen Organismus abgegeben und gelangt von dort in die Leber, wo aus dem Lactat in mehreren Teilschritten Glucose synthetisiert werden kann.[x] Dieser Prozess wird auch als Gluconeogenese bezeichnet und im speziellen Fall der Gluconeogenese mit Lactat, als Cori-Zyklus. Zunächst wird aus dem Lactat ($C_3H_5O_3^-$) wieder Pyruvat ($C_3H_3O_3$) gewonnen. Die Reaktion läuft also in die andere Richtung ab. Dies ist möglich, da sie reversibel ist. So wird die sehr energieaufwendige Glukoneogenese eingeleitet, für die pro Synthese eines Glucosemoleküls 6 ATP benötigt werden. Sie beginnt mit der Bildung von Oxalacetat ($C_4H_4O_5$) unter dem Verbrauch eines Adenosintriphosphat und eines Kohlenstoffdioxidmoleküls (CO_2). Diese Carboxylierung wird von der Pyruvatcarboxylase mit dem Coenzym Biotin katalysiert.

$$C_3H_4O_3 + ATP + CO_2 \rightarrow C_4H_4O_5 + ADP + Pi \text{ (freies Phosphat)}$$

Das Malat-Asperat-Shuttle (Malat-Zyklus) übernimmt anschließend den Transport des Oxalacetat über die selektiv permeable innere Mitochondrienmembran in das Cytoplasma der Zelle. Dabei wird Oxalacetat im Austausch mit α-Ketoglutarat befördert, indem es zuerst von einer

Malatdehydrogenase zu Malat reduziert wird und dann im Gegenzug zu α-Ketoglutarat durch einen Malat-α-Ketoglutarat-Antiporter, der in der inneren Mitochondrienmembran eingelagert ist, in das Cytoplasma der Zelle befördert. Auf der anderen Seite wird es wieder zu Oxalacetat oxidiert und gleichzeitig wird NAD^+ reduziert.

$$\text{Oxalacetat} + \text{NADH} + H^+ \leftrightarrow \text{Malat} + NAD^+$$

Im Cytoplamsa katalysiert die Phosphoenolpyruvatcarboxykinase anschließend die Bildung von Phosphoenolpyruvat ($C_3H_5O_6P$) unter dem Energieaufwand eines Guanosintriphosphat (GTP). Oxalacetat wird phosphorylierend decarboxyliert und gleichzeitig CO_2 abgespalten.

$$\text{Oxalacetat} + \text{GTP} \rightarrow \text{Phosphoenolpyruvat} + \text{GDP} + CO_2$$

Als nächstes folgen die einzelnen Schritte der Glykolyse in umgekehrter Reihenfolge. So wird zunächst 2-Phosphoenolpyruvat unter Katalyse einer Enolase hydratisiert, das entstandene Molekül mit Hilfe der Phosphoglyceratmutase zu dem Isomer 3-Phosphoglycerat ($C_3H_5O_6$) umgebaut und dieses unter Verbrauch je eines ATP pro $C_3H_5O_6$-Molekül phosphoryliert. Die Phosphatgruppe wird anschließend wieder abgespalten und im laufenden Vorgang ein NADH + H^+ oxidiert. Dieser Vorgang wird von der Glycerin-aldehyd-3-Phosphat-Dehydrogenase katalysiert. Es entsteht Glycerin-aldehyd-3-Phosphat (GAP). Bei jedem zweiten Ablauf dieser Reaktionskette erfolgt nun die Isomerisierung zu Dihydroxy-aceton-Phosphat (DHAP) durch eine Triosephosphatisomerase, sodass GAP und DHAP anschließend von der Frucose-1,6-Bisphosphataldolase zu einem Fructose-1,6-Bisphosphat zusammengesetzt werden können. Es erfolgt die Hydrolyse des Moleküls, das so mit Hilfe des Enzyms Fructose-1,6-Bisphosphatase dephosphoryliert werden kann. Es entsteht Frucose-6-Phosphat.

$$\text{Fructose-1,6-Bisphosphat} + H_2O \rightarrow \text{Frucose-6-Phosphat} + \text{Pi (freies Phosphat)}$$

Dann erfolgt die Isomerisierung durch die Glucose-6-phosphat-Isomerase zu Glucose-6-Phosphat. Abschließend für die Gluconeogenese wird die Dephosphorylierung des Glucose-6-Phosphat durch ein im glatten endoplasmatischen Retikulum (gER) der Zelle eingelagertens Membranenzym, die Glucose-6-phosphatase, katalysiert, wodurch unter dem Verbrauch eines Wassermoleküls (H_2O) Glucose synthetisiert wird, die das gER anschließend über spezifische Transporter wieder verlässt und zurück in das Cytoplasma der Zelle gelangt, wo es erneut die Glykolyse zur ATP-Gewinnung durchläuft.

$$\text{Glucose-6-Phosphat} + H_2O \rightarrow \text{Glucose} + \text{Pi (freies Phosphat)}$$

Es wird ersichtlich, dass fast alle Reaktionen der Glykolyse reversibel sind. Es gibt jedoch drei irreversible Ausnahmen, bei denen das chemische Gleichgewicht überwiegend auf der Seite der Produkte liegt, die durch Umgehungsreaktionen umgangen werden.
Neben dem Lactat, dem Produkt aus der Milchsäuregärung, das über den Cori-Zyklus zur Gluconeogenese führt, kann auch aus Glycerin, einem Abbauprodukt der Triacylglycerine (siehe 2.1.3.4 Lipolyse), Glucose synthetisiert werden. Und auch die Abbauprodukte glucogener Aminosäuren (siehe 2.1.4 Proteine) werden für die Gluconeogenese herangezogen.
Ist ein Überschuss an Glucose in der Zelle vorhanden, werden die überschüssigen Glucosemoleküle wieder zu langkettigen Polysacchariden aufgebaut, den sogenannten Glykogen und in dieser Form zu einem Anteil von 1/3 in der Leber und die anderen 2/3 in den Muskelzellen gespeichert. Wenn jedoch die Glykogenspeicherkapazität der Leber ausgefüllt ist, beginnt die Leber aus dem überschüssigen Glucoseanteil Triglyceride zu synthetisieren. Dieser Vorgang wird auch als „postprandiale Netto-Lipogenese“[xi]bezeichnet.
Der von der Leber in Fett umgewandelt überschüssiger Zucker dient so ebenfalls als

Reservespeicher des Körpers. Folgen von den sich anreichernden Fettspeichern sind Erkrankungen wie Diabetes, Herzerkrankungen, Fettleber und Krebs. Zudem wird durch zu üppige Fettreserven das Risiko auf chronische Entzündungsreaktionen erhöht.

2.1.2.3 Ballaststoffe

Neben den verdaulichen Kohlenhydraten gibt es des Weiteren auch die Ballaststoffe, die für den menschlichen Körper unverdaulich sind, da es keine Substanzen und Enzyme im menschlichen Organismus gibt, die einen Ballaststoffabbau ermöglichen. Jedoch haben die unverdaulichen Nahrungsbestandteile eine verdauungsfördernde Wirkung und werden für die Spezifizierung ihrer Wirkung in zwei weitere Unterkategorien unterteilt:

➔ Die **löslichen Ballaststoffe** sind die, welche durch die Aufnahme von Wasser im Dickdarm als Quellsubstanz fungieren und außerdem von Darmbakterien in kurzkettige Moleküle zerkleinert werden. So verleihen sie dem Stuhl des Menschen mehr Volumen und unterstützen die Verdauung, wodurch sie dem Körper indirekt helfen, überschüssiges Cholesterin auszuscheiden und dadurch indirekt die Blutfettwertesenken. Außerdem senken sie so indirekt das Herzinfarktrisiko, beugen Arterienverkalkungen vor, schützen vor Gallenstein und normalisieren den Zuckerstoffwechsel. „Gleichzeitig dienen die Ballaststoffe den Bakterien als Nahrung, sie können sich dadurch gut vermehren. Auch das erhöht das Stuhlvolumen, denn schätzungsweise 60 Prozent davon machen Bakterienzellen aus.“[xii] Die Zusammensetzung des Bakterienmillieus in Gastrointestinaltrakt spielt hierbei eine entscheidene Rolle bezüglich der spezifischen Wirkungen der Ballaststoffe.

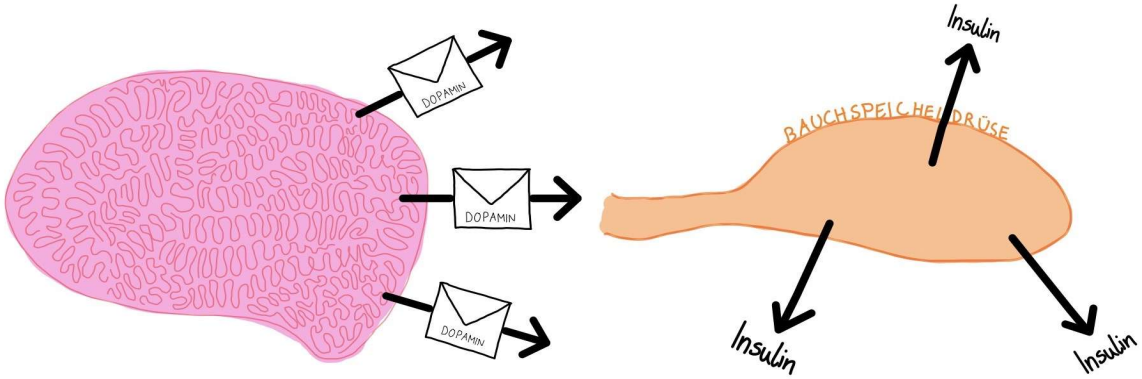
➔ Die **unlöslichen Ballaststoffe** hingegen können nicht so viel Wasser binden, werden aber auch nicht zerkleinert, weshalb sie ebenfalls das Stuhlvolumen vergrößern. „Ein voluminöser Stuhl regt die Bewegungen des Darms an, was wiederum den Weitertransport der Nahrungsreste und ihre Ausscheidung beschleunigt.“[xiii] Auch hier bestimmt das Bakterienmillieu des Gastrointestinaltrakts das genaue Wirkungsspektrum der Ballaststoffe.

Lösliche Ballaststoffe sind vorwiegend in Obst, Gemüse und Hülsenfrüchten zu finden. Unlösliche Ballaststoffe hingegen kommen zahlreich in Vollkornprodukten vor. Um den Körper optimal mit Ballaststoffen zu versorgen, wird eine tägliche Dosis von circa 30 Gramm empfohlen, die jedoch je nach Verträglichkeit stark variieren kann.

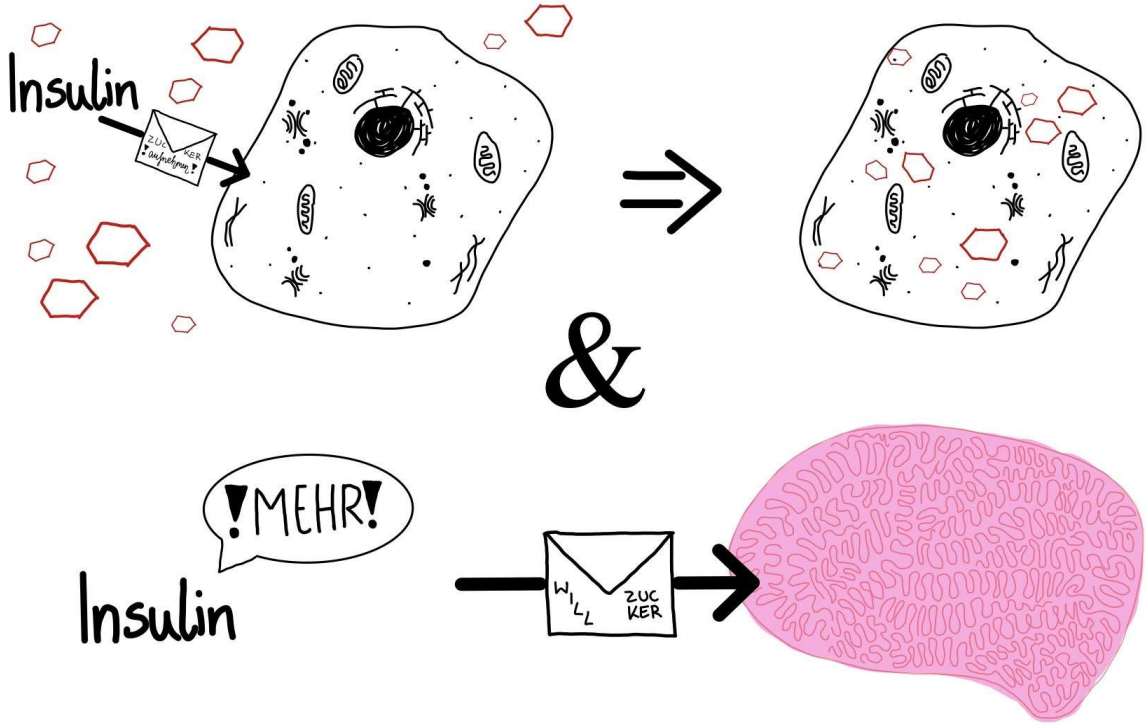
Lebensmittel mit großem Anteil an unverdaulichen Bestandteilen werden auch als **Präbiotika** bezeichnet. Sie dienen den Mikroorganismen im Dickdarm als Futterquelle und haben somit eine vorteilhafte Wirkung auf sie.

2.1.2.4 Zucker

Zucker, auch als Saccharide bekannt, liegen in reiner Form als Monosaccharide vor, die vom Körper nicht weiter zersetzt werden müssen, sondern direkt über die Darmwand resorbiert werden können. So steigt der Blutzuckerspiegel bei größeren Mengen an Monosacchariden in der Nahrung rapide an. Zudem löst Zucker im Gehirn die Ausschüttung des Glückshormons Dopamin aus, welches wiederum die Bauchspeicheldrüse zu einer erhöhten Insulinausschüttung antreibt.



Insulin wiederum gibt den Körperzellen den Befehl zur Zuckeraufnahme und sendet das Signal für das Verlangen nach mehr Zucker an das Gehirn weiter.

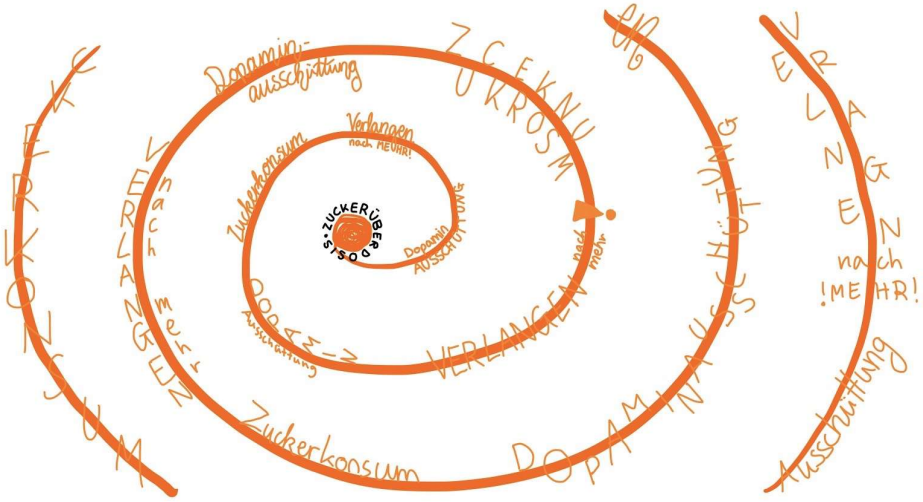


So kann hoher Zuckerkonsum langfristig Gewichtsprobleme hervorrufen und erschöpft zusätzlich die Bauchspeicheldrüse, deren Aktivität durch den Zuckerkonsum hochgefahren wird. Mögliche Folgen sind Altersdiabetes und die Ausbildung eine Fettleber.
Die Fettleber kann durch den Zuckerkonsum zustande kommen, da überschüssiger Zucker vom Körper in Fett umgewandelt und so als Adipozyten (Fettzellen) gespeichert wird. (vgl. 2.1.2.2 Glucogenese) Die Altersdiabetes hingegen wird durch eine ständig gestörte Zuckerkonzentration im Blut hervorgerufen. Insgesamt wird ersichtlich, dass größere Mengen an Zucker in Reinform ungesund für den gesamten Stoffwechsel sind, jedoch als schneller Energielieferant dienen.

Das auf den Zuckerkonsum folgende gestärkte Verlangen nach Zucker ist jedoch ein natürliches Verhalten des Körpers, welches das Individuum im Laufe der Zeit richtig zu kontrollieren lernen. Das Gehirn benötigt nämlich stetig Energie und sendet deshalb Signale die uns zur Nahrungsaufnahme antreiben, mit dem Ziel Energie zu erlangen. Da reiner Zucker direkt resorbierbar ist, ist er ein schneller Energielieferant, weshalb er die dem Verzehr folgende Dopaminausschüttung beschleunigt und bestärkt. Hierzu muss gesagt sein, dass die Sättigung ebenfalls als erlernter Prozess gilt und somit die Erfahrungen mit der Nahrungswahl im Kindesalter enorm wichtig sind, da sie das Eßverhalten mitprägen (siehe 2.4.8 Die Entwicklung der individuellen Essgewohnheiten). Wenn ein Kind von Anfang an viel Zucker in Form von Monosacchariden bekommt, lernt es, dass ihm dieser Zucker schnell Energie gibt. Bekommt es jedoch direkt Polysaccharide über die Nahrung, wie beispielsweise in Vollkornbrot, so bekommt es ebenfalls kurze Zeit später Energie, schont dabei seinen Körper und erlangt ein Sättigungsgefühl.

Wenn der Mensch viel Zucker verzehrt, verschiebt sich die Schwelle für das Süßempfinden nach hinten, da der Mensch dem Reiz des süßen Geschmacks zu oft ausgesetzt ist und sich die Wahrnehmung dem Normalzustand angleicht. Dieses Phänomen wird auch als Süßspirale bezeichnet, da der Zuckerkonsum erneutes Verlangen nach Zucker hervorruft, daraufhin weiterer Zucker konsumiert wird und sich anschließend das selbe wiederholt. Süß wird so von einem extremen Geschmack zu einem schwachen Geschmack, je mehr Zucker man konsumiert, da sich die Geschmacksknospen im Mund zusammen mit den anderen Sinnesorganen an den Reiz

gewöhnen.



Aber es gibt ein Entkommen aus dieser Zuckerspirale. Ein temporärer Zuckerverzicht setzt das Geschmacksempfinden und die Gier nämlich zurück, sodass das Ursprungsempfinden wiederhergestellt wird.Durch temporären Verzicht kann man das Essverhalten und die Wahrnehmung des Essens neu justieren und so eine Stabilisierung des Energiehaushalts und eine Verbesserung der Lebensqualität erzielen und so die Prävention für Zucker bedingte Krankheiten schaffen.

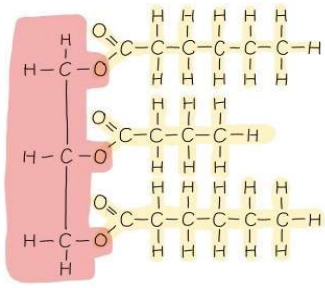
Meist beruht die Zuckersucht auf dem Prinzip des Thrill (siehe 2.4.9 Konzept zum Thril), da süße Lebensmittel einen sogenannten Geschmackskick geben. Dieses Bedürfnis kann jedoch auch mit anderen Geschmäckern gestillt werden. So dämpft vor allem Bitteres die Lust auf Süßes. Durch das Ersetzten des Zuckers lassen sich auch Heißhungerattacken bekämpfen.

2.1.2.4.1 Emotionales Essen

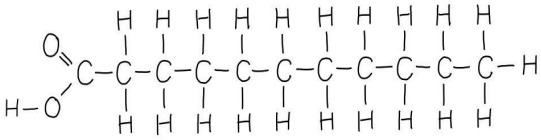
Ist der Mensch bestimmten emotionalen Strapazen ausgesetzt, die ihn dazu veranlassen, zu essen, wird diese Form der Nahrungsaufnahme als emotionales Essen bezeichnet.
Emotionales Essen kann hinsichtlich des emotionalen Empfindens Einsamkeit, Unbehagen und Unsicherheit kurzzeitig verschwinden lassen und somit temporär das Wohlbefinden steigern. Damit verschwinden aber ebenfalls das Wohlgefühl bei der Sättigung und die Zufriedenheit und Lust am Essen.
Bei einer speziellen Form des emotionalen Essens, welches in Stresssituationen erfolgt, spricht man von Stress- oder Frustessen. Dieses kann auf längere Sicht jedoch ebenfalls für eine Abschwächung des Wohlbefindens bei der Sättigung führen.
Beim Stress- und Frustessen gibt es verschiedene Abstufungen, vom permanenten Frustesser bis hin zum harmlosen Frustesser. Sie werden je nach Intensität und Quantität des Frustessens kategorisiert.

2.1.3 Fettsäuren

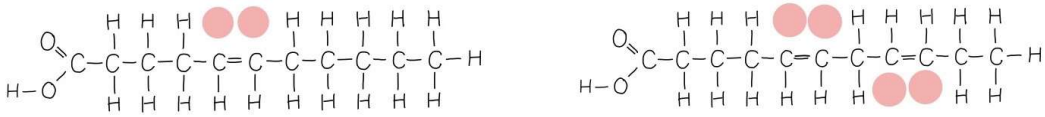
Fette sind der wichtigste Energielieferant des menschlichen Organismus. „Natürliche Fette bestehen vor allem aus Triglyceriden, die sich aus je einem Molekül Glycerin ($C_3H_8O_3$) und drei verschiedenen Fettsäuren zusammensetzten.“[xiv] Triglyceride sind Blutfette, die bei erhöhten Werten das Risiko auf die Bildung einer Fettleber sowie an Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erkranken, erhöhen, da sie durch ihren Überfluss im Blut den Insulinspiegel anheben, der wiederum die Adipozyten zur Fettaufnahme und -speicherung anregt und der Organismus so vermehrt Fettgewebe aufbaut, welches sich in Form von viszeralem Fett ebenfalls um die Organe legt und so deren Aktivität beeinträchtigt.



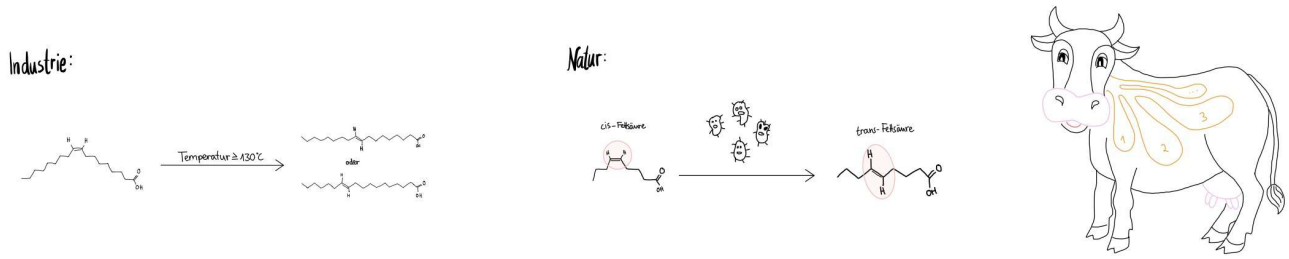
Bei Fettsäuren unterscheidet man zwischen gesättigten und ungesättigten Fettsäuren. **Gesättigte Fettsäuren** sind bei Zimmertemperatur fest und können zudem vom Körper selbst synthetisiert werden (siehe 2.1.3.7 Fettsäuesynthese), weshalb man nur geringe Mengen von ihnen über die Nahrung aufnehmen muss. Ungesättigte Fettsäuren hingegen sind bei Zimmertemperatur flüssig und sollten auf jeden Fall in der Nahrung enthalten sein, da sie unter anderem für die Regulation des Stoffwechsels zuständig sind. Der Unterschied wird auch chemisch gut sichtbar. So ist in gesättigten Fettsäuren die chemisch größtmögliche Menge an Wasserstoffatomen enthalten. Je nach Größe des Moleküls werden sie zudem in kurzkettige -, mittelkettige – und langkettige Fettsäuren unterteilt.



Ungesättigte Fettsäuren hingegen weisen zwei bis acht Wasserstoffatome weniger, als die korrespondierenden gesättigten Fettsäuren, auf. Hierbei wird je nach Wasserstoffatommenge zwischen einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren unterschieden. Man bezeichnet Fettsäuren mit zwei Wasserstoffatomen weniger (das entstehen eine Doppelbindung) als einfach ungesättigte Fettsäuren und Fettsäuren mit vier bis acht Wasserstoffatomen weniger werden mehrfach ungesättigte Fettsäuren oder auch Polyensäuren. Die Sättigung an Wasserstoffatomen wird über die Anzahl der Doppelbindungen zwischen den C-Atomen bestimmt. So weisen einfach ungesättigte Fettsäuren eine Doppelbindung auf und mehrfach ungesättigte Fettsäuren mehrere.



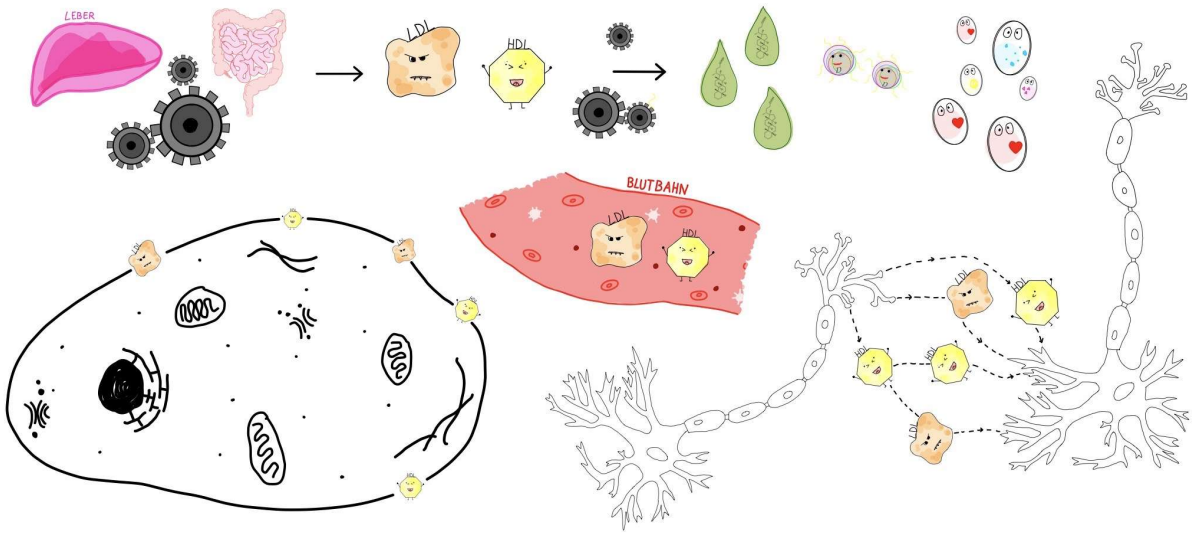
Erhitzt man diese, so entstehen durch die Strukturveränderung des Moleküls **Trans-Fettsäuren**. Natürlicherweise werden Trans-Fettsäuren durch Mikroorganismen, die vor allen im Pansen, dem ersten großen Magen der Wiederkäuer, vorkommen, gebildet, da sie dort die eintreffende Nahrung hydrieren. Unter dem Prozess der Hydrierung, versteht man eine aus dem Hinzuführen weiterer Wasserstoffatome, in diesem Fall zu den Fettsäuren, resultierende chemische Veränderung beziehungsweise Umwandlung von Stoffen oder Verbindungen. Doch auch in der Lebensmittelindustrie werden Trans-Fettsäuren hergestellt. Hierbei entstehen sie vor allem bei der Hydrierung von Ölen, die dazu dient, ihre Textur und Stabilität zu verändern. Es wird bei diesem Vorgang auch von Fetthärtung gesprochen.„Das geschieht hauptsächlich beim Frittieren und Braten, vor allen Dingen dann, wenn die Temperaturen auf über 130 Grad steigen. Diese Prozesse bewirken eine Umwandlung der Molekülstruktur von notwendigen Cis-Fettsäuren in Transfette.“[xv]



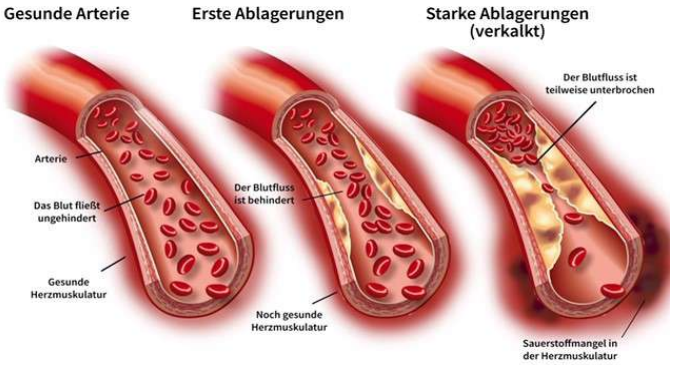
Natürliche Transfette sind unschädlich für den Körper, da der Körper sie umwandeln kann. So ist beispielsweise in Milcherzeugnissen Trans-Veccensäure enthalten, die vom Körper in konjugierte Linolsäure umgewandelt wird, welche ungiftig ist und sogar eine Schutzfunktion gegen Krebs und Diabetes im Körper bildet.
Ernährungswissenschaftler aus der Schweiz und das Bundesinstitut für Risikobewertung in Berlin bezeugen ebenfalls, dass tierischen Fette, zu denen die natürlichen Transfette ebenfalls zählen, die Gesundheit des Menschen nicht belasten.[xvi]
Zu viele Fette, vor allem der schädlichen Transfette, kann der Körper jedoch nicht verarbeiten,und so üben sie sich negativ auf den Fettstoffwechsel aus und steigern mit zunehmender Menge das Risiko für hohen Blutdruck, Herzkreislauferkrankungen, Autoimmunkrankheiten, Übergewicht, Diabetes, Herzinfarkte, Schlaganfälle und das metabolische Syndrom. Bereits eine Menge von 5 Gramm dieser schädigenden Fette täglich genügen, um die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Herzinfarktes um bis zu 25% zu erhöhen.[xvii] Es reicht schon eine kleine Portion Pommes Frites oder ein Berliner um diese Grenze zu überschreiten. Transfette sorgen unter anderem auch dafür, dass die Zellmembranen durchlässig werden und so die Abläufe im Körper wesentlich gestört und beeinflusst werden, da die Kompartimentisierung äußerst relevant für viele Reaktionen ist. Untersuchungen haben ebenfalls ergeben, dass die schädlichen Fette das Immunsystem in erheblichem Maße angreifen. Sie verursachen vermehrt Entzündungen im Körper und können auch das Gehirn angreifen. Studien in den USA haben zudem belegt, dass Transfette durch die Beeinflussung des Gehirns für einen schnelleren Abbau der geistigen Fähigkeiten im Alter sorgen und so Alzheimer fördern können.[xviii] Des Weiteren üben sie Einfluss auf die Fruchtbarkeit der Frau aus. Während der Schwangerschaft beeinflusst ein erhöhter Konsum von Transfetten, durch eine prägnante Frau, die Embryonalentwicklung negativ und führt bei der Geburt zu einem geringeren Gewicht des Neugeborenen und einem Mangel an mehrfach ungesättigten Fettsäuren, da das natürliche Verhältnis gegenüber den Transfetten gestört ist. Diese beiden Faktoren sind jedoch für die Bildung der Sinnesorgane und des Nervensystems extrem wichtig. Ein Mangel kann somit eine Unterentwicklung als Resultat mit sich ziehen.
Zudem haben Transfette einen schlechten Einfluss auf den Cholesterinspiegel, indem sie den Wert des **LDL-Cholesterins**, dem `schlechten` Cholesterin, erhöhen und ab einer gewissen Menge zusätzlich dem **HDL-Cholesterin**, dem `guten` Cholesterin, schaden.

2.1.3.1 Cholesterin

Cholesterin ist eine „fettähnliche Substanz aus der Gruppe der Sterine, die wiederum zu den Lipiden gehören“[xix], die in der Leber und teils im Darm gebildet werden und einen wichtigen Bestandteil des Blutfettes bilden, der verschiedene wichtige Rollen im Körper übernimmt. Dazu gehören die Stabilisierung der Zellmembranen, als Bestandteil ihrer, die Mitverantwortlichkeit für die Zellspannung-, -durchlässigkeit und -reparatur, die Herstellung der Gallensäure, die Produktion von Vitamin D und mancher Hormone, wie beispielsweise den Sexualhormone, das Mitwirken bei den Nervenfunktionen und der Gehirnstoffwechsel. „90 Prozent des aus der Leber ins Blut abgegebenen Cholesterins gelangt in Form von Fett-Eiweiß-Verbindungen (Cholesterin + Protein = Lipoproteine) zu den verschiedenen Körperzellen und wird von diesen aufgenommen.“[xx]



Man unterscheidet beim Cholesterin zwischen den beiden oben genannten Arten, dem LDL-Cholesterin (Low Density Lipoprotein (geringe Dichte)-Cholesterin) und dem HDL-Cholesterin (High Density Lipoprotein (hohe Dichte)-Cholesterin). „Je höher ihr Lipidanteil ist, desto geringer ist ihre Dichte und desto schädlicher können sie für die Gesundheit sein.“[xxi]
Das LDL-Cholesterin ist für den Fetttransport von der Leber in die Organe zuständig und wird dort zudem zur Produktion von verschiedenen Hormonen und dem Vitamin D benötigt. Wenn jedoch zu viel LDL-Cholesterin im Blut ist, kann nicht alles von den Körperzellen aufgenommen werden und so verbleibt der Rest im Blut und kann sich dort als Teil von Ablagerungen, den sogenannten Plaques (siehe Abbildung), an den Gefäßwänden anlagern. Das wiederum kann zur Verengung oder Verstopfung der Adern führen und den Blutfluss massiv beeinträchtigen, wodurch die latente Entzündungsgefahr im menschlichen Körper steigt und sich die möglichen Gefahren für die Gefäße häufen.

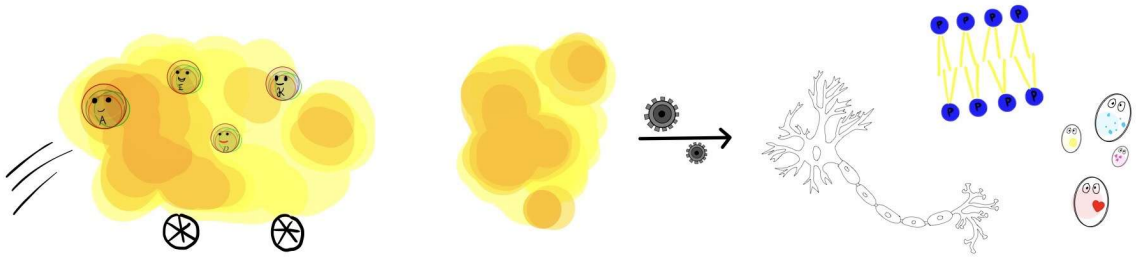


Bildquelle: https://patient-partner.de/koronare-herzerkrankung-khk/
So kann es unter anderem zur Krankheit Arteriosklerose kommen, bei der sich die betroffenen Arterien so stark durch Ablagerungen an den inneren Blutgefäßen verengen, dass sie teils ganz verstopfen und es zu einem Infarkt kommt. Das HDL-Cholesterin hingegen transportiert überschüssiges LDL-Cholesterin aus dem Blut und dem Gewebe zum Abbau in die Leber. Es wird anschließend über die Galle ausgeschieden. Außerdem ist es in der Lage bereits abgelagertes Cholesterin zu lösen und ebenfalls abzutransportieren. Dadurch senkt sich das Risiko für Arteriosklerose und Herzinfarkte.
Diese Tatsachen sind der Grund dafür, weshalb dem Verbraucher empfohlen wird, maximal einen Prozent seines täglichen Energiebadarfs über den Konsum von Transfetten abzudecken, denn bereits zwei Prozent würden für einen Anstieg der Krankheitsrate, um ein Drittel, sorgen.[xxii]
Des Weiteren kann eine Ernährung, die reich an einfach ungesättigten Fettsäuren ist, den Gesamtcholesterinspiegel und den LDL-Cholesterinspiegel verringern. Die mehrfach ungesättigten Fettsäuren senken auch den LDL-Cholesterinspiegel, sollten jedoch nur zwischen sieben und zehn Prozent der Energiezufuhr ausmachen, da sie in größeren Mengen auch dem HDL-Cholesterin

schaden. Gesättigte Fettsäuren wiederum erhöhen den Blutfettanteil und vor allem den des LDL-Cholesterins, weshalb sie maximal zehn Prozent der Energiezufuhr ausmachen sollten.

2.1.3.2 Allgemeiner Nutzen der Fette

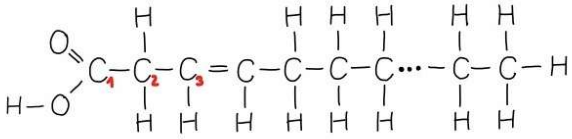
Insgesamt sollte darauf geachtet werden, dass trotzdem genug Fett konsumiert wird, da sich ansonsten die Gefahr für den Organismus erhöht, zu wenig essentielle Fette, beziehungsweise Fettsäuren, und fettlösliche Vitamine aufzunehmen.„Fette haben [nämlich] eine wichtige Funktion im menschlichen Organismus. Sie sind Sattmacher, Geschmacksträger und Transportmittel für die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K.“[xxiii] Zudem sind sie im Körper unter anderem wichtige Bausteine für Zellmembranen, Nervenzellen und Hormone, halten den Stoffwechsel in Gang und liefern durch ihre Aufnahme im Körper wichtige Energie, die besonders vom Gehirn benötigt wird. Da Fett mit 9,3 Kilokalorien pro Gramm doppelt so viel Energie liefert, wie die gleiche Menge an Proteinen oder Kohlenhydraten, gehen mit einem Fettmangel Schwächegefühl, Konzentrationsschwierigkeiten und Einschränkungen bei weiteren energieaufwendigen Prozessen einher. Diese werden meist durch einen erhöhten Kohlenhydratkonsum kompensiert, der langfristig zu anderen Problemen wie beispielsweise Übergewicht führen kann.

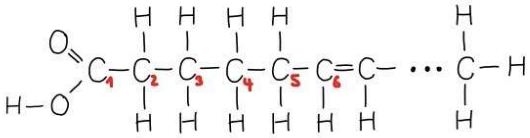


Deshalb wird von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlen, die Nahrung so auszuwählen, dass sie zu 30 Prozent aus Fetten besteht. Dabei sollte es sich hauptsächlich um ungesättigte Fettsäuren handeln. Sie gelten als besonders gesund und schützen nachweislich sogar vor Arterienverkalkungen.
Speziell mehrfach ungesättigte Fettsäuren werden auch als essentielle oder lebensnotwendige Fettsäuren bezeichnet, da sie im Gegensatz zu gesättigten und einigen ungesättigten Fettsäuren nicht vom Körper auf- oder umgebaut werden können, weshalb sie der Körper über die Nahrung aufnehmen muss.

2.1.3.3 Omega-3- & Omega-6-Fettsäuren

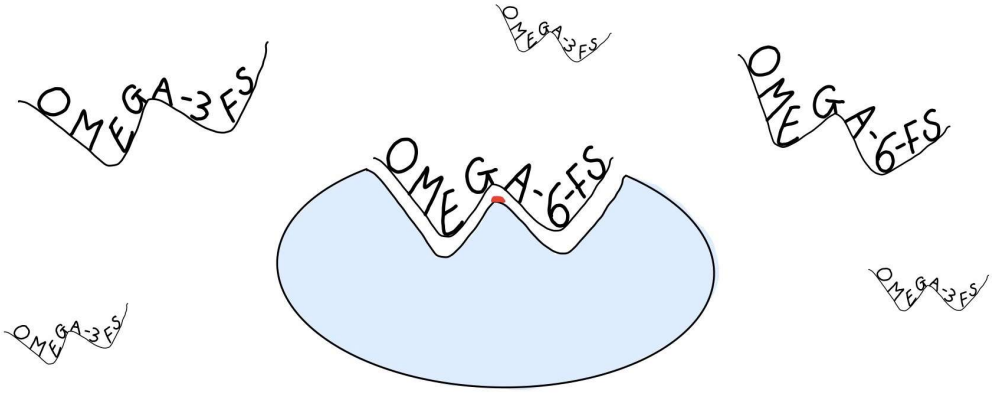
Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren bilden die beiden wichtigsten Vertreter der ungesättigten Fettsäuren und sind zum Beispiel in Nüssen, Fisch und verschiedenen Samen und aus ihnen hergestellten Pflanzenölen zu finden. Die Zahlen geben jeweils an, an welchem Kohlenstoffatom sich die erste Doppelbindung der ungesättigten Fettsäuren befindet.





Beide dieser Stoffe sind essentiell für den Stoffwechsel, jedoch muss auf das richtige Verhältnis der beiden geachtet werden, da bei überschüssigen Omega-6-Fettsäuren eine Konkurrenz zu den Omega-3-Fettsäuren entsteht und so die Wirksamkeit der Omega-3-Fettsäuren gesenkt wird. Die Fettsäuren konkurrieren, weil die gleichen Enzyme für die Umsetzung beider Fettsäuren zuständig sind. Das heißt, sowohl Omega-3-Fettsäuren, als auch Omega-6-Fettsäuren fungieren als Substrat eines Enzyms, wodurch die Wahrscheinlichkeit, welches der beiden verschiedenen Substrate den Substrat-Enzym-Komplex mit dem Enzym eingehen kann, über das Verhältnis der beiden Fettsäuren zueinander bestimmt wird. Somit beeinflussen Omega-3-Fettsäuren die Wirksamkeit von

Omega-6-Fettsäuren und andersherum Omega-6-fettsäuren die Wirksamkeit von Omega-3-Fettsäuren.



„**Omega-3** ist besonders für das Gehirn, das Herz und das Augenlicht wichtig, und wird hauptsächlich aus marinen Quellen gewonnen, besonders fettem Fisch wie Lachs, Forelle, Sardinen, Makrelen, Sardellen und Hering. Für gewöhnlich essen wir allerdings leider nicht genug Fisch, um die empfohlene Tagesmenge zu uns zu nehmen.“[xxiv] Zudem wirken Omega-3-Fettsäuren entzündungshemmend.
Omega-6 hingegen ist essentiell für eine normale Entwicklung und ein normales Wachstum bei Kindern. Die benötigte Menge lässt sich deutlich leichter über die Ernährung abdecken, als die der Omega-3-Fettsäuren, weshalb ein Mangel nur äußerst selten vorkommt.
Linolsäure ist eine zweifach ungesättigte, essentielle Fettsäure und gehört zur Gruppe der Omega-6-Fettsäuren. Außerdem gehört sie zu den Ceramiden und sorgt dafür, dass die Haut mit ausreichend Feuchtigkeit versorgt ist, indem sie ihren Anteil zu dem „Natural Moisturizing Factor“, dem natürlichen Feuthaltesystem der Haut, leistet, welches sich in der obersten Schicht der Haut, der Hornschicht, befindet. Diese ist wichtig für die Hautbarriere, da die Haut nur mit genügend Feuchtigkeit vollkommenen Schutz leisten kann. So wird ein Mangel der Substanz durch trockene, faltige Haut sichtbar.
Zudem wirkt Linolsäure entzündungshemmend und kann somit bei Hautreizungen, wie Akne, helfen.

2.1.3.4 Lipolyse

Die Lipolyse ist der Prozess bei dem die Triglyceride in ihre Bestandteile zerlegt werden. Sie umfasst drei Schritt in denen je eine Fettsäure von dem Glycerinmolekül des Triglycerids, auch als Triacylglycerin bekannt, abgespalten wird. Die Schritte werden dabei allesamt von unterschiedlichen Lipasen katalysiert.
Die erste Abspaltung einer Fettsäure von einem Triacylglycerin wird durch eine adipöse Triglycerid-Lipase (ATGL) katalysiert und es entstehen eine freie Fettsäure, die nun bereit für die β-Oxidation ist, und ein Diacylglycerin, welches unter der Katalyse der hormonsensitiven Lipase (HSL) in Monoacylglycerin und eine weitere freie Fettsäure gespalten wird. Abschließend für die Lipolyse erfolgt die Abspaltung der letzten Fettsäure durch eine Monoacylglycerin-Lipase, sodass eine weitere freie Fettsäure und ein Glycerinmolekül entstehen. Die Fettsäuren durchlaufen je nach Bedarf des Organismus die β-Oxidation in den Muskelzellen oder die Ketogenese in der Leber. Das verbliebene Glycerinmolekül wird in der Leber umgebaut und anschließend im Prozess der Gluconeogenese (vgl. 2.1.2.2 Gluconeogenese) oder der Fettsäuresynthese (vgl. 2.1.3.7 Fettsäuesynthese) genutzt.[xxv]
Um die Gluconeogenese durchlaufen zu können, wird Glycerin zunächst in der Leber unter Mitwirkung einer Glycerokinase zu Alpha-Glycerophosphat und anschließend zu Dihydroxyacetonphosphat (DHAP) umgebaut und gelangt so in die reversiblen Glycolyseabläufe (vgl. 2.1.2.2 Gluconeogenese).

2.1.3.5 β-Oxidation

Fette dienen dem Körper jedoch vor allem zur Energiegewinnung, die über die zyklische β-Oxidation der Fettsäuren erfolgt. „Unter der **beta-Oxidation** bzw. **β-Oxidation** versteht man den oxidativen Abbau von Fettsäuren zu Acetyl-CoA im Matrixraum der Mitochondrien. Das "beta" im Namen bezieht sich auf das C3-Atom der Fettsäure, an dem die Oxidation stattfindet.“[xxvi]
Um die Oxidation zu ermöglichen, müssen die Fettsäuren aktiviert werden. Dies geschieht über die Anbindung an ein Coenzym A (CoA). So wird zur vorliegenden Fettsäure, auch als Acyl bezeichnet, Adenosintriphosphat mit Hilfe der Thiokinase addiert, sodass Acyladenylat und zwei freie Phosphatgruppen entstehen. Das Acyladenylat gibt anschließend unter Anbindung eines CoA-S zuvor addierte Adenosinmonophosphat wieder ab. Dieser Vorgang wird ebenfalls durch die Thiolase katalysiert. Da die Fettsäuren unterschiedliche Längen haben, da die Länge ihrer Kohlenwasserstoffketten variiert, wird die allgemeine Summenformel mit $CH_3(CH_2)_nCOOH$ beschrieben, wobei das n die Anzahl in der Kohlenwasserstoffkette liegenden CH_2-Gruppen angibt.

Im ersten Schritt der β-Oxidation überträgt Acyl-CoA-Dehydrogenase zwei Protonen (H^+) auf ein FAD, sodass dieses zu $FADH_2$ reduziert wird. Es entsteht Trans-Enoyl-CoA.

Die Trans-Enoyl-CoA-Hydratase addiert in Folgenden Wasser (H_2O) an das Trans-Enoyl-CoA und es wird β-3-Hydroxy-Acyl-CoA gebildet, welches wiederum in einer vom Enzym 3-Hydroxyacyl-CoA-Dehydrolase katalysierten Reaktion dehydriert wird und der abgespaltene Wasserstoff auf NAD^+ übertragen wird, sodass NADH + H^+ entsteht. 3-Ketoacyl-CoA entsteht und überträgt mit Hilfe der Acetyl-CoA-Acyltransferase (β-Keto-Thilolase) 2 seiner C-Atome auf ein weiteres CoA, das so zu Acetyl-CoA wird, welches über den Citratzyklus weiterverarbeitet wird. Die ursprüngliche Fettsäure wurde also um 2 C-Atome reduziert und durchläuft den zyklischen Vorgang erneut, bis sie vollständig abgebaut ist. Handelt es sich um eine Fettsäure mit ungerader Anzahl an C-Atomen, entsteht statt Acetyl-CoA ein im letzten Durchlauf des Zyklus ein Propionyl-CoA, das über einen alternativen Weg in den Citratzyklus eingeschleust wird. So wird es zunächst zu Methylmalonyl-CoA carboxyliert und anschließend zu Succinyl-CoA isomerisiert, welches in den Citratzyklus eingegliedert wird und im Folgenden sein CoA abspaltet.[xxvii]

2.1.3.6 Ketogenese

Bei der Ketogenese werden im Körper Ketone synthetisiert. Das sind Aceton, Acetoacetat und β-Hydroxybutyrat. Sie entstehen als Nebenprodukt des Fettabbaus „in den Mitochondrien der Leberzellen (Hepatozyten)“[xxviii], wenn ein Kohlenhydratmangel, also auch eine geringere Produktion von Insulin (siehe 2.1.2.2 Zucker), im Körper vorliegt, da in diesem Fall die Energiegewinnung auf die β-Oxidation umgestellt wird, bei der Acetyl-CoA gewonnen wird (vgl. 2.1.3.4 β-Oxidation). Gleichzeitig liegt Oxalacetat in zu geringen Mengen vor, um alle Acetyl-Reste, der bei der β-Oxidation entstandenen Acetyl-CoA, aufnehmen zu können, um sie in den Citratzyklus einzuschleusen, da es für die Glucogenese genutzt wird, die den Kohlenhydratmagel zu kompensieren versucht (2.1.2.2 Glucogenese). Deshalb werden die übrigen Acetyl-CoA im Rahmen der Ketogenese in der Mitochondrienmatrix in Ketonkörper umgewandelt, anstatt direkt in den Citratzyklus zu gelangen. Acetyl-CoA, das Zwischenprodukt des Fettabbaus, wird also zu einem Ketone umgewandelt, um weitere Energie zu gewinnen, die speziell vom Gehirn benötigt wird, da sie die Blut-Hirn-Schranke und die Zellmembranen passieren können. (*Letzteres ist vor allem wichtig für die Nutzung des entstehenden β-Hydroxybutyrat.) So wird das überschüssige Acetyl-CoA zunächst mit Hilfe einer Thiolase unter Abspaltung eines CoA auf ein anderes Acetyl-CoA übertragen, sodass Acetoacetly-CoA entsteht.

$$\text{Acetyl-CoA} + \text{Acetyl-CoA} \rightarrow \text{Acetoacetyl-CoA} + \text{CoA}$$

Es erfolgt die Reaktion mit einem weiteren Acetyl-CoA, die von einer 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA-Synthase katalysiert wird und abermals die Freisetzung eines CoA umfasst, wobei 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA gebildet wird.

$$\text{Acetyl-CoA} + \text{Acetoacetyl-CoA} \rightarrow \text{3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA} + \text{CoA}$$

Im Folgenden wird ein Acetyl-CoA abgepalten. Diese Reaktion wird durch das Enzym 3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA-Lyase katalysiert. Es verbleibt ein Acetoacetat, also ein Ketonkörper.

$$\text{3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA} \rightarrow \text{Acetoacetyl} + \text{Acetyl-CoA}$$

Anschließend sind zwei Reaktionswege offen. Zum einen kann über die Decarboxylierung des Moleküls Aceton synthetisiert werden, wobei es sich um eine irreversible Reaktion handelt und Aceton ein Abfallprodukt des Prozesses bildet und wieder aus dem Körper befördert werden muss. Andernfalls wird unter der Oxidation eines NADH + H^+ β-Hydroxybutyrate synthetisiert, welches über die Umkehrung der vorhergegangen Reaktionen wieder zur Energiegewinnung im Citratzyklus genutzt werden kann.

$$\text{Reversible Reaktion : } \beta\text{-Hydroxybutyrat} \leftrightarrow \text{Acetoacetat} \leftrightarrow \text{Acetyl-CoA}$$

Um β-Hydroxybutyrate zu nutzen, wandelt der Körper den Stoff zunächst in Acetoacetate zurück um. Dieses bekommt anschließend in der Reaktion mit Succinyl-CoA unter der Katalyse durch die Succinyl-CoA-acetoacetate-CoA-transferase das CoA übertragen und wird zu Acetonacetyl-CoA, welches von einer Thiolase zurück in 2 Acetyl-CoA umgewandelt werden kann und so in den Citratzyklus gelangt. Die Transferase arbeitet jedoch nur außerhalb der Leber, weshalb das Substrat zwar von der Leber synthetisiert wird, jedoch in anderen Körperregionen verarbeitet werden muss. (*)

$$\text{Acetoacetat} + \text{Succinyl-CoA} \rightarrow \text{Acetoacetyl-CoA} + \text{Succinic acid (Bernsteinsäure)}$$

2.1.3.7 Fettsäuesynthese

Bei der Fettsäuresynthese unterscheidet man zwischen der Synthese gesättigter Fettsäuren und ungesättigter Fettsäuren. Für beide Prozesse wird je zu Anfang die Bereitstellung von Acetyl-CoA im Zytosol benötigt. Da dieses aber in der Mitochondrienmatrix der Zelle vorliegt, muss es zunächst ins Zytosol transportiert werden. Dieser Transport erfolgt über das sogenannte Citrat-Shuttle-System.

Im ersten Schritt bindet das Acetyl-CoA an ein Oxalacetat, also der erste Schritt des Citratzyklus wird durchlaufen, sodass Citrat entsteht.

$$\text{Oxalacetat} + \text{Acetyl-CoA} \rightarrow \text{Citrat} + \text{CoA}$$

Dieses kann über die Tricarboxylatcarrier (Citratcarrier) den Matrixraum, im Gegenzug zum Malattransport in die Zelle, verlassen. Dieser wird angestrebt, um NADH + H^+ in die Mitochondrienmatrix zu transportieren. Anschließend wird der Acetyl-Rest des Citrats unter Verbrauch eines ATPs wieder auf ein Coenzym A übertragen. Es entsteht Oxalacetat, welches unter Oxidation eines NADH + H^+ zu NAD^+ zu Malat reduziert wird und so entweder über den Tricarboxylatcarrier im Gegenzug zu dem Citrat-transport zurück in die Mitochondrienmatrix

gelangt und dort unter Reduktion eines NADH + H^+ wieder zu Oxalacetat umgewandelt wird oder weiter zu Pyruvat oxidativ decarboxyliert wird und so anschließend über einen Pyruvat/H^+ Symporter die innere Mitochondrienmembran passieren kann. Das Acetyl-CoA steht jetzt für die Fettsäuresynthese bereit.

2.1.3.7.1 Synthese gesättigter Fettsäuren

An das Acetyl-CoA wird Malonsäure ($C_3H_4O_4$) addiert. Es entsteht das Fettsäuresynthesezwischenprodukt Malonyl-CoA. „Diese Carboxylierung wird durch die Biotin-abhängige Acetyl-CoA-Carboxylase katalysiert.“[xxix]

Für den anschließenden Prozess werden das gebildete Malonyl-CoA und Acetyl-CoA benötigt, die mit Hilfe der dimeren Fettsäuresynthase, einem zweiteiligen Enzymkomplex im Cytoplasma, über mehrere Reaktionsschritte jeweils zu einem um 2 C-Atome verlängerten Malonyl-CoA umgewandelt werden.

Bei dem Reaktionsablauf stehen die beiden Thiolgruppen der Fettsäuresynthase im Fokus, da die Acetyl-CoA und Malonyl-CoA Moleküle während der Fettsäuresynthese immer an sie gebunden sind, bevor die entstandene Fettsäure nach der abgeschlossenen Synthese mit Hilfe des Enzyms Acyl-Hydrolase abgespalten wird.

Zwischen den beiden Thiolgruppen unterscheidet man die zentrale und die periphere Thiolgruppe. Die zentrale befindet sich an der prosthetischen Gruppe des Acylcarrierproteins (ACP) und bindet zunächst ein Acetyl-CoA (→ Acetyl-ACP). Von dort wird sie auf die periphere Thiolgruppe, die in einem Cystein der β-Ketoacyltransferase in der Fettsäuresynthase lokalisiert ist, transferiert. Die zentrale Thiolgruppe ist somit wieder frei und nimmt nun den Malonyl-Rest des Malonyl-CoA auf. Es erfolgt decarboxylativ die Kondensation der beiden Moleküle, wobei zunächst der Malonyl-Rest decarboxyliert wird und an der freiwerdenden Stelle im Molekül eine Bindung mit dem Acetyl-Rest, das an der peripheren Thiolgruppe gebunden ist, eingeht. So wird der Acetyl-Rest um 2 C-Atome erweitert. Es wird also zu Acetacetyl-ACP, da es weiterhin an das Acylcarrierprotein gebunden bleibt. Anschließend durchläuft das entstandene Molekül gebunden an das ACP die Reaktionen der β-Oxidation rückwärts und wiederholt diesen Prozess mit weiteren Malony-CoA so oft, bis die angestrebte Fettsäurenlänge erreicht ist. Soll die Anzahl der C-Atome der synthetisierten Fettsäure ungerade werden, so wird für den letzten Durchgang Propionyl-CoA (2.1.3.5 β-Oxidation) statt Acetyl-CoA genutzt.

2.1.3.7.2 Synthese ungesättigter Fettsäuren

Die Synthese ungesättigter Fettsäuren erfolgt am endoplasmatischen Retikulum. Hier werden sie zunächst synthetisierten gesättigten Fettsäuren oxidiert und bilden so ihre charakteristischen Doppelbindungen aus. Katalysiert wird diese Oxidation von Fettsäure-CoA-Desaturaten, die sich am endoplasmatischen Retikulum befinden. „Sie führen an zwei Substraten, der Fettsäure und einem NADPH + H^+, gleichzeitig Zwei-Elektronen-Oxidationen durch und übertragen die Elektronen auf das Oxidationsmitten O_2.“[xxx]

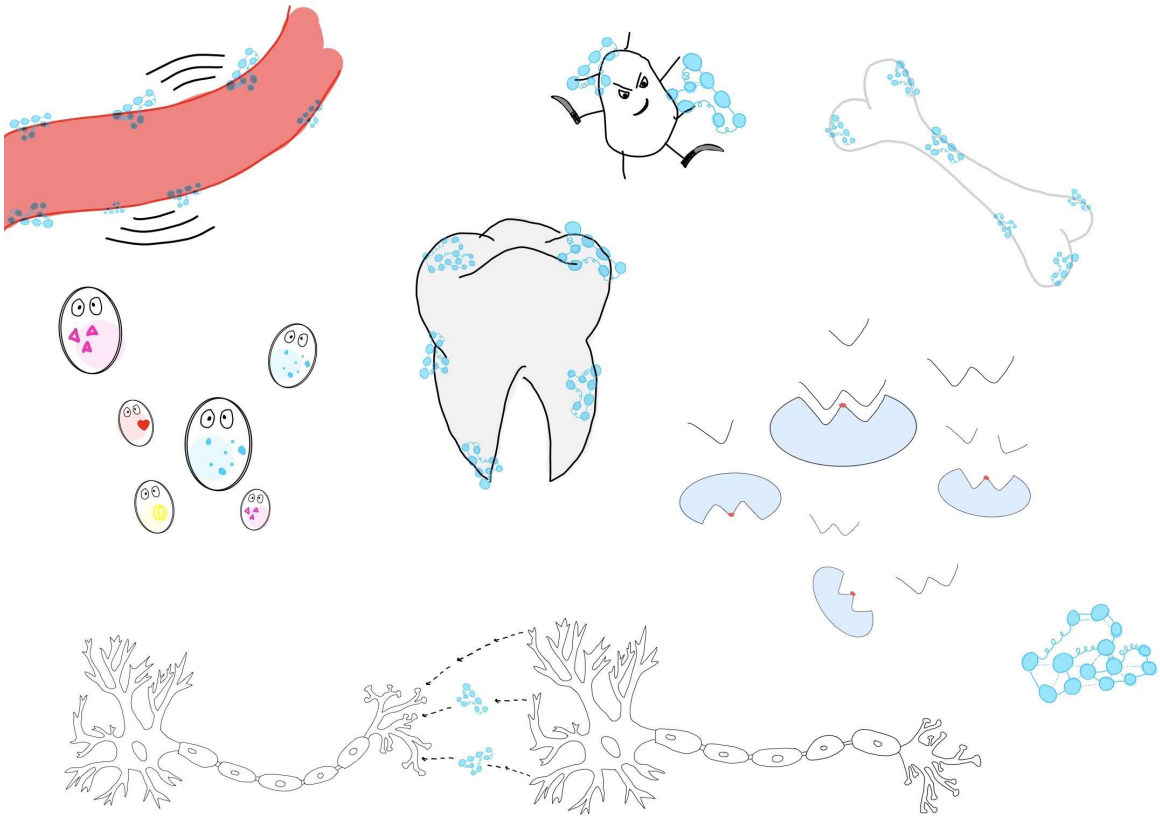
$$C_nH_{n+1}COOH + NADPH + H^+ \rightarrow C_nH_{n-1}COOH + NADH^+ + 4H^+ + 4e^-$$

$$4H^+ + 4e^- + O_2 \rightarrow H_2O$$

Die entstandenen Fettsäuren können nun vom Körper verstoffwechselt, beziehungsweise genutzt werden.

2.1.4 Proteine

Proteine sind Schlüsselsubstanzen die **wichtigsten Baustoffe des Körpers**. Sie bilden über verschiedene Zusammensetzungen ihrer Grundbausteine, den Aminosäuren, verschiedenste wichtige Moleküle und Strukturen im menschlichen Körper.
Hierbei unterscheidet man zwischen Strukturproteinen, wie zum Beispiel Elastin, welches in unserem Körper unter anderem für die Dehnbarkeit großer Blutgefäße, wie der Aorta, zuständig ist oder Kollagen, welches seiner Funktion als Strukturprotein als Faserbestandteil von Knorpel, Zähnen, Bindegewebe, Sehnen, Haut, Knochen und Blutgefäßen nachkommt und Transportproteinen, wie Enzymen, die zum Aktivieren oder Katalysieren zahlreicher Reaktionen dienen, Immunglobuline, die maßgeblich an der Immunabwehr beteiligt sind, indem sie Krankheitserreger erkennen, binden und bekämpfen, Interferone, die zu den Cytokinen gehören und bei viralen Infektionen und neopastischen Erkrankungen schützend wirken, Hämoglobin, welches den Sauerstofftransport im Blut ermöglicht, Hormone, die als Botenstoffe zahlreiche Körpervorgänge, wie den Stoffwechsel, regulieren und Neurotransmitter, Botenstoffe, die Reize der Nervenzellen weiterleiten.

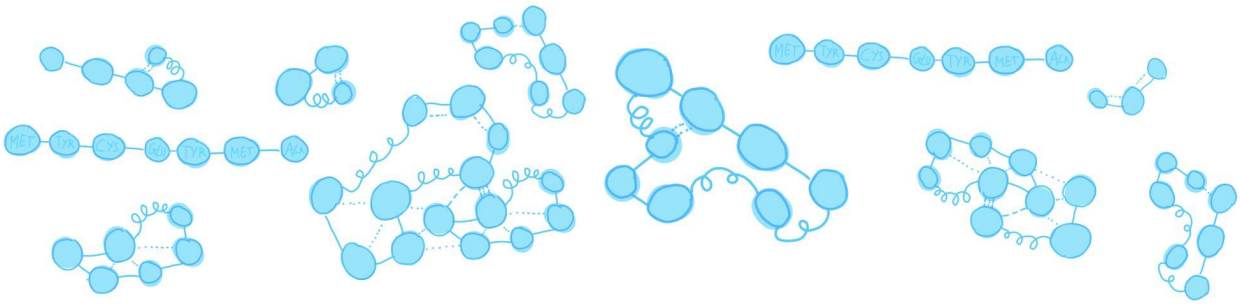


Es gibt **20 verschiedene proteinogene Aminosäuren**, wovon 8 essentiell für den menschlichen Körper sind. Die 8 essentiellen Aminosäuren unterscheiden sich von den anderen dadurch, dass sie nicht körperintern gebildet werden können, sondern über die Nahrung aufgenommen werden müssen.
Es sind Methionin, Valin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Threonin, Tryptophan und Phenylalanin. Die nicht essentiellen können vom Körper über Synthese aus den essentiellen hergestellt werden. Zu ihnen gehören Alanin, Arginin, Asparaginsäure, Asparagin, Cystein, Glutamin, Glutaminsäure, Glycin, Histidin, Prolin, Serin und Tyrosin.

2.1.4.1 Strukturebenen

Proteine haben eine sehr komplexe Raumstruktur mit vier verschiedenen Strukturebenen, die ihnen das Ausführen ihrer spezifischen Funktionen ermöglichen und mit ihrer enormen Variabilität der Grund für das breite Funktionsspektrum sind.
Die erste Strukturebene ist die Primärstruktur, die lediglich die Anordnung der Aminosäuren

umfasst, die über Peptidbindungen zu einem Polypeptid verknüpft sind.
Den Anfang einer jeden Polypeptidkette bildet die essentielle Aminosäure Methionin, die mit dem Basentriplett Adenin, Uracil und Guanin (AUG) codiert ist und das Startcodon einer jeden Translation bildet (vgl. 2.1.4.2.2 Translation).
Die zweite Strukturebene ist die Sekundärstruktur. Sie bestimmt, wie sich die Polypeptidkette unter Ausbildung von Wasserstoffbrücken zusammenfaltet. Es entstehen α-Helices und β-Faltblätter.
Ein Polypeptid kann durchaus beide Strukturen an verschiedenen Abschnitten des Moleküls beherbergen. In der räumlichen Struktur die sich ergibt wirken nun weitere zwischenmolekulare Kräfte zwischen den Seitenketten der Aminosäuren und es bilden sich teils sogar echte Bindungen aus. Diese dritte Strukturebene wird Tertiärstruktur genannt.
Wenn mehrere Polypeptidketten interagieren, um ihre Funktionen ausführen zu können, nennt man diesen Komplex aus mehreren Tertiärstrukturen dann Quartärstruktur.



Einige Proteine, speziell Enzyme, benötigen sogenannte Cofaktoren oder Coenzyme, um aktiviert zu werden.

2.1.4.1.1 Coenzym

Ein Coenzym macht das spezifische Enzym durch die Anlagerung an es reaktiv. Es lagert sich an den Proteinteil des Enzyms an, das Apoenzym, und vervollständigt so das Apoenzym, sodass ein reaktionsfähiges Holoenzym entsteht. Es bildet dabei vorübergehende kovalente Bindungen zum Enzym aus, welche so essentiell für Wasserstoff- oder Molekülgruppenübertragung während Reaktion sind. Coenzyme sind nicht eiweißartig und gehen anders als Katalysatoren verändert aus der Reaktion hervor.

2.1.4.1.2 Coenzym Q_{10} (Ubiquinon, Ubiquinol)

Das Coenzym Q_{10} ist essentieller Bestandteil der mitochondrialen Energiegewinnung im menschlichen Organismus. Aufgrund seiner ringförmigen Chinonstruktur kann das Vitaminoid Elektronen aufnehmen und auf Cytochrome, vor allem auf das Cytochrom c, einem elektronentransportierenden Protein der Atmungskette, übertragen.[xxxi] Neben dem Cytochrom C bildet das Ubichinon, die oxidierte Form des Ubiquinol, ein weiteres Transportmittel für Elektronen innerhalb der Phosphorlipiddoppelschicht in den Mitochondrien, der inneren Mitochondrienmembran. Es transportiert die Elektronen innerhalb des Redoxsystems der Atmungskette von den Enzymkomplexen I, der NADH+H^+-Ubichinon-Reduktase, und II, der Succinat-Ubichinon-Reduktase, zum Enzymkomplex III, der Ubichinol-Cytochrom c-Oxireduktase. In den beiden Enzymkomplexen I und II wird dabei jeweils das Ubichinon reduziert, sodass Ubichinol entsteht. Als Reaktionspartner für diesen Ablauf dient im Fall des Enzymkomplex I das Coenzym NADH + H^+ und im Fall des Enzymkomplex 2 das weniger energiereiche Coenzym $FADH_2$.

$NADH + H^+ + Ubichinon \leftrightarrow NAD^+ + Ubichinol$
$FADH_2 + Ubichinon \leftrightarrow FADH + Ubichinol$

Es ist als Chinonderivat zudem verwandt mit Vitamin K und E (siehe 2.1.5.5 Vitamin E (Tocopherol); 2.1.5.6 Vitamin K (Phyllochinon & Menachinon)). Die Fähigkeit Elektronen und

Protonen kontrolliert aufzunehmen und abzugeben, macht das Coenzym Q_{10} des Weiteren zu einer Antioxidans. Außerdem unterstützt es den Körper indem es den HDL-Cholesterin Wert erhöht und die Oxidation des LDL-Cholesterins behindert, weshalb sich dieses dann nicht mehr an Gefäßwänden einlagern kann, also die Bildung von Plaques inhibiert wird.

2.1.4.2 Proteinbiosynthese[xxxii]

Bei der Proteinbiosynthese werden mit Hilfe der Gensequenzen in dem Genom der Zelle verschiedene Polypeptide aus den zuvor resorbierten Aminosäuren aufgebaut. Es wird also ein komplementärer Strang einer Gensequenz synthetisiert. Hierbei wird je nach Funktion zwischen mRNA (messenger Ribonukleinacid), tRNA (transport Ribonukleinacid) und rRNA (ribosomal Ribonucleinacid) unterschieden. Die Synthese erfolgt je über spezifische Enzyme und lässt sich bei den menschlichen, eukaryotischen Zellen in zwei Phasen unterscheiden, der Transkription und der Translation.

2.1.4.2.1 Transkription

Die Transkription umfasst die Synthese eines komplementären Stranges zum codogenen Strang. Um diesen zu synthetisieren, bindet zunächst die spezifische RNA Polymerase mit Hilfe eines Sigma-Faktors, einem Coenzym, welches sich nach der Bindung direkt wieder von der RNA Polymerase abtrennt, an das Promotermolekül und entschraubt die Doppelhelix durch Auflösen der Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den einzelnen komplementären Basen der Nucleotide, sodass zwei, an dieser Stelle des Genoms, freiliegende DNA-Stränge vorliegen. Bei der mRNA Synthese kommt die Polymerase II zu Einsatz, bei der tRNA Synthese die Polymerase III und bei der rRNA Synthese die Polymerase I.
Diese erste Phase der Transkription wird auch als Initiation bezeichnet. Danach folgt die Elongation, die die Anlagerung freier Ribonucleotide an den codogenen und gleichzeitig Antisense-Strang im Nucleus (Zellkern) der Zelle mit Hilfe der RNA Polymerase, die am codogenen Strang in 3' → 5' Richtung wandert und somit in 5' → 3' Richtung die RNA synthetisiert, umfasst. Die Synthese erfolgt nicht am Sense-Strang, damit die entstehende RNA direkt die Translation durchlaufen kann, ohne erneut transkribiert werden zu müssen, da der Sense-Strang den Trippletcode der Aminosäuren enthält und der komplementäre Strang dazu dem entsprechend nicht.
Die letzte Phase der Transkription wird dadurch eingeleitet, dass die RNA Polymerase die Terminatorsequenz erreicht, die das Ende der zu transkribierenden Gensequenz markiert. Die fertige RNA wird frei und die RNA Polymerase löst sich von der DNA ab, die sich wieder aufschraubt indem sie die Wasserstoffbrückenbindungen wiederherstellt.
Handelt es sich um die Synthese einer mRNA, wird diese nun auch als Prä-mRNA bezeichnet, da sie neben den relevanten Exons noch viele Introns, für die Translation nicht relevante Nucleotidreihen, umfasst. Diese werden beim Prozess des Spleißens entfernt und die Exons rücken zusammen und verbinden sich. Zudem wird eine Guaninkappe am 5'-Ende der mRNA synthetisiert, die5'-Cap-Stuktur. Des Weiteren erfolgt bei Eukaryoten die Polyadenylierung, bei der am 3'-Ende der mRNA ein Poly-Adenin-Schwanz angehängt.
Die fertige mRNA verlässt den Zellkern und gelangt ins Cytoplasma.

2.1.4.2.2 Translation

Bei der Translation handelt es sich um die Synthese des Polypeptids mit Hilfe des Ribosoms. Die Reihenfolge der Aminosäuren wird dabei über die Triplettcodes der Basensequenz des mRNA Strangs angegeben.
Im Cytoplasma der Zelle lagern sich die große und kleine Untereinheit des Ribosoms an die mRNA an. Sie bilden über die Zusammensetzung der beiden Untereinheiten drei Stellen, an denen je ein Basentriplett zur Zeit liegt: die Aminoacyl-Stelle, die Polypeptid-Stelle und die Exit-Stelle. Die kompletten Ribosomen wandern die mRNA nun solange ab, bis das Startcodon AUG, welches den Triplettcode für die Aminosäure Methionin bildet, an der Aminoacyl-Stelle liegt.
Im Cytoplasma befindet sich zu jedem Codon eine tRNA mit Anticodon, die über die RNA-

Polymerase III im Zellkern synthetisiert wird, welche mit Hilfe einer spezifischen Aminoacyl-tRNA-Synthetase am 3'-Ende eine Aminosäure bindet.
Das Ribosom mit dem AUG Codon an der Aminoacyl-Stelle beginnt nun mit der Polypeptidsynthese. Dafür wird zunächst die passende tRNA mit dem Anticodon UAC, den komplementären Basen zu AUG, mit Hilfe aktivierter Initiationsfaktoren an die mRNA geführt. Anschließend werden die Initiationsfaktoren deaktiviert und die Elongationsfaktoren werden aktiv. Sie überprüfen, ob die angelagerte tRNA mit der richtigen Aminosäure beladen ist und bringen die mit der tRNA beladenen Stelle wenn dies der Fall ist eine Stelle weiter, an die Peptidstelle. Im folgenden wird die Aminoacyl-Stelle neu besetzt. Sind beide Stellen besetzt, dieser Zustand wird auch als prätranslationaler Zustand bezeichnet, wird das Ribosom zum Ribozym und löst die Bindungen zwischen tRNA und Aminosäure und verknüpft die Aminosäure mit der Aminosäure an der tRNA der A-Stelle über eine Peptidbindung. Das Ribozym wird wieder zum Ribosom und rückt ein Codon weiter. Nun befindet sich der Prozess im posttranslationalen Zustand. Die entladene tRNA wird über die Exit-Stelle zurück ins Cytoplamsa entlassen und kann dort von der spezifischen Aminoacyl-tRNA-Synthetase erneut beladen werden.
An der Aminoacyl-Stelle des Ribosoms lagert sich nun die nächste tRNA an. Der prätranslationale Zustand ist wieder hergestellt.
Der Prozess wird nun immer wieder durchlaufen, bis an der Peptid-Stelle das Stoppcodon der mRNA liegt (UGA, UAA, UAG), da die zugehörige tRNA nicht beladen ist und somit keine weitere Aminosäure an das Polypeptid angehängt werden kann. Die Termination beginnt. Es werden die Terminationsfaktoren aktiviert, von denen einer an die das Peptid-Stellen Stoppcodon bindet, um die Anlagerung weiterer Aminosäuren zu verhindern und trennt unter hinzuführen von Wasser die Bindung zwischen tRNA und Polypeptidkette, sodass das entstandene Polypeptid in das Cytoplasma entlassen wird und dort seine Sekundär- und Teritär- und eventuell seine Quartärstruktur ausbilden kann. Anschließend zerfällt das Ribosom wieder in seine Untereinheiten und steht für die nächste Translation bereit.

2.1.4.3 mTor (mechanistic Target of Rapamycin)

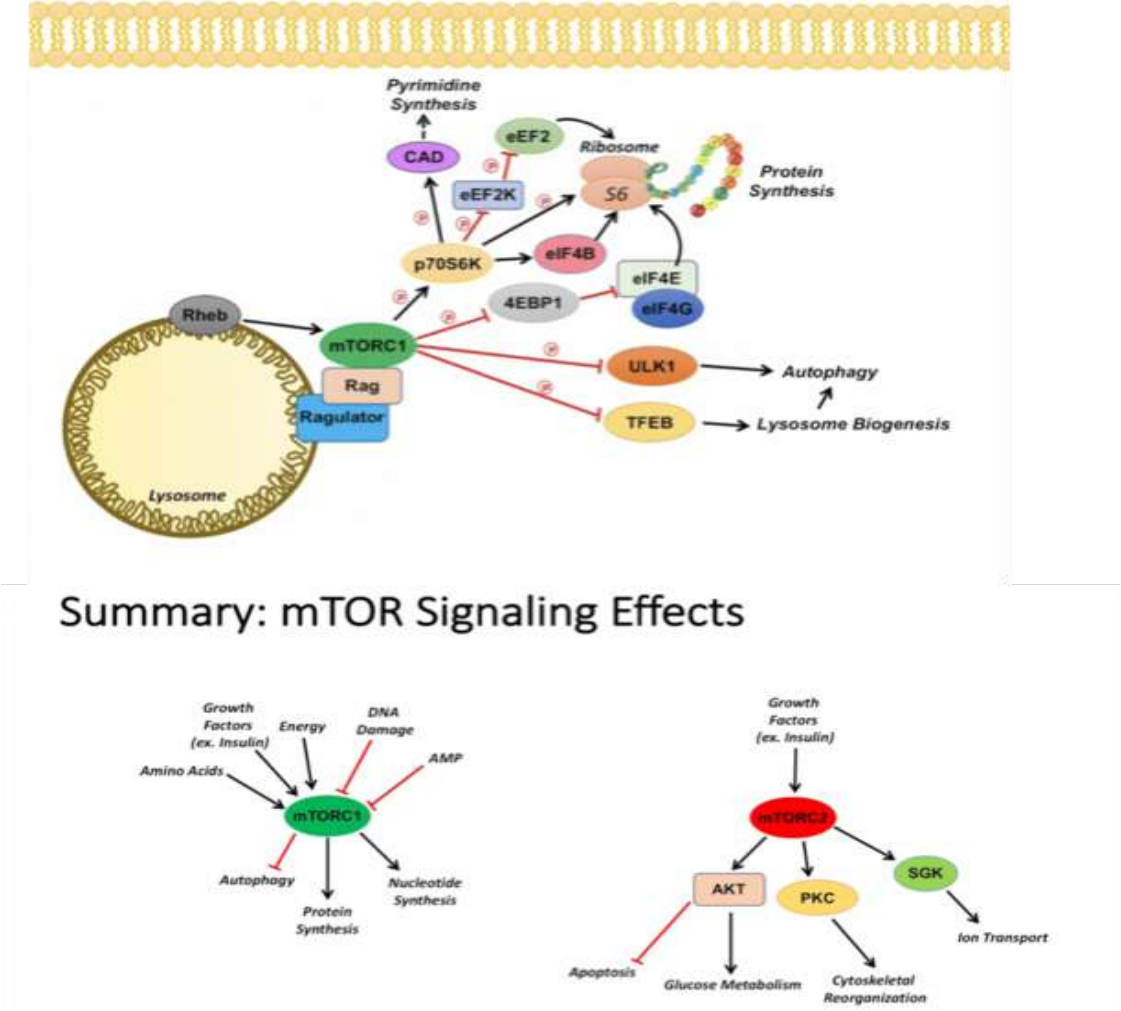
Insulin, ein Peptidhormon, treibt Zellen zur Aufnahme der Aminosäuren und damit zur Neubildung von Proteinen an. „Proteine sind somit das entscheidende Wachstumssignal für unsere Zellen […].“[xxxiii] Sie animieren die Zelle zum Wachstum, indem sie mTor (mechanistic Target of Rapamycin) aktivieren.

Proteine → mTor → Zellwachstum

mTor ist ein zentrales Steuermolekül in der Zelle, welches die äußere Energie- und Nahrungssituation beobachtet und der Zelle bei guten Bedingungen das Signal zum Wachsen gibt, also eine Häufung an Proteinbiosynthesen bewirkt. Es wird über vier Hauptsignale reguliert, Wachstumsfaktoren, den Energiestatus der Zelle, also das Verhältnis von Adenosinmonophosphat (AMP) zu Adenosintriphosphat (ATP), die Verfügbarkeit von Aminosäuren und das Sauerstofflevel in der Zelle.[xxxiv]
Es liegt in zwei Variationen vor. Zum einen als mTORC1, welches durch die genannten Faktoren aktiviert wird und nach der Aktivierung die Proteinbiosynthese und die Nucleotidsynthese katalysiert. Gleichzeitig inhibiert mTORC1 die Autophagie, einen Abbauprozess innerhalb der Zelle bei dem beschädigtes Material abgebaut und seine Grundbestandteile wiederverwertet werden. Zum anderen existiert das mTORC2, welches ebenfalls durch Wachstumsfaktoren aktiviert wird und über verschiedene Reaktionspartner den Glucosemetabolismus, den Ionentransport in der Zelle und die cytoskeletale Reorganisation iniziiert. Es hemmt zudem die Apoptose, eine Form des programmierten Zelltods.[xxxv]

In jungen Jahren, ungefähr bis Ende der Adoleszenzphase, ist es normal, dass der menschliche Organismus Zellwachstum benötigt, um zu wachsen und sich zu entwickeln.

Als Erwachsener, also entwickelter Mensch, wird das Zellwachstum jedoch nur noch in geringem Umfang benötigt. Wenn in dieser Altersphase mTor weiterhin auf eine hohe Aktivitätsstufe gebracht wird, also beispielsweise viele aktivierende Proteine aufgenommen werden, produziert der Körper überschüssige Zellen und kommt mit ihrem Abbau nicht mehr hinterher, sodass sich Proteinklumpen bilden, die Zellen zerstören. Ein Beispiel für eine Folgeerkrankung die hierbei impliziert werden kann, ist die Krankheit Alzheimer, bei der als Resultat dieses Vorganges Gehirnzellen zerstört, beziehungsweise schädigt werden.
Wenn die Zellen aber regelmäßige Arbeitspause von mindestens 12 Stunden bekommen, indem keine Nahrung konsumiert wird, die verwertet werden muss, ihnen also für mindestens 12 Stunden keine Energie von Außerhalb zur Verfügung stellen, regenerieren sie sich, indem sie kaputte oder fehlerhafte Bestandteile abbauen und als Energiequelle nutzen, also Autophagie betreiben.[xxxvi]



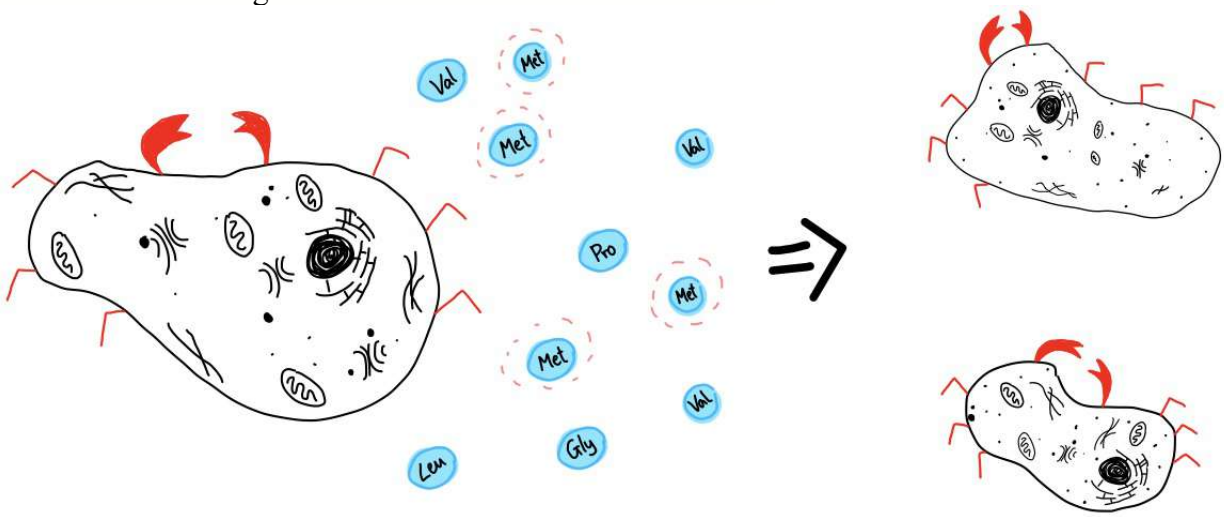
Bildquelle: https://youtu.be/-2pXbSpDPQE

2.1.4.4 Autophagie [xxxvii]

Unter dem Prozess der Autophagie versteht man die Selbstreinigung einer Zelle, indem sie unbrauchbare Substanzen abbaut und als Energiequelle und als Grundsubstanzen zum Aufbau neuer Stoffe nutzt.
Die abzubauenden Substanzen werden hierbei zunächst von einer sich neu bildenden Isolationsmembran umschlossen. Das entstehende Kompartiment nennt man Autophagosom. Dieses fusioniert anschließend mit einem Lysosom, welches die Proteine, die zum Stoffabbau essentiell benötigt werden, beinhaltet. Es entsteht ein Autolysosom, das die von der Isolationsmembran zuvor eingeschlossenen Zellbestandteile abbaut.

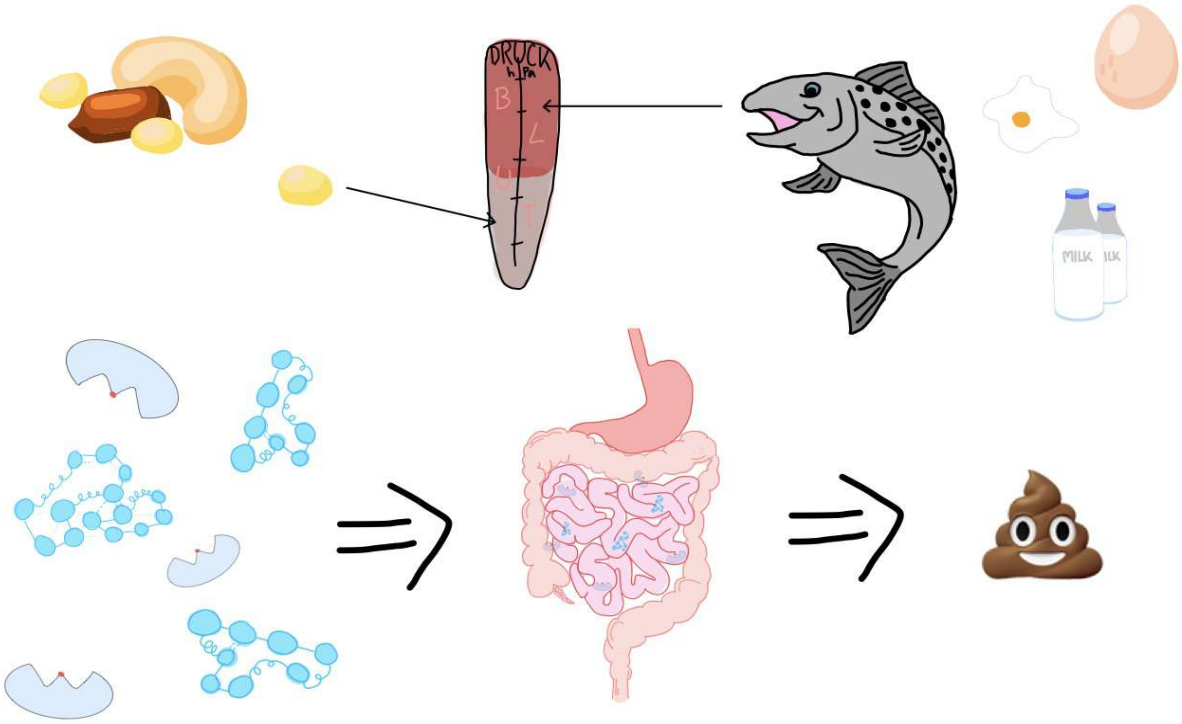
2.1.4.5 Pflanzliches und tierisches Protein

Generell unterscheidet man zwischen pflanzlichen und tierischen Proteinen, die unterschiedliche Aminosäureprofile aufweisen, sich also aus unterschiedlichen Aminosäuren zusammensetzen. Insgesamt enthalten tierische Proteine mehr essentielle Aminosäuren und pflanzliche mehr nicht essentielle, weshalb eine optimale Aminosäurenversorgung über eine Ernährung mit tierischen Produkten leichter abgedeckt werden kann, da die nicht essentiellen Aminosäuren über körperinterne Reaktionen aus den essentiellen synthetisiert werden können. Zu viele essentielle Aminosäuren wirken jedoch, wie bereits erläutert, altersfördernd, indem sie das Zellwachstum dauerhaft antreiben, und in gewissen Altersabschnitten, unter bestimmten gesundheitlichen Voraussetzungen, wie zum Beispiel dem Anfangsstadium von Krebs, sogar gesundheitsschädlich, da sie die Vermehrung der Krebszellen ebenfalls unterstützen.



Zudem tragen Proteine zur Gewichtsregulierung bei, da sie als Enzyme und andere Proteinformen wichtige Bestandteile des Metabolismus sind. So wirken sie sich postresorptiv auf weitere Funktionen des Körpers aus, unter anderem auf den Blutdruck. Hierbei ist die Wirkung ebenfalls abhängig von dem Aminosäureprofil des Proteins, welches sich grob in tierisches und pflanzliches unterteilen lässt.

tierisches Protein → erhöhter Blutdruck & Diabetesrisiko
pflanzliches Protein → niedriger Blutdruck & niedriges Diabetesrisiko



2.1.5 Vitamine[xxxviii]

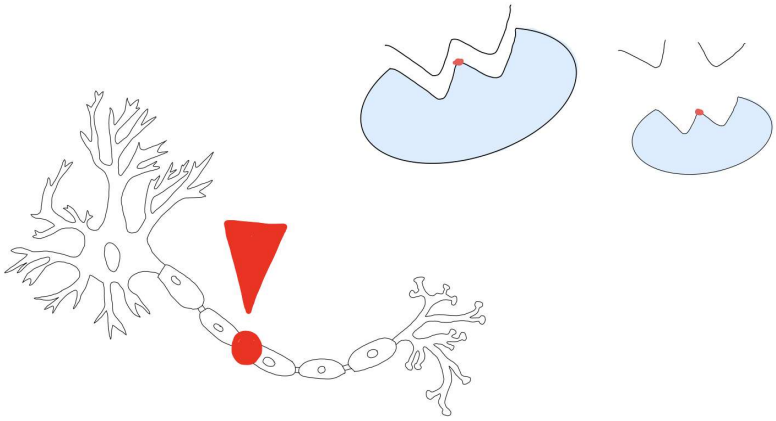
Es gibt 13 verschiedene Vitamine, die in zwei Kategorien eingeteilt werden. Zum Einen die wasserlöslichen, zu denen die acht Vitamine der Gruppe B und Vitamin C gehören und die normalerweise vom Körper nicht gespeichert werden können, mit Ausnahme von Vitamin B_{12}, und beim Überfluss über die Nieren oder den Urin ausgeschieden werden und zum Anderen die fettlöslichen Vitamine A, D, E und K. Fettlösliche Vitamine werden über den Darm aufgenommen, gelten als relativ hitzebeständig und können in der Leber und dem Fettgewebe gespeichert werden. Um diese Vitamine besser aufnehmen zu können, ist es empfehlenswert, sie zusammen mit einer kleinen Menge gesunden Fetten, wie zum Beispiel einem Schluck Öl, zu sich zu nehmen, das die Absorption der fettlöslichen Vitamine durch das Ausbleiben der Fettemulgierung gestört wird.[xxxix] Bei den wasserlöslichen Vitaminen sollte darauf geachtet werden, dass sie bei der Zubereitung nicht so stark erhitzt werden, da sie sehr hitzeempfindlich sind.
Der Körper benötigt die Vitamine für körpereigene Stoffwechselvorgänge, kann die meisten jedoch nicht selbst produzieren. Lediglich Vitamin B_3 und D können in geringen Mengen vom Körper produziert werden. Der Rest muss daher über die Nahrung aufgenommen werden.

2.1.5.1 Vitamin A (Retinol, Retinoide & Beta-Carotin)

Carotinoide werden vom Körper in Vitamin A umgewandelt. Dieses hat eine immunmodulierende Wirkung und reguliert das Wachstums und die Differenzierung der Epithelien.
Retinol bildet den wichtigsten Vertreter von Vitamin A im menschlichen Organismus.
„Für die Reproduktion, wie zum Beispiel Spermatogenese, Aufrecherhaltung des Samenleiterepithels, Oogenese, Plazentaentwicklung und Embryonalentwicklung ist Retinol von grundlegender Bedeutung […].“[xl] Damit ist Vitamin A in Form von Retinol essentiell an der Fortpflanzung beteiligt.
Vitamin A ist in Form von Retinal, welches bei der Oxidation von Retinol entsteht, wichtig für die Augen und trägt zur Aufrechterhaltung des Feuchtigkeitshaushalts im Auge bei. Zudem wird es für die Lichtwahrnehmung (Rhodopsin-Synthese) benötigt.
Die aus Retinal oxidierte Retinsäure ist hat eine hohe Variabilität in ihrer genauen Ausführung, da sie an verschiedene Rezeptoren in Nucleus der Zelle binden und anschließend als Dimere die Transkription durch Anlagerung an verschieden Gene regulieren.[xli]
Beta-Carotin kann über zwei verschiedene Reaktionswege zu Retinol umgewandelt werden und dient im Körper ansonsten als Antioxidantie, die die Organismus schädigenden reaktiven Sauerstoff Spezies, wie beispielsweise freie Radikale, unschädlich macht.[xlii] Beta-Carotin gibt dazu eigene Elektronen an die freien Radikale ab und unterbindet so ihre Reaktionsketten, die zum zellstrapazierenden oxidativen Stress führen.

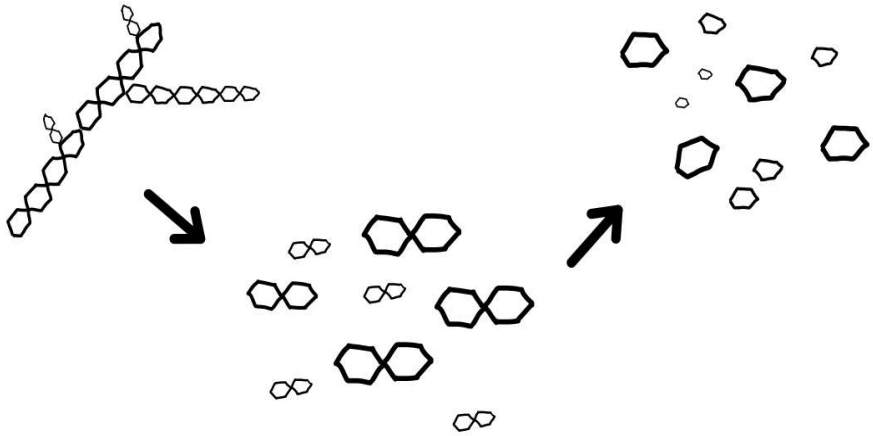
2.1.5.2 Vitamin B

Vitamin B ist wichtig für das Nervensystem und unterstützt viele Stoffwechselvorgänge. Zudem ist es an vielen enzymatischen Vorgängen beteiligt und stärkt durch eine regelmäßige Aufnahme die Abwehrkräfte des menschlichen Organismus. Mangelsymptome sind auf Grund des breiten Aufgabenspektrums oft unspezifisch und zeigen sich zum Beispiel durch Müdigkeit und Schwindel.



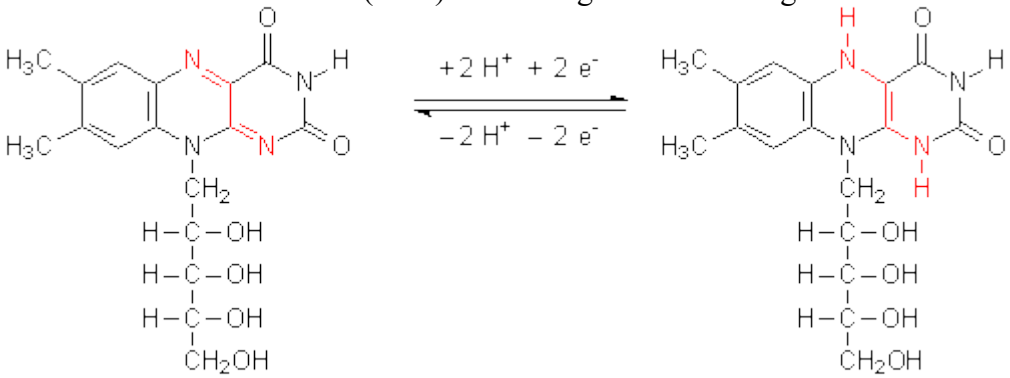
2.1.5.2.1 Vitamin B_1 (Thiamin)

Vitamin B_1 unterstützt den Kohlenhydratstoffwechsel und somit den generellen Energiestoffwechsel der Zellen, indem es Bestandteil des Cofaktors Thiaminpyrophosphat (TPP) ist, welcher an einigen Decarboxylierungsprozessen, wie unter anderem als Coenzym der α-Ketoglutarat-Dehydrogenase bei der oxidativen Decarboxylierung des α-Ketogluterats ($C_5H_6O_5$) zu Succinyl CoA (C_4-Körper mit CoA = $C_{25}H_{40}N_7O_{19}P_3S$), beteiligt ist.[xliii] Durch das Mitwirken bei der Energiegewinnung aus Kohlenhydraten hat Thiamin einen positiven Einfluss auf Muskel-, Gehirn- und Nervenzellen, da diese auf die Energiegewinnung angewiesen sind. Zudem ist das Vitamin an der Salzsäureproduktion im Magen beteiligt und hat ähnlich wie Vitamin A antioxidative Wirkungen.



2.1.5.2.2 Vitamin B_2 (Riboflavin)

Vitamin B_2 (Riboflavin) wird über die Magensäure im Magen freigesetzt und wird anschließend im oberen Dünndarm resorbiert.[xliv] Es dient dem Energiestoffwechsel als Bestandteil des Redox-Coenzyms Flavin-Adenin-Dinucleotid (FAD) als wichtige Unterstützung.[xlv]

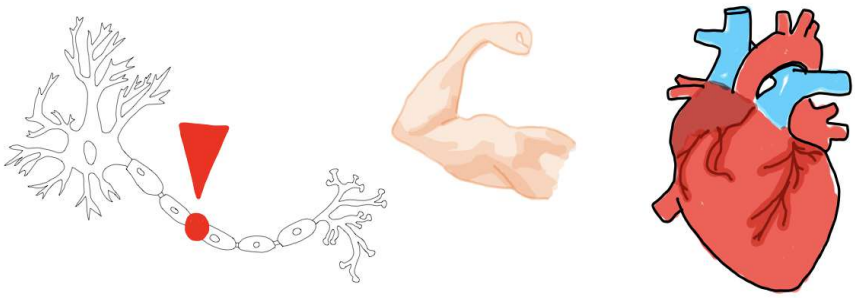


(Quelle der Grafik: https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/vitamine/vitb202.html (17.05.2020))

FAD kann zu $FADH_2$ reduziert werden, welches in der Atmungskette der Zellatmung einen Bestandteil der ATP-Synthese bildet und neben NADH + H^+ die Protonen und Elektronen an die Enzymkomplexe der inneren Mitochondrienmembran abgibt, wodurch es indirekt, durch die gemeinsame Interaktion in der Atmungskette, die Wirkung von Niacin unterstützt.
Durch die Energiegewinnung über lindert es Müdigkeit und Erschöpfung und unterstützt die auf Energie angewiesenen Nervenzellen.
Ribovlavin kann im Körper ebenfalls in Form von Flavinmononucleotid (FMD) vorliegen, was unter anderem als Coenzym an vielen Reaktionen beteiligt ist. Insgesamt sind FMD und FAD oftmals in sogenannten Flavoproteinen als prosthetische Gruppe oder Coenzym enthalten. Die Flavoenzyme sind Katalysatoren vieler wichtiger Reaktionen, wie den bereits genannten „Redoxreaktionen, der Emission von Licht und der Aktivierung von Sauerstoff für Oxidations- und Hydroxylierungsreaktionen […]."[xlvi] Zu den Flavoenzymen gehören neben mindestens 200 weiteren Enzymen einige Dehydrogenasen. Unter anderem die Acetyl-Co Dehydrogenase (2.1.3.5 β-Oxidation) und die Succinat-Dehydrogenase (2.1.2 Kohlenhydrate) sind Beispiele für am Metabolismus beteiligte Vertreter dieser Gruppe.
Das Vitamin ist ebenfalls für die Regulation des Homocysteinspiegels im Blut zuständig.
Über die Fähigkeit Elektronen kontrolliert aufzunehmen und abzugeben kann das Riboflavin in einigen Ausführungen auch die Elektronenlücken der reaktiven Sauerstoff Spezies füllen und so Zellschädigungen unterbinden.
Allgemein ist Vitamin B_2 wichtig für den oxidativen Stoffwechsel und unterstützt die Wirkung von Vitamin B_3 und Vitamin B_6, da sich ihre Aufgabenspektren überlappen.

2.1.5.2.3 Vitamin B_3 (Niacin)

Als Bestandteil des Redox-Coenzyms Nicotiamindinucleotidphosphat (NADP) und Nicotinamindinucleotid (NAD) ist Niacin an einem breiten Spektrum an Redoxreaktionen innerhalb des Zellstoffwechsels beteiligt (2.1.2 Kohlenhydrate; 2.1.3 Fettsäuren) und unterstützt das Energieniveau der Zelle. Es gibt innerhalb des Glucoseabbaus seine Reduktionsäquivalente an die Atmungskette ab und dient damit dem Aufbau des Protonengradienten an der inneren Mitochondrienmembran, die den Protonen das Rückflussbestreben in die Mitochondrienmatrix gibt. Dieser passive Rückfluss über die ATP-Synthasen wird zur oxidativen Phosphorylierung genutzt und es entsteht ATP, welches beispielsweise für die Fettsäuresynthese (2.1.3.7 Fettsäuesynthese), aber auch für einzelne Phasen des Energiestoffwechsels, wie in der Investitionsphase der Glykolyse (2.1.2 Kohlenhydrate), benötigt wird. Über die Bereitstellung von Energie hat Niacin indirekt einen positiven Einfluss auf das Nervensystem, welches wiederum die Gehirnfunktionen unterstützt und so die Leistungsfähigkeit steigert.
In den Nieren und der Leber kann Niacin mit Hilfe von Pyridoxin (Vitamin B_6) und Riboflavin (Vitamin B_2) aus der Aminosäure Tryptophan synthetisiert werden. kann vom Körper selbst aus der Aminosäure Tryptophan synthetisiert werden.



2.1.5.2.4 Vitamin B_5 (Pantothensäure)

Vitamin B_5 (Pantothensäure) wird für den Aufbau des Coenzym A benötigt und treibt in dieser Form den Energiestoffwechsel voran. Es katalysiert den Transfer von Acylgruppen. So zum Beispiel im Citratzyklus des Glucoseabbaus als Acetyl-CoA oder Succinyl-CoA. Außerdem wird es in Form

von Malonyl-CoA, das bei der Carboxylierung des Acetyl-CoA entsteht, zur Fettsäuresynthese im Körper benötigt.
Des Weiteren ist Pantothensäure an der Hormonsyntese des Antistresshormons Cortisol und der Geschlechshormone Testeron und Progesteron beteiligt.

2.1.5.2.5 Vitamin B_6 (Pyridoxin)

Pyridoxin ist Bestandteil wichtiger Coenzyme im Markronährstoffmetabolismus, der der Energiegewinnung dient, die wiederum positive Konsequenzen auf das Nervensystem, das Körperefühl und die Leistungsfähigkeit des Körpers hat. Die Nerven stärkt es zu dem dadurch, dass es an der Synthese der Myelinscheide, welche die Nevenzellen umgibt und zur schnellen Übertragung der Nervenreize beiträgt, beteiligt ist. Es ist in Form des Coenzyms Pyridoxalphosphat zudem essentiell am Aminosäurestoffwechsel beteiligt.[xlvii] Und auch bei der Regulierung des Homocysteingehalts im Blut wirkt es mit, da es am Abbau des schädlichen Homocysteins zu Cystein beteiligt ist. Dieses wiederum hat eine antioxidative Wirkung.

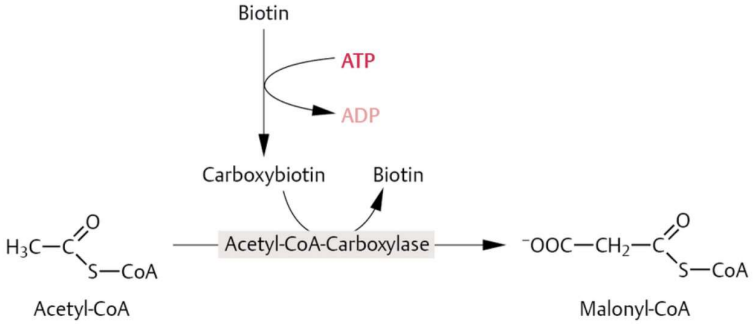
2.1.5.2.6 Biotin (Vitamin B_7, Vitamin B_8, Vitamin H)

Biotin (Vitamin B_7, Vitamin B_8, Vitamin H) dient im Rahmen des Cori-Zyklus als Coenzym der Pyruvatcarboxylase, die die Bildung von Oxalacetat ($C_4H_4O_5$) aus Pyruvat ($C_3H_4O_3$) katalysiert.

$$C_3H_4O_3 + ATP + CO_2 \rightarrow C_4H_4O_5 + ADP + Pi$$

Somit reguliert es den Zuckerstoffwechsel, indem es die anaerobe Dissimilation unterstützt.
Außerdem ist Biotin essentiell an der Fettsäuresynthese beteiligt (2.1.3.7.1 Synthese gesättigter Fettsäuren).

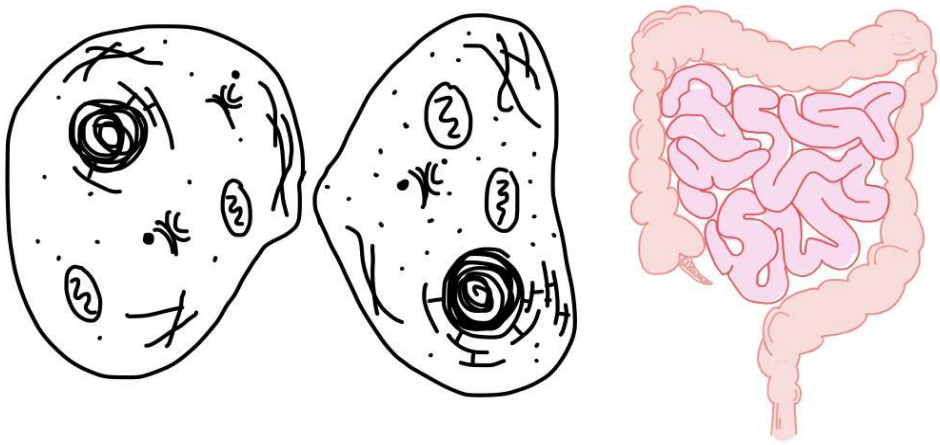
Carboyxylierung von Acetyl-CoA zu Malonyl-CoA
(nach Endspurt Biochemie 1, Thieme, 2013)



(Bildquelle: Quelle: https://viamedici.thieme.de/lernmodule/biochemie/fettsäuresynthese (28.05.2020))
Generell bildet es die prosthetische Gruppe von Carboxylasen, wie beispielsweise der Pyruvatcarboxylase, der Acetyl-CoA-Carboxylase und der Propinyl-CoA-carboxylase, die in Reaktionen die Bindung von Kohlenstoffdioxid katalysieren. Speziell die Propinyl-CoA-carboxylase wird zum Abbau der Fettsäuren mit einer ungeraden Anzahl an C-Atomen (2.1.3.5 β-Oxidation) und dem Abbau einiger Aminosäuren benötigt.
Des Weiteren sorgt es so indirekt für die Erhaltung der Schleimhäute, ist gut für das Nervensystem und die Psyche, wichtiger Bestandteil der Harnstoffproduktion und wichtig für die gesunde Erhaltung von Haut, Schleimhäuten und Nägeln und kann Haarausfall vorbeugen.
Die Wirkung des Biotins kann durch Avidin, eine Aminosäure, die Biotin fest bindet und so dessen Aufnahme verhindert, aufgehoben werden.

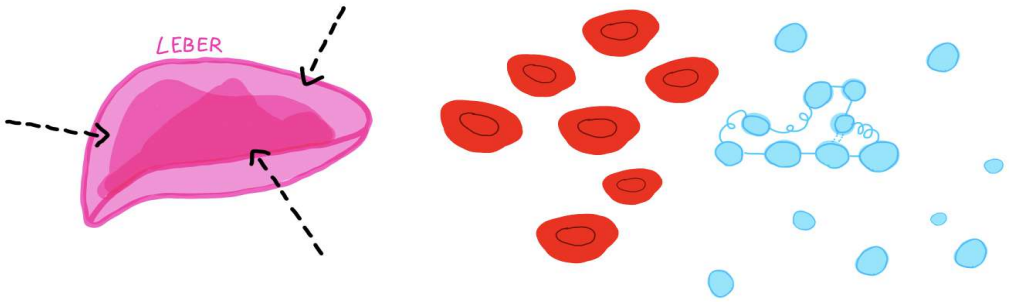
2.1.5.2.7 Vitamin B_9 (Folsäure)

Folsäure fungiert als Coenzym bei der DNA-Synthese, wodurch es wichtig für die Zellteilung wird. Mit dieser Eigenschaft unterstützt es ebenfalls das Wachstum eines ungeborenen Kindes während der Schwangerschaft. Zudem hilft es bei der Produktion von Erythrozyten und Leukozyten (rote und weiße Blutkörperchen) im Körper. Es wirkt neben Vitamin B_6 und Vitamin B_{12} an der Regulierung des Homocysteins mit und senkt über den Abbau den Homocysteinspiegel im Blut. wirkt vorbeugend bei Arteriosklerose



2.1.5.2.8 Vitamin B_{12} (Cobalamin)[xlviii]

Cobalamin ist ein kobalthaltiges Vitamin, welches unter anderem bei der Fettverstoffwechselung im Körper mitwirkt. Die Isomerisierung innerhalb der Fettoxidation im Körper von Methylmalonyl-CoA zu Succinyl-CoA ist vitamin-B_{12}-abhängig und notwendig, damit Proionyl-CoA ebenfalls, wie Acetyl-CoA in den Citratzyklus eingeschleust werden kann. Es hilft also bei der Energiegewinnung. Des Weiteren ist Cobalamin als Cofaktor unersätzlich für die Zellteilung, also auch für das Gewebewachstum und die Blutbildung, indem es die Folsäure aktiviert (2.1.5.2.7 Vitamin B_9 (Folsäure)). Es ist ebenfalls an der Regulierung des Homocysteins beteiligt.

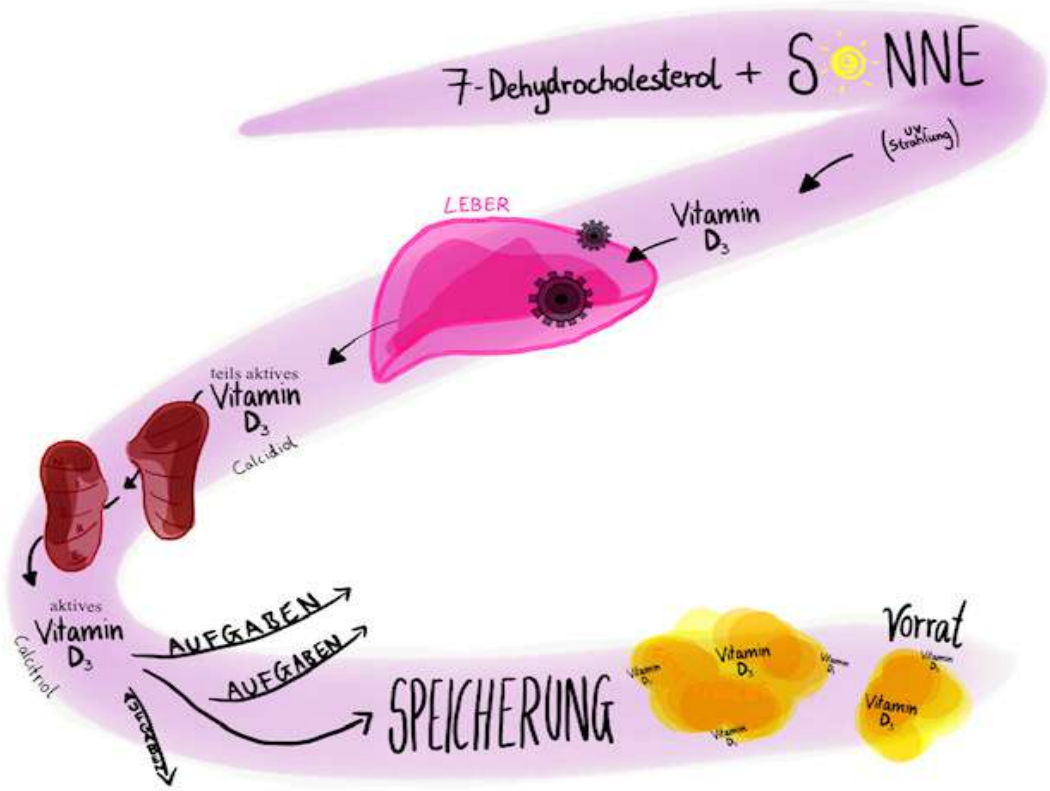


2.1.5.3 Vitamin D (Calciferol)

Vitamin D (Calciferol) erfüllt im menschlichen Körper wichtige Aufgaben, wie die Funktionen von Hormonen, also die Signalvermittlung und Regulierung im Körper. Zudem ist es das einzige Vitamin, welches durch direkte Sonneneinstrahlung auf die Haut körperintern synthetisiert werden kann.
Der Vitamin D Bedarf wird zu 80% über die körpereigene Synthese durch die Sonneneinstrahlung (UV-Strahlen) und zu 20% durch die Aufnahme von Nahrung abgedeckt.
Im Körper übernimmt Vitamin D viele wichtige Aufgaben. So ist es maßgeblich an der Knochen- und Zahnstabilität beteiligt, da es aktiv die Calcium- und Phosphataufnahme fördert, indem es Calbindin, welches als Transportprotein für Calcium und Phosphat fungiert, bildet. Durch die Unterstützung des Knochen-Auf- und Umbaus ist Vitamin D Teil des Mineralisierungsprozesses. Außerdem sorgt es zusammen mit dem Schilddrüsenhormon Calcitonin für die Aufrechterhaltung des Calciumgleichgewichtes im Blut. Des Weiteren ist es wichtig für die Genexpression, kann Entzündungsbotenstoffe dämpfen und hemmt die Entwicklung bestimmter Krebszellen. Ein ausreichender Vitamin-D-Spiegel hilft ebenso bei der Blutdrucksenkung.
Vitamin D ist vor allem in tierischen Produkten (Leber, Eigelb, Milchprodukten, fettem Fisch), Avocado und Pilzen zu finden und kann als Vorrat im Fettgewebe gespeichert werden.
Ein Vitamin D Mangel wirkt sich negativ auf die Knochenfestigkeit aus. Eine Überdosis hingegen kann zu Nierenstein führen.
Risikogruppen für Mangel sind: dunkelfarbige Menschen (haben erhöhten Melaningehalt, der vor

Sonneneinstrahlung schützt & für geringere Vitamin D Produktion sorgt), Menschen, die selten direkter Sonneneinstrahlung ausgesetzt sind, eine Überdosis an bestimmten Medikamenten zu sich nehmen, chronische Erkrankungen haben oder deren essentielle Organe für die Vitamin D Synthese (vor allem Nieren, Leber & Haut) nicht arbeiten.
Im Körper ist Vitamin D nur in Form von Vitamin D_3 vorhanden.

2.1.5.3.1 Vitamin D_3 (Cholecalziferol)
Vitamin D3 wird vom Körper selbst synthetisiert, braucht zuvor jedoch eine Aktivierung, die über eine durch UV-Strahlung (Ultraviolettstrahlung) erfolgt.
Es reguliert die Calcium- und Phosphataufnahme in den Blutgefäßen und erhöht die Calciumaufnahme in den Knochen, was eine verbesserte Knochenstabilität impliziert. Zudem ist Cholecalziferol ein positiver Unterstützer bei der Zellteilung, unterstützt das Immunsystem und ist wichtig für eine gesunde Muskulatur.

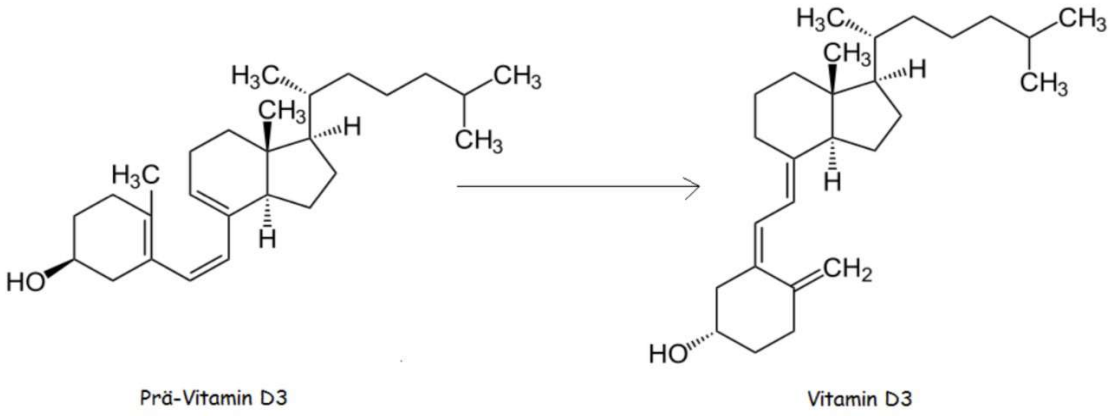


2.1.5.3.1.1 Calciferol-Synthese
Das 7-Dehydrocholesterin, ein Zwischenprodukt aus der Cholesterinbiosynthese, dient in der Haut als Edukt für die Synthese, das über die Einwirkung von UV-Strahlung über die Sonneneinstrahlung zu dem Prävitamin D_3 wird, indem sich die Struktur des Eduktmoleküls am B-Ring spaltet. Es entsteht das Prävitamin D_3 (siehe Abbildung), welches wegen der instabilen Struktur direkt zu seinem Isomer Vitamin D_3 reagiert. Es gelangt anschließend aus der Hautzelle in der Epidemis oder Dermis in den Extrazellularraum[xlix], wo es an das Vitamin-D-bindende Protein Transcalcifirin und über den Blutkreislauf zur Leber gelangt. Dort reagiert es über Hydroxylierung zu 25-Hydroxy-Vitamin D_3 (Calcidiol). Im Folgenden gelangt das Calcidiol in die Nieren, wo das Enzym 1-alpha-Hydroxylase das Calcidiol erneut hydroxyliert, sodass 1,25-Dihydroxy-Vitamin D_3 (Calcitriol/Cholecalciferol) entsteht.

$$C_{27}H_{44}O_2 + O \rightarrow C_{27}H_{44}O_3$$

Calcitriol als aktivierte Form übernimmt nun die in „2.1.5.3.1 Vitamin D_3 (Cholecalziferol)“

aufgeführten Aufgaben.



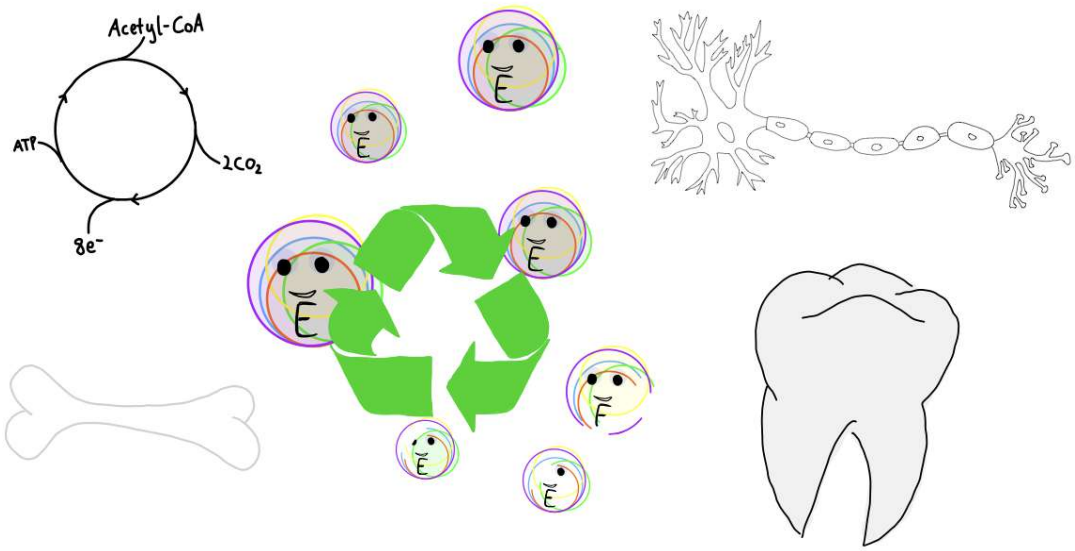
Isomerisierung des Prävitamin D_3 (Bildquelle: httpsrefubium.fu-berlin.debitstreamhandlefub18813645Diss_M_Biersack.pdfsequence=1&isAllowed=y (22.11.2020))

2.1.5.4 Vitamin C (Ascorbinsäure)

Ascorbinsäure ist das wichtigste wasserlössliche Antioxidans und wirkt als Coenzym für die Hydroxylierung von Lysin- und Prolinresten entscheidend bei der Kollagensynthese im Bindegewebe mit. Kollagen ist ein Strukturprotein (2.1.4 Proteine) ist wichtiger Bestandteil von Haut, Zähnen Knochen und Knorpel, Sehnen und Blutgefäßen, indem es Struktur und Elastizität gewährleistet. Fehlt bei der Synthese das Coenzym, kann die Hydroxylierung der Lysin- und Prolinreste nicht ablaufen, die essentiell für die Stabilität der Stabilität der Tertiärstruktur des Kollagen ist.
Ascorbinsäure kann über die Abgabe zweier Elektronen (e^-) und zweier Protonen (H^+) als Antioxidans aktiv werden und wird dabei zu Dehydroascorbinsäure oxidiert, die als Reduktionsmittel wieder zu Ascorbinsäure oxidiert werden kann.

$$\text{Ascorbinsäure} \leftrightarrow \text{Dehydroascorbinsäure} + 2H^+ + 2e^-$$

Als starkes Reduktionsmittel ist Ascorbinsäure reaktiosfreudiger als Eisen und eine bestimmte Modifizierung von Kupfer, die in einigen Enzymen zu finden sind. Es verhindert mit seiner Anwesenheit die Oxidation dieser Substanzen und bewahrt die betroffenen Enzyme, meist Hydroxylasen und Oxygenasen, vor dem Funktionsverlust.
Ascorbinsäure wird im menschlichen Organismus durch aktiven Natrium-abhängigen Transport absorbiert, ist also auf die Anwesenheit von Natrium angewiesen (2.1.6.2.2 Natrium).[1]
Ascorbinsäure wiederum erleichtert die Eisenaufnahme über die Darmschleimhaut indem es das Eisen aus der Nahrung reduziert und so seine Aufnahme erleichtert. Es hilft also sowohl bei der präresorptiven Nährstoffverwertung im Körper, als auch indirekt über die Aufrechterhaltung einiger Enzymfunktionalitäten am postresorptiven Nährstoffmetabolismus und somit auch bei der Energiegewinnung. Über die Elektronenregulation in intrazellulären Redoxsystemen, also auch innerhalb der Atmungskette, wo über den Citratzyklus und die anknüpfende oxidative Phosphorylierung Adenosintriphosphat (ATP) gewonnen wird, wirkt das Vitamin ebenfalls an der Energiegewinnung mit. Diese ist wichtig für das Nervensystem und führt zu Konzentrationssteigerung, besserem Wohlbefinden, verminderter Müdigkeit und weniger schneller Erschöpfung. Ascorbinsäure dient über die Unterstützung der Aufnahme von Adrenalin und Noradrenalin in den Nebennieren auch der Stressregulation. Außerdem recycelt es die aktive Form des Vitamin E.



2.1.5.5 Vitamin E (Tocopherol)

Vitamin E ist eine wichtige Antioxidans, die, in den Phospholipiddoppelschichten eingelagert, die ungesättigten Fettsäuren der Membranlipide vor der Lipidperoxidation, Peroxylradikalen und RNS schützt, indem sie die verketteten Elektronenaufnahmen der freien Radikale unterbricht.[li] Es schützt also die Zellmembranen und wird selbst zu einem freien Radikal, dem Tocopheroxylradikal. Dieses wird mit Hilfe der Ascorbinsäure (vgl. 2.1.5.4 Vitamin C (Ascorbinsäure)) über das Ascorbat/Ascorbyl-Radikalsystem recycelt.[lii] Eine Überdosis ist schädlich, da das Vitamin die Blutgerinnung hemmt. Ansonsten schützt es vor Darmkrebs indem es die Umwandlung von Nitrat zu Nitrosamin, die im Darm stattfindet, abschwächt.

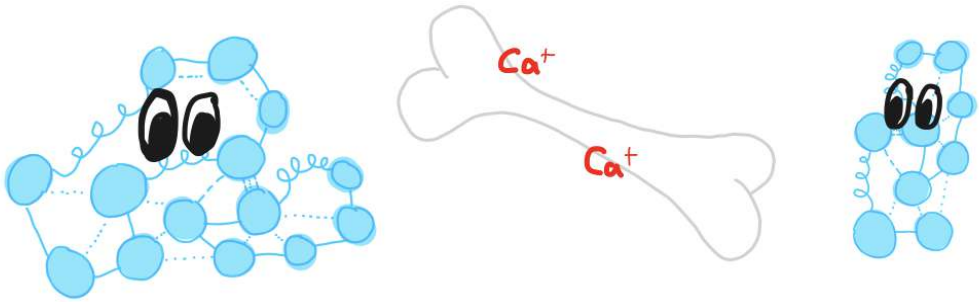
2.1.5.6 Vitamin K (Phyllochinon & Menachinon)

2.1.5.6.1 Vitamin K_1 (Phyllochinon)

Phyllochinon ist als Cofaktor essentiell für die Bildung von Prothrombin in der Leber, welches benötigt wird, um Thrombin zu aktivieren, dem zentralen Enzym bei der Blutgerinnung.[liii]
Bei einem Mangel kann es zu Blutgerinnungsstörungen kommen.

2.1.5.6.2 Vitamin K_2 (Menachinon)

Menachinon ist an der Calciumaufnahme in den Knochen beteiligt und unterstützt so in Verbindung mit Vitamin D, Magnesium & Calcium die Knochenstabilität. Über die Aufnahme verhindert es zudem Ablagerungen in den Gefäßen.



2.1.6 Mineralstoffe

Mineralien sind essentielle Bestandteile unseres Körpers, die wir über die Nahrung aufnehmen. Viele von ihnen sind sogenannte Elektrolyte, die über die Abgabe beziehungsweise Aufnahme von Ionen Reaktionen aktivieren. „*Diese Elektrolyte im Blut – Natrium, Kalium, Chlorid und*

Bikarbonat – helfen bei der Regulierung der Nerven- und Muskelfunktion und halten den Säure-Basen-Haushalt *und* Wasserhaushalt *stabil.*
Elektrolyte, besonders Natrium*, helfen dem Körper dabei, die normalen Flüssigkeitsspiegel in den Flüssigkeitskompartimenten aufrechtzuerhalten, da die darin enthaltene Flüssigkeitsmenge von der im Flüssigkeitskompartiment enthaltenen Menge (Konzentration) an Elektrolyten abhängt. Wenn die Elektrolytkonzentration hoch ist, fließt Flüssigkeit in das Kompartiment (ein Vorgang, der als Osmose bezeichnet wird). Wenn die Elektrolytkonzentration hingegen niedrig ist, fließt Flüssigkeit aus dem Kompartiment hinaus. Um die Flüssigkeitsspiegel anzupassen, kann der Körper aktiv Elektrolyte in Zellen hinein oder heraus bewegen. Die richtigen Elektrolytkonzentrationen (der Elektrolythaushalt) sind also bei der Aufrechterhaltung des Flüssigkeitsgleichgewichts in den Kompartimenten wichtig.* "[liv] Die Nieren kontrollieren die Regulation der Elektrolytkonzentration im Körper, da sie die Aufnahme und Absonderung über Wasser, in Urin und Schweiß enthalten, regulieren.
Bei Überdosierung der Mineralstoffe wirken alle Substanzen als Zellgift und führen zum Teil zu akuten Vergiftungen, die tödlich enden können.

2.1.6.1 Magnesium (Mg)

Das Element Magnesium liegt in unserem Körper in Form von Mg^+-Ionen vor.
Magnesium ist an fast allen Stoffwechselvorgängen beteiligt und Bestandteil von mehr als 300 Enzymen. Außerdem ist es wichtig für die Signalübertragung von Nerven und für die Herzgesundheit, da es Muskelfunktionen unterstützt. Deshalb kann ein Magnesiummangel zu Muskelkrämpfen, Herzrhythmusstörungen, Kopfschmerzen, Nervosität, Reizbarkeit und Müdigkeit führen. Ebenfalls fungiert Magnesium als Co-Faktor für die Vitamine B und C.

2.1.6.2 Salz (Natriumchlorid= NaCl = Kochsalz)

Als Bestandteil des Magensaftes dient Salzsäure (HCl) der Verdauung und der Abwehr von Krankheitserregern.

2.1.6.2.1 Chlorid (Cl^-)

Das „Chlorid spielt eine wichtige Rolle für die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks und des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalts."[lv] Zudem beeinflusst es zusammen mit Natrium den Blutdruck und ist an enzymatischen Prozessen beteiligt. Natrium und Chlorid treten im Körper meist zusammen auf, weshalb ein Chlorid- und Natriummangel meistens miteinander einher gehen. Am wahrscheinlichsten ist ein Chloridmangel als Folge eines erhöhten Chloridverlustes, z. B. durch Erbrechen, chronische Nierenkrankheiten, Nierenversagen oder der Einnahme von harntreibenden Medikamenten, was durch Symptome wie Hypotonie, Herzrhythmusstörungen (Tachykardie) und einem erhöhter pH-Wert im Blut (metabolische Alkalose) sichtbar wird.

2.1.6.2.2 Natrium (Na^+)

Das Element Natrium liegt im Körper als Ion Na^+ vor und hilft bei der Entstehung und Erregung von Nervenzellen und unterstützt die Weiterleitung von Signalen zwischen Nervenzellen. Somit erhält Natrium unsere Denk- und Konzentrationsfähigkeit indirekt aufrecht. Auch zwischen Muskelfasern ist der Mineralstoff wichtig für die Reizweiterleitung, weshalb vor allem Sportler ausreichend Natrium benötigen. Des Weiteren ist Natrium ein wichtiger Elektrolyt im Körper und hauptsächlich für die Blutvolumenregulierung zuständig. Natrium-Ionen haben die Eigenschaft, Wasser zu binden, weshalb bei einem Überschuss an Natrium der Körper mit einer erhöhten Natriumausscheidung reagiert. In diesem Fall muss viel Flüssigkeit zu sich genommen werden, da sonst das Blutvolumen sinkt, sich das Blut aufgrund der steigenden Teilchenkonzentration, die durch einen Lösungsmittelmangel (dem Wasser) hervorgerufen wird, verdickt und so der Blutdruck sinkt, was wiederum bei extremer oder andauernder Ausprägung zu einer schlechten Durchblutung des Körpers führen kann.
Beim Überschuss an Natrium im Körper auftretende Symptome sind deshalb trockene Haut, starkes

Durstgefühl und wenig Urin. Zudem steigt der Blutdruck, da weniger Wasser von den wenigen Natriumteilchen gebunden wird, weshalb sich das Blut verflüssigt. Eine niedrige Natriumkonzentration im Blut verursacht hingegen einen geringeren osmotischen Druck, der zu schlechter Durchblutung führt, da die Druckerhöhung durch das durch die semipermeablen Biomembranen diffundierende Wasser wegfällt, da ein Konzentrationsausgleich bereits vorhanden ist und nicht wie normalerweise die Natriumkonzentration im Blut erhöht ist. Sie wird durch spezielle Zellen der Nieren erkannt und verursacht so die Aktivierung des Enzyms Renin, welches wiederum die Produktion eines Hormons (Angiotensin-II) ankurbelt, das die Ausschüttung verschiedener Hormone anregt und so über verschiedene Reaktionsketten wieder den Blutdruck, die Natriumkonzentration des Blutes und das Blutvolumen erhöht. Bei diesem Vorgang sinkt jedoch auch die Calziumkonzentration. Diesen gesamten Prozess nennt man auch „Renin- Angiotensin-Aldosteron- Mechanismus“. Die Wechselwirkungen von Natrium und Calcium sind auch an anderen Körperprozessen zu erkennen. So ist die „Ausscheidung von Calcium an die Ausscheidung von Natrium über die Nieren gekoppelt. Bei der Kontrolle der Muskeln arbeiten beide Mineralstoffe eng zusammen.“[lvi]

2.1.6.3 Phosphor (P)

Das Element Phosphor übernimmt vier wichtige Aufgaben im Körper. Es sorgt gemeinsam mit Calcium für die Knochengesundheit, ist in die Phosphat-Desoxyribose-Kette (Verbindung über Esterbindungen) integriert, die das Rückgrat der DNA bildet. Zudem ist es eines der vier wichtigsten Puffersysteme im Säure-Base-Haushalt des Körpers und sorgt so für die Aufrechterhaltung des pH-Werts im Körper. Die vierte Funktion des Phosphors besteht als Bestandteil der Universalenergie des Körpers in Form von Adenosintriphosphat (ATP) darin, für alle aktiven Reaktionen im Organismus Energie bereitzustellen. Phosphor blockiert im Körper jedoch die Calciumaufnahme und den Magnesiumstoffwechsel, weshalb auf die Dosierung geachtet werden sollte.
Die Folgen eines Phosphatüberschusses sind Kalzifikation des Gewebes, Durchfall, schnellere Zellalterung und unstabile Knochen. Letzteres ist dadurch bedingt, dass eine Kompensation eines Phosphorübeschusses durch die Freisetzung von Calcium, vor allem aus den Knochen, zu erreichen versucht wird. „Die Aufnahme von Phosphor kann [nämlich] aufgrund anderer Substanzen erschwert werden. Grund hierfür ist, dass der Körper dann andere Verbindungen eingeht und das Phosphor nicht aufgenommen werden kann.“[lvii] = Bei dem Eingehen einer Verbindung von Phosphor mit einem anderen Stoff, kommt es zur Entstehung von Phosphat. Der meiste Phosphor in unserem Körper liegt in Form von Phosphaten vor. Zu viel Phosphat begünstigt jedoch das Ablaufen bestimmter Reaktionsketten, die die Knochen schwächen und so langfristig zu Osteoporose führen. Problematisch für die Phophoraufnahme sind zu viel Eisen, Aluminium, Calcium oder Phytinsäure. Sie können also einen Phosphormangel hervorrufen, der sich über Symptome, wie Wachstumsstörungen, Skelettdeformation, Osteomalazie, Knochenschmerzen und allgemeines Schwächegefühl äußert.

2.1.6.4 Nitrat (NO_3^-)

Nitrat (NO_3^-) ist das Salz der Salpetersäure und ruft in zu großen Mengen, wie alle Salze, osmotische Probleme hervor. Jedoch hat es auch gute Eigenschaften. Es ist antibakteriell und hat eine entzündungshemmende Wirkung auf den Organismus.
Nitrat wird unter dem Zusammenspiel einiger Bakterien und Pilzen in Nitrit (NO_2^-) umgewandelt. Bei der Nitritsynthese entsteht ein sehr giftiger Stoff, der unter bestimmten Umgebungsbedingungen, wie beispielsweise einem sauren Milieu im menschlichen Magen, auch an der Bildung der krebserregenden Nitrosamine beteiligt ist. Außerdem gelangt das synthetisierte Nitrit über den Magen-Darm-Trakt ins Blut und regt dort die Bildung von Stickstoffmonoxid an, welchen die Gefäße weitet. Nitrit ist also ein potenter Blutverdünner. NO_2^- verhindert aber ebenfalls das Verklumpen der Thrombozyten und kurbelt so die allgemeine Durchblutung an. Somit wirkt es blutdrucksenkend.

Die Risiken des Nitrats bestehen nur bei Säuglingen und Menschen mit belasteter Darmflora, weshalb normalerweise keine Gefahr von dem Nitrat ausgeht. Die Magensäure bei Säuglingen ist nämlich noch nicht in ausreichender Menge vorhanden, um im Darm die keimhaltige Nahrung zu blockieren und damit eine Besiedelung des Dünndarms mit den Bakterien zu verhindern, die das Nitrat zum gefährlichen Nitrit umwandeln.
Nitrat wird von Pflanzen über Stickstoff aus dem Boden gewonnen und ist dort relevant für den Proteinaufbau, der nur bei genug Sonneneinstrahlung möglich ist. Ansonsten bleibt das Nitrat einfach in den Blättern und Wurzeln gespeichert, bis die benötigte Sonneneinstrahlung vorhanden ist. „Daher hat Wintergemüse wie Rucola oder Kohl viel natürliches Nitrat. Nitrat ist ein Sauerstoffspeicher und wurde in verschiedenen Studien als Stoff für die Steigerung der geistigen Aktivität nachgewiesen. Die Blutversorgung der Frontallappen war bei Probanden deutlich erhöht, nachdem sie sich nitratreich ernährt hatten.“[lviii] Zuviel Nitrat ist jedoch auch nicht förderlich, da es die Aufnahme von Jod durch die Schilddrüse behindert und die Bildung eines Kropfes verstärkt.

2.1.6.5 Schwefel (S)
Das Element Schwefel ist in Aminosäuren enthalten, aus denen körpereigene Eiweiße (vgl. 2.1.4.2 Proteinbiosynthese) hergestellt werden. „Schwefelhaltige Aminosäuren sind wichtig für gesunde Sehnen, Knochen, Knorpel und Muskeln. Zudem ist Schwefel ein wichtiger Bestandteil von Bindegewebe.“[lix] Außerdem ist Schwefel im Körper wichtig für den Eiweißstoffwechsel und die Entgiftung. Die Entgiftung durch Schwefel findet statt indem sich schädliche Stoffe, wie beispielsweise Alkohole, an die Salze der durch Reaktionen im Körper entstehenden Schwefelsäure, den sogenannten Sulfaten, binden und anschließend über den Urin ausgeschieden werden. Schwefel ist ebenfalls Bestandteil von Insulin, einem Peptidhormon, welches den Blutzuckerspiegel senkt, indem es Körperzellen dazu anregt, Glucose aus dem Blut aufzunehmen. Es ist auch Bestandteil von Heparin, welches die Blutgerinnung hemmt und vom Coenzym A, welches wichtiger Bestandteil der Zellatmung, der Energiegewinnung der Zellen, ist und in diesem Umfang essentiell an vielen enzymatischen Reaktionen beteiligt ist (vgl. 2.1.2 Kohlenhydrate).
Schwefel ist in den meisten eiweißhaltigen Lebensmitteln enthalten, da zwei häufige Aminosäuren, Zystin und Methionin, schwefelhaltig sind.

2.1.6.6 Calcium (Ca)
Das Element Calcium sorgt für die Stabilität der Knochen, den Aufbau von Zähnen und Knochen, aktiviert viele Enzyme und ist wichtig für Muskeln und Nerven. Bei einem gemeinsamen Verzehr mit Vitamin D oder Zitronensäure, wird es besser vom Körper aufgenommen.

2.1.6.7 Kalium (K)
Das Element Kalium reguliert mit Natrium, als Gegenstück, den Blutdruck und Flüssigkeitshaushalt und wirkt seperiert blutdrucksenkend.

2.1.7 Spurenelemente

2.1.7.1 Eisen (Fe)
Das Element Eisen wird zur Bildung von Hämoglobin benötigt, welches wiederum den wichtigsten Bestandteil der Erythrozyten bildet, die für den Sauerstofftransport im Blut zuständig sind. Das bedeutet, ein Eisenmangel führt zum Sauerstoffmangel in blutversorgten Körperregionen, wie dem Gehirn, wodurch die Aktivität dieser Regionen massiv eingeschränkt wird, sie also nicht mehr richtig arbeiten können.

2.1.7.2 Jod (I)
Das Element Jod ist der Hauptbestandteil der Schilddrüsenhormone. In der Schilddrüse werden Zellteilung und Wachstum gesteuert, weshalb Jod folglich für das Wachstum, die Entwicklung und verschiedene Stoffwechselvorgänge unabdingbar ist. Zudem dient es der Gesundheit von Nägeln,

Haut und Haaren. Aus einem Jodmangel resultieren oft ein Kropf, eine verminderte Temperaturtoleranz, starke Gewichtsschwankungen und bei Neugeborenen besteht die Gefahr von schwerwiegenden, unwiderruflichen Entwicklungsstörungen. Es gibt zudem auch radioaktive Isotope des Jods, Jod-131 & Jod-123, welches gefährlich wird, wenn es sich in die Schilddrüse einlagert.

2.1.7.3 Chrom (Cr)

Das Element Chrom (Cr) stimuliert die Wirkung von Insulin als Glucosetoleranzfaktor (GTF) und sorgt dadurch für die Aufrechterhaltung des optimalen Glucosespiegels im Blut. Zudem ist es an der Proteinbiosynthese (2.1.4.2 Proteinbiosynthese) beteiligt und leistet einen wichtigen Beitrag zum fetalen Wachstum während der Schwangerschaft. Ebenso leistet es einen wichtigen Beitrag zur Verstoffwechselung der Makronährstoffe.

2.1.7.4 Selen (Se)

Das Element Selen (Se) ist ein lebensnotwendiges Spurenelement, welches nicht vom Körper synthetisiert werden kann, aber als Vorrat in den Muskeln gespeichert wird. Es ist ein wichtiges Antioxidans, reduziert also die Freien Radikale und schützt so die Zelle. Ebenfalls korreliert es positiv mit dem guten, den Körper schützenden HDL-Cholesterin (2.1.3.1 Cholesterin), schützt die Erythrozyten, wirkt entzündungshemmend und immunstimulierend und hat einen unterstützenden Einfluss auf die Schilddrüse. Selen wird von den Pflanzen aus dem Boden aufgenommen und gelangt anschließend direkt oder über den Verzehr eines Erstverbrauchers in unseren Körper. Ein Selenmangel ruft Wachstumsstörungen, Blutarmut (Anämie) und Muskelschwäche hervor. Eine Überdosis an Selen hingegen führt zu Durchfall, Haarausfall, Herzmuskelschwäche, Veränderungen der Nägel und Zahnfäule.

2.1.7.5 Zink (Zn)

Das Element Zink ist ein essentielles Spurenelement und einer der wichtigsten Vitalstoffe im Körper und bildet einen wichtigen Bestandteil zahlreicher Enzyme mit denen es an über 200 Reaktionen im Körper beteiligt ist, wie unter anderem an Hormon-Reaktionen und am Protein-, Kohlenhydrat-, Fett- und Nucleinsäure-Stoffwechsel.[lx] Des Weiteren bildet Zink neben Mangan und Kupfer einen Bestandteil des antioxidativen Enzymsystems und ist zudem enorm wichtig für unser Immunsystem, da es dem Körper hilft, bestimmte Abwehrstoffe zu bilden. Außerdem ist an der intrazellulären Genexpression beteiligt. Aufgrund der vielen lebenswichtigen Auswirkungen von Zink auf den Körper, besteht in der Wachstumsphase, der Schwangerschaft und bei Infektionskrankheiten ein erhöhter Zinkbedarf. Die Symptome eines Zinkmangels äußern sich durch die Beeinträchtigung hormoneller Aktivität, ein geschwächtes Immunsystem, Wundheilungsstörungen, Wachstumsstörungen und brüchige Nägel und Haare. Zinkmängel sind zu 90% ernährungsbedingt und können durch eine Mangelernährung, Resorptionsstörungen, also nur eine eingeschränkte Zinkaufnahme über den Darmoberfläche, die verschiedenste Ursachen, wie Unverträglichkeiten, Entzündungen im Darm (vor allem chronische) oder die Aufnahme von zu viel Calcium, welches mit Zink eine chemische Verbingung eingeht, sodass das Zink nicht mehr gut aufgenommen werden kann, also mit Zink um bestimmte Transportmechanismen konkurriert, haben kann. Eine Maßnahme bei einem Zinkmangel wäre die Anpassung der Ernährung zu einem größeren Konsum von Nüsse, Fisch, Austern, Fleisch, Hülsenfrüchte und Käse hin, da diese sehr zinkhaltige Lebensmittel sind.

2.1.7.6 Kupfer (Cu)

Das Element Kupfer liegt im Körper meistens in Form von Ca^{2+}-Ionen vor. Kupfer ist an der Bildung von Hämoglobin beteiligt und unterstützt die Stoffwechselvorgänge im Körper, speziell den Eisenstoffwechsel. Zudem ist es neben Zink und Mangan Teil des antioxidativen Enzymsystems und ist notwendig für die Pigmentsynthese, weshalb ein Mangel zu Pigmentstörungen führt.

2.1.7.7 Mangan (Mn)
Das Element Mangan bildet neben Zink und Kupfer einen Teil des antioxidativen Enzymsystems im Körper und ist wichtig für die Gelenke und die Knochen. Außerdem unterstützt es Stoffwechselprozesse, ist am Aufbau von Bindegewebe beteiligt und wichtig für das Nervensystem.

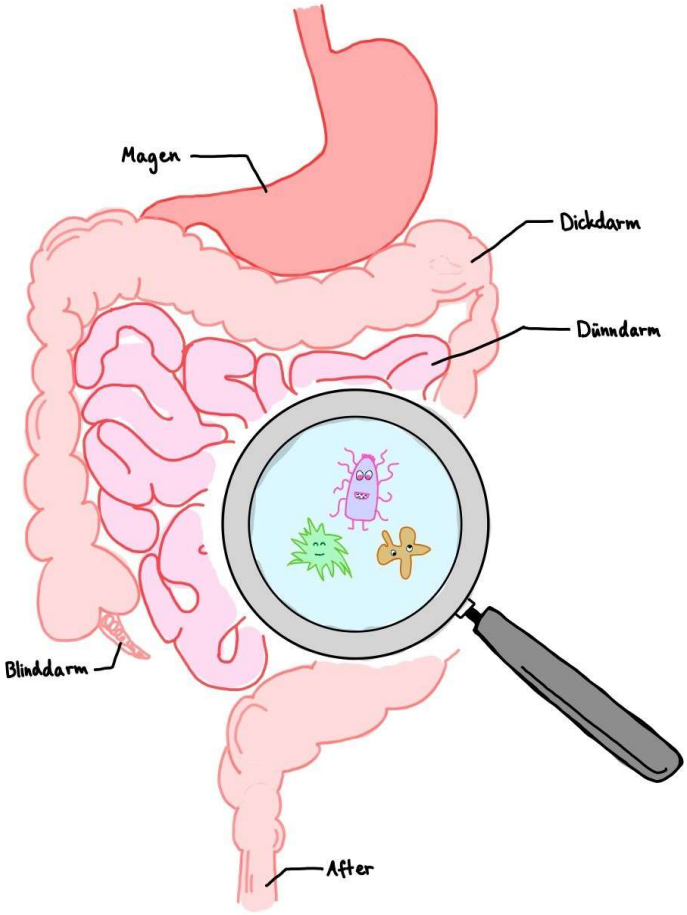
2.1.7.8 Molybdän (Mo)
Das Element Molybdän unterstützt die Verstoffwechselung schwefelhaltiger Aminosäuren im Körper, ist wichtig für die Harnsäureproduktion, ist neben Vitamin B_6 an der Taurinsynthese beteiligt und ist für den Abbau von Adrenalin zuständig. Ebenfalls entfaltet es eine antioxidative Kraft im Körper und schützt ihn so.

2.1.7.9 Silizium (Si)
Das Element Silizium ist an Stoffwechselvorgängen im Körper beteiligt und stärkt das Bindegewebe.
Es „ […] unterstützt die Bildung der Bindegewebsfasern Kollagen und Elastin [...]“ und steigert die Elastizität und Spannkraft des Gewebes.[lxi]

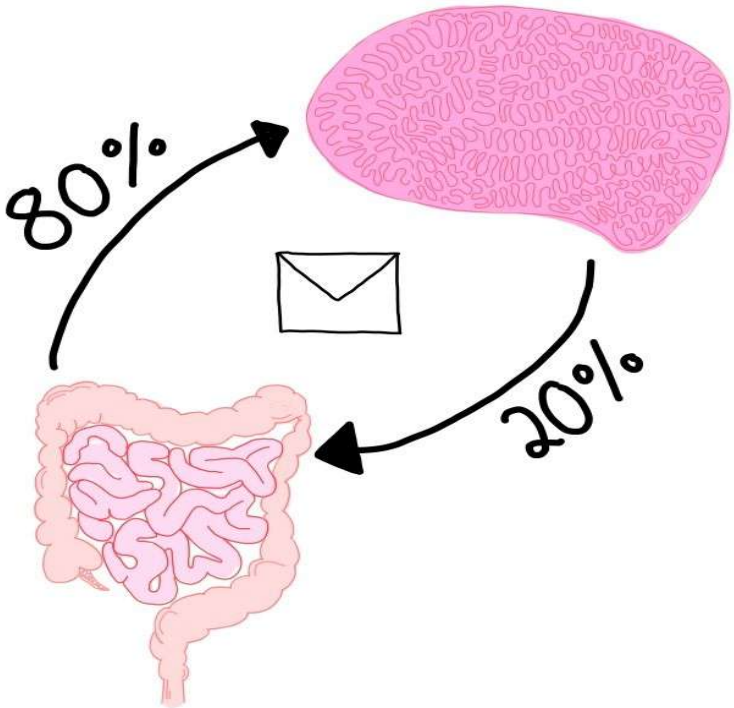
2.1.7.10 Vanadium (V)
Das Element Vanadium unterstützt Stoffwechselfunktionen, speziell den Fettstoffwechsel (2.1.3.4 Lipolyse; 2.1.3.5 β-Oxidation)[lxii], ist essentiell für das Elektrolytengleichgewicht des Körpers, sorgt für die Knochen- und Zahngesundheit und ist wichtig für Nerven- und Muskelfunktionen.

2.1.7.11 Bor (B)
Das Element Bor stärkt die Knochen durch die Regulierung ihres Mineralstoffgehaltes und schützt die Knochen speziell vor einem Calciumverlust. Zudem hat es eine positive Wirkung auf das Gedächtnis und die kognitiven Funktionen.[lxiii]

2.2 Mikrobiom
Als Mikrobiom des Verdauungstraktes, beziehungsweise die innere Mikrobiota, wird die Darmflora bezeichnet, die sich aus circa 100 Billionen (10^{14})[lxiv] Bakterien zusammensetzt. Hierbei handelt es sich um verschiedenste Arten, die untereinander und mit ihrem Wirt, in diesem Fall mit dem menschlichen Organismus, in Interaktion stehen, wobei sie viele wichtige Aufgaben übernehmen. Hierbei gilt, je diverser, also je vielfältiger das Mikrobiom ist, desto gesünder ist es für den Wirt, da so ein breiteres Aufgabenspektrum im Körper durch die Bakterien abgedeckt wird. „Hunderte Mikrobenarten setzen dabei Tausende von Substanzen frei, die im Körper die verschiedensten Wirkungen entfalten und damit einen großen Einfluss auf seine Gesundheit haben.“[lxv] Um diese enorme genetische Diversität erreichen zu können, ist es wichtig, den Bedürfnissen der Mikroben nachzukommen, die sich unter anderem durch die Ernährung, aber auch durch umweltbedingte Faktoren, beeinflussen lassen. Die Mikroben im Körper entwickeln sich je nach Nahrungswahl unterschiedlich weiter. So entsteht auch ein immer stärkeres Verlangen nach bestimmten Nahrungsmitteln, die wir häufig verzehren. Die Beeinflussung durch die Nahrung wird beispielsweise in einem Selbstexperiment des Wissenschaftlers Tom Spector verdeutlicht.
Er setzte sich das Ziel, sich 10 Tage ausschließlich von einem Fastfoodmenü eines bestimmten Ladens zu ernähren um sein Mikrobiom einer möglichst ungesunden und einfältigen Ernährung auszusetzen. Anschließend führte er eine Genomsequenzierung seines Darminhaltes durch, mit dem Ergebnis, dass sich rund 400 Bakterienarten weniger darin befanden, was in etwa 40% der anfangs festgestellten Diversität entsprach.[lxvi]



Ein Verwandter von ihm, der Arzt Tim Spector führte ebenfalls ein Selbstexperiment durch, die „Käsekur“, während der er ausschließlich Käse verzehrte. Das Resultat war bereits nach drei Tagen sichtbar. Die Leistung seiner Darmflora hatte bereits zugenommen, da sich viele neue Bakterienarten, dank des Käses, einem sogenannten Probiotika (siehe 2.1.2.3 Ballaststoffe), vom Käse über den Verzehr in seine Darmflora umgesiedelt hatten. Diese Bakterien leben zwar nur vorübergehend im Darm, unterstützen aber während ihrer gesamten Zeit im Darm die anderen Bakterien und erbringen so eine positive Zusatzleistung.[lxvii]



Die Darmflora wird auch als zweites Gehirn bezeichnet, da sie großen Einfluss auf unser Gehirn hat und war evolutionär gesehen sogar bereits vor dem Gehirn vorhanden. Die Bakterien des Darmes kommunizieren über die Blutbahn und das Nervensystem mit dem Gehirn und empfangen über diese Wege ebenfalls Signale

des Gehirns. Da viele Neurotransmitter und Botenstoffe großteils im Darm gebildet werden und anschließend ans Gehirn weitergeleitet, ist das Bakterienmillieu unserer Darmflora entscheidend an unserer Gefühlslage beteiligt. Das ist auch der Grund dafür, weshalb zum Beispiel psychische Konflikte über eine monotone Ernährung in Grenzen kompensiert werden können und anschließend über eine gezielte Ernährung der psychische Zustand verbessert werden kann. Bei Intoleranzen wird diese Methode ebenfalls angewendet, da eine entspannte Seele Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Behandlung ist.[lxviii]

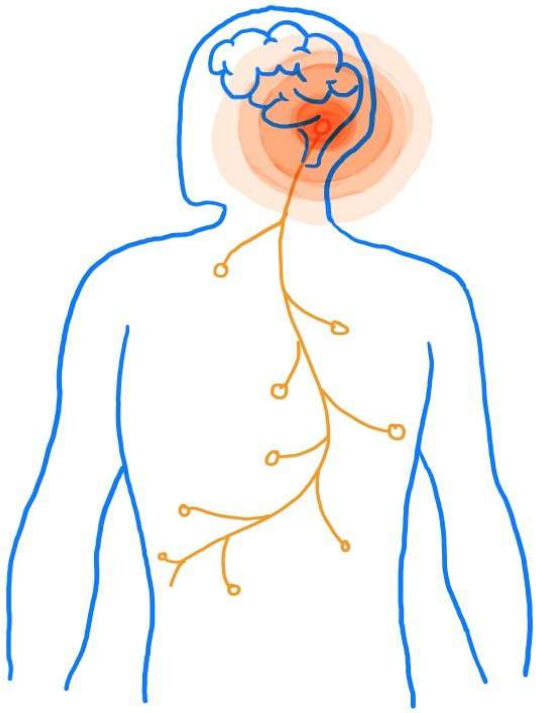
Das Mikrobiom ist bei jedem einzelnen Menschen genauso einzigartig, wie der Fingerabdruck, weshalb die Bedürfnisse jedes Individuums unterschiedlich ausfallen. Forscher des Max Planck Institutes in Kiel fanden 2016 zudem heraus, das Mikrobion werde auch durch das individuelle Genom beeinflusst.[lxix] Wie schon erwähnt, entwickeln sich die Bakterien im Darm weiter, mutieren und spalten sich in typische Subpopulationen, also Bakterienstämme mit ähnlichen Eigenschaften, auf. Bei den Bakterien unterscheidet man außerdem zwischen den guten und den schlechten Bakterien. Die guten Bakterienarten unterstützen gesundheitsfördernde Körperprozesse und die schlechten die eher gesundheitsschädigenden Abläufe. So bringen sie zum Beispiel den Botenstoffhaushalt im Gehirn durcheinander und können so psychische Störungen verursachen.
Eine gesunde Darmflora ist essentiell für die psychische und physische Gesundheit des Menschen und zeichnet sich durch eine gesunde Vielfalt an Bakterien aus. Diese Vielfalt lässt sich gut über eine ausgewogene Ernährung aufrecht erhalten. Forscher fanden durch die Untersuchungen an verschiedenen Gensequenzen aber auch heraus, dass die Evolution und Ausprägung einzelner Bakterienstämme auch mit dem lokalem Standort des Menschen zusammenhängt. So weisen beispielsweise Bakterien in den USA und in Europa ein anderes Mutationsverhalten auf, als untersuchte Mikrobiome aus Fernost. Genauere Informationen zu den Hintergründen sind bislang jedoch nicht erforscht, wären aber essentiell für mikrobiombasierte Therapien, da man bislang von einem universellen Verhalten der Bakterien ausging.

2.2.1 Mikrobiombasierte Medizin

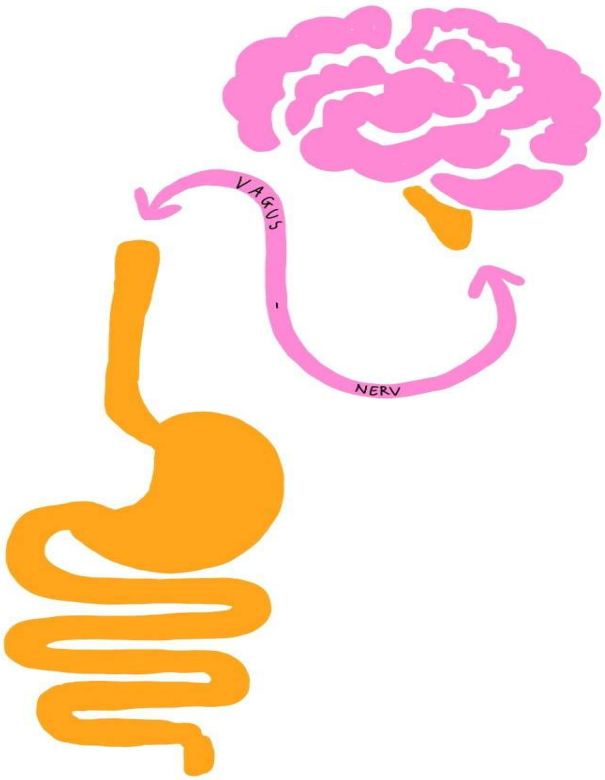
Eine Form der mikrobiombasierten Medizin gibt es bereits, nämlich die **Stuhltransplantation**.[lxx]
Bei einer Stuhltransplantation wird der Stuhl eines gesunden Menschen in den Verdauungstrakt eines kranken Menschen, welcher an verdauungsbedingten Erkrankungen leidet, eingesetzt. So werden die gesunden vielfältigen Bakterienstämme in den weniger gut besiedelten Magen-Darm-Trakt umgesiedelt und sorgen dort für Ordnung, indem sie einen Ausgleich schaffen. Anschließend muss die Person ihre Ernährung den neuen Bakterien anpassen, die andere Bedürfnisse und Nahrungsquellen präferieren. So kann ebenfalls die Verträglichkeit einiger Nahrungsmittel wieder reaktiviert werden, wenn die Unverträglichkeit das Fehlen der Bakterien, die für die Verwertung der spezifischen Nahrung zuständig sind, zur Ursache hatte.

2.3 Vagusnerv

Der Vagusnerv gehört zum vegetativen Nervensystem des Menschen und bildet den größten Teil des Parasympatikus. Er hat seinen Ursprung in vielen Nerven, die tief im Gehirn verwurzelt sind und so in der Gesamtheit seinen Ambiguus Kern bilden. Diese breite Streuung im Gehirn ermöglicht dem Vagusnerv eine vielfältige Wirkung auf die Psyche auszuüben.[lxxi] Vom Gehirn aus schlängelt sich der Vagus an vielen wichtigen Organen vorbei, bis er in der Nähe des Darms endet. Der Name Vagus leitet sich vom lateinischen Wort „vagari“ ab, welches soviel wie umherschweifen bedeutet, weshalb der Vagusnerv auch als Wandernerv bezeichnet wird.[lxxii]



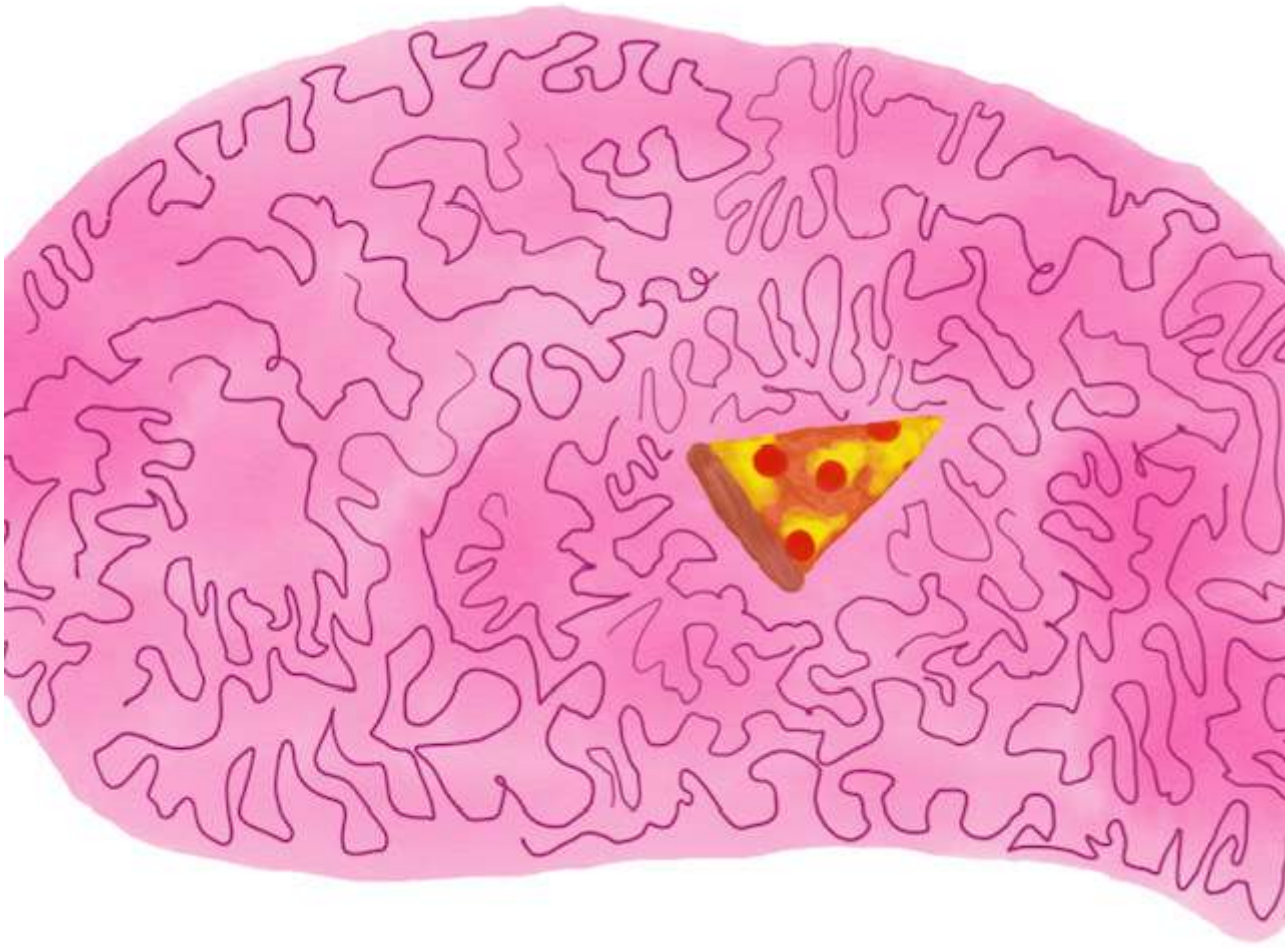
Der Parasympatikus, dessen größten Teil der Vagus bildet, transportiert Blut zum Darm und ist an vielen Stellen asymmetrisch weiter verzweigt, wobei immer 2 Äste paarig zueinander sind. Das heißt, dass die beiden Äste auf der linken und rechten Seite gleich angelegt sind. Die Abzweigung zum Kehlkopf und zur Speiseröhre beeinflusst die emotionale Färbung des Sprechens und der Stimme. „Dieser Ast gibt dem Hirn Auskunft darüber, wie wir gerade atmen und was wir schlucken." Für alle Äste gilt, dass der rechte Vagus-Ast je für den Befehl „mehr Darmsaft und Bewegung" und der linke Vagus-Ast für den Befehl „keine Veränderung, mehr Infos aus dem Darm benötigt", zuständig ist.[lxxiii]
Der Antagonist des Parasympathikus ist der Sympathikus[lxxiv], welcher auch als Stressnerv bezeichnet wird und dessen Aufgabe darin besteht Blut zu den Muskeln und Schweißdrüsen zu befördern. Er ist symmetrisch aufgebaut. Sowohl der Parasympathikus als auch der Sympathikus haben bestimmte Schutzfunktionen im Körper. So schützt der Sympathikus die Haut durch die Anregung der Schweißproduktion, mindert die Darmbewegung, sorgt dadurch für Appetit und schließt den Maßdarm. Der Parasympathikus hingegen fördert die Kommunikation zwischen den inneren Organen und Drüsen, den Darmbakterien und den Darmmuskeln. Zudem schützt er das Auge durch Verkleinerung der Pupillen vor Licht, senkt den Puls, verengt die Bronchien, fördert den Kälteschutz und den Schutz vor der Luftverschmutzung, indem er für die Ankurbelung der Schleimproduktion sorgt. Zudem versorgt er den Magen-Darm-Trakt mit Speichel, Magensaft und Darmsaft, entkrampft die Ring-Muskulatur des Magen-Darm-Trakts, erhöht die Bauchspeicheldrüsenaktivität, damit der Darm richtig arbeiten kann und fördert durch die Entspannung des Darms auch die Kontakte zur sozialen Umwelt, da ein entspannter Darm auch eine entspannte Psyche mit sich bringt. Der Sympathikus und der Parasympathikus sind in einen ständigen Konkurrenzkampf verwickelt, da nur einer zur Zeit aktiv sein kann. Der Sympathikus ist der stärkere der beiden, weshalb es wichtig ist über die Ernährung den Parasympathikus bestmöglich zu unterstützen. Ist der Sympathikus nämlich zu oft aktiv, sorgt er für eine ungünstige Zusammensetzung der Darmbakterien, verursacht Herzkrankheiten und ist langfristig gesehen für eine verkürzte Lebensdauer verantwortlich.



Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

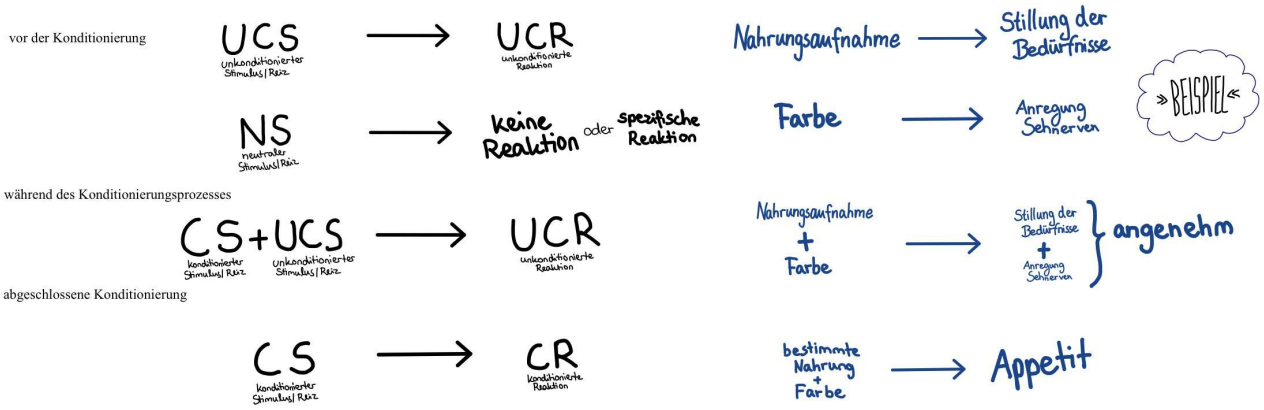
Der Vagusnerv wird auch als Darm-Hirn-Connection[lxxv] angesehen, da er als Vermittler zwischen der Darmflora und dem Gehirn fungiert. So beeinflusst die Nahrung im Darm zuerst die Entwicklung und Erhaltung des Bakterienmilieus, welches anschließend Einfluss auf die Psyche und das Empfinden ausübt indem es Informationen über den Vagusnerv zum Gehirn sendet.

2.4 Ernährungspsychologie



Die Ernährungspsychologie bildet ein Teilgebiet der Gesundheitspsychologie und dient dem „[...]Verständnis der Bestimmungsgründe des menschlichen Eßverhaltens, seiner Verbreitung und möglichen Gesundheitsrisiken, um durch bedarfsgerechtere Ernährung die psychologische Gesundheit zu fördern oder ernährungsabhängige Krankheiten zu bessern.“[lxxvi]
Sie legt offen, welch starke Wechselwirkungen zwischen Ernährung, Psyche, Hirn, Darm und Körperfett bestehen und folgt dabei den drei Leitfragen, weshalb Menschen zu Essen beginnen, warum sie diesen Vorgang wieder einstellen und welche Faktoren eine entscheidende Rolle bei der Nahrungswahl spielen, sie also maßgeblich beeinflussen.
Nahrung bildet die Grundlage für die Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen unseres Körpers. So wären Wachstum, Bewegung und die körpereigenen Prozesse ohne die ständige Aufnahme von Nahrung nicht möglich.
Weshalb das einzelne Individuum jedoch bestimmte Nahrung präferiert, ist bislang nicht vollständig geklärt. Jedoch lässt sich über die Analyse psychischer und physischer Reaktionen in etwa feststellen, nach welchem Verhaltensmuster der Mensch handelt und welche Umweltfaktoren ihn dabei zu lenken scheinen.
Die Fachrichtung der Psychologie zu diesem Forschungsbereich ist die Ernährungspsychologie, welche dem Ziel der Beantwortung der drei Leitfragen dient.Um der Beantwortung dieser Fragen nachzugehen, bedarf es der Differenzierung der Begriffe „essen“ und „ernähren“.
„Essen“ ist emotional verankert und ist auf die gesamte Erlebnisphäre der Nahrungsaufnahme aus. „Ernähren“ hingegen beruht auf der kognitiven Einstellung, die eine bestimmte physiologische Wirkung anstrebt. Beide Verhalten vereinen die Nahrungsaufnahme.
Das Verhalten Nahrungsaufnahme wird durch den Drang des Körpers nach der Stillung der Bedürfnisse in Gang gesetzt und kann dabei zwei innere Reize zum Ursprung haben, Hunger und Appetit.

Hunger ist der Reiz, der ein notwendiges Verlangen nach Nahrung signalisiert und setzt dann ein, wenn ein Mangelzustand vorliegt.
Es gibt zwei Arten von Hunger. Zum Einen den, welcher auf hedonistischen Bedürfnissen beruht und zum Genuss der Speisen antreibt und zum Anderen den, welcher den Nährstoffmangel des Körpers zum Ausdruck bringt.
Appetit hingegen ist die lustvolle Motivation eine Speise verzehren zu wollen, die durch über die Speise ausgelöste Reize, wie Geruch oder Aussehen oder aber durch Erfahrungswerte des Individuums entstehen kann. Der Appetit korreliert mit der klassischen Konditionierung, da es sich beim bewussten Auswählen von Speisen um eine erlernte Reaktion handelt.
Bei der klassischen Konditionierung wird ein unkonditionierter Stimulus (UCS), der eine unkonditionierte Reaktion (UCR) auslöst, mit einem neutralen Stimulus verknüpft, der noch keine spezifische Reaktion zugeordnet ist. Diese Verknüpfung geschieht über die gleichzeitige Wahrnehmung beider Reize und des resultierenden Reaktion. Nach dem Konditionierungsprozess lösen beide Reize die Reaktion aus, Der neutrale Stimulus ist also zu einem konditionierten Stimulus (CS) geworden, der jetzt eine konditionierte Reaktion (CR), nämlich die mit dem unkonditionierten Stimulus verbundene, auslöst. Diese Konditionierung kann durch Gegenkonditionierungsprozesse, also einem Verdrängen der konditionierten Reaktion durch eine stärkere Reaktion, erfolgen. Hierbei wird die Reaktion entweder abgeschwächt oder vollständig ersetzt.



Sowohl Hunger, als auch Appetit sind somit Startsignale zum Essen, beziehungsweise Ernähren. Neben den Startsignalen Hunger und Appetit gibt es ebenfalls Stoppsignale, die Sättigung und die Sattheit. Die Sättigung führt hierbei zu einer kurzfristigen Empfindung von gestillten Bedürfnissen, währenddessen die Sattheit langfristig ist.

2.4.1 Sättigungskaskade

Mit Hilfe der Sättigungskaskade lässt sich der Sättigungsvorgang beschreiben, der in vier Prozeßstufen unterteilt ist.[lxxvii] Erstens die Bedarfsstillung sensorischer Reize durch Lust erzeugende Reize, wie beispielsweise Geruch, Geschmack, Temperatur oder Konsitenz der Nahrung. Nach dem sogenannten sensorischen Effekt folgt der kognitive Überdruß, der die Erwartungshaltung gegenüber der Nahrung bezüglich des sattmachenden Effekts und der Bewertung der Nahrung bezüglich dieser Eigenschaft umfasst. Die dritte Stufe, Sattheit nach Verzehr der Nahrung, wird durch die Nahrungswanderung innerhalb des Gastrointestinaltrakts durch einsetzendes Völlegefühl und den Magendruck erreicht. Schlussendlich folgt mit der Empfindung nach der Verdauung die letzte Prozessstufe. Diese Sättigung erfährt der Mensch nach der postresorptiven Nährstoffverwertung. Die Sattheit wird jetzt von Stoffwechselhaushalt und Blutsystem signalisiert und ruft Reaktionen des entsprechenden Zentrums im Gehirn hervor.

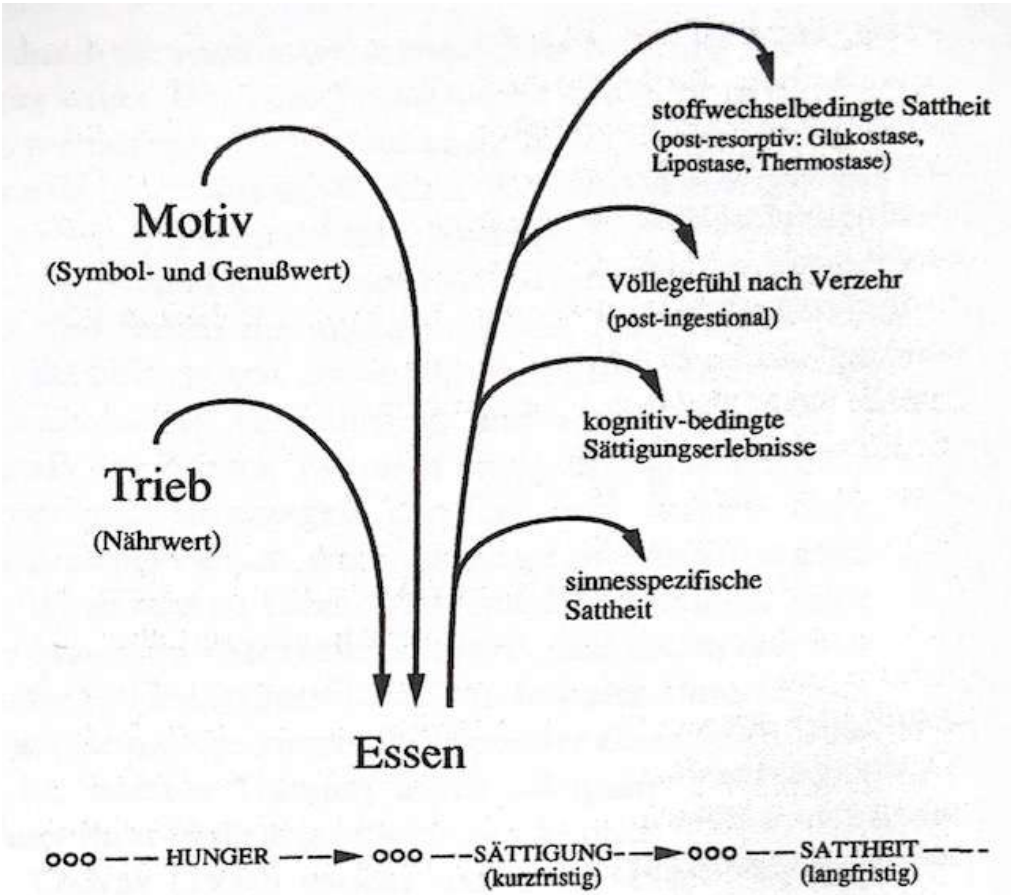


Abb. 3. Die Sattheitskaskade (nach Blundell et al. 1988).

Bildquelle: Gisla Gniech: Essen und Psyche: Über Hunger und Sattheit, Genuss und Kultur; 2. Überarbeitete Auflage; Verlag: Springer-Verlag; Erscheinungsjahr: 2002; S.26

Anhand dieses Modells lässt sich zudem der erst verzögert einsetzende sättigende Effekt der zuvor aufgenommenen Nahrung nachvollziehen, da verdeutlicht wird, welche Prozesse alle angeregt werden und ablaufen müssen, bis die Sattheit eintritt.

2.4.2 Dreikomponentenmodell

Die Gewichtung der beeinflussenden Faktoren, die sowohl für die Nahrungswahl, als auch für die daraus resultierenden Prozesse gelten, verändern sich im Laufe des Alters ständig (siehe Abbildung). Sie lassen sich in drei Kategorien unterteilen, die kognitive Einstellung, die äußeren Reize der Nahrung und die inneren Reize des Körpers. Am Anfang sind lediglich die inneren Bedürfnisse des Körpers ausschlaggebend. Am Anfang des Lebens ist somit nur Hunger vorhanden, der der Entwicklung dient, also auf rein physische Bedürfnisse zurückzuführen ist. Im weiteren Verlauf entwickelt das Individuum dann Vorlieben und sammelt Erfahrungen. Es durchläuft Lernprozesse, die im Laufe der Lebenszeit bei der Nahrungswahl immer wichtiger werden. Zudem entwickelt sich die Wahrnehmung, sodass Äußerlichkeiten stetig an Relevanz gewinnen und für die Stillung innerer Bedürfnisse sorgen. Zum Ende des Lebens hin verliert die Wahrnehmungskraft dann wieder zunehmend an Qualität und auch die inneren Signale können dadurch immer weniger wahrgenommen werden. So kommt es, dass letztendlich hauptsächlich auf Ebene der Erfahrungen und des Erlernten entschieden wird.

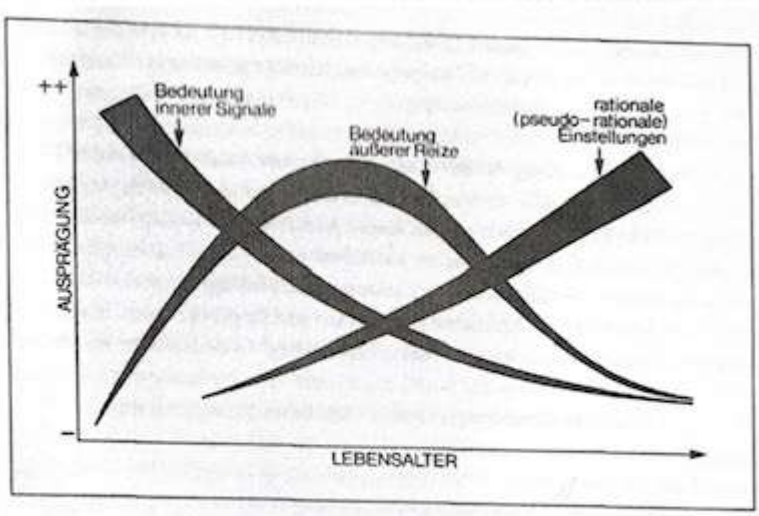


Abb. 2/1 erläutert schematisiert die Veränderung in der Wechselwirkung innerer Signale (biologische Ebene), äußerer Reize (kulturelle Normierung) und rationaler Einstellungen (Kognitionen) im Verlauf des Lebens (nach Pudel 1986)

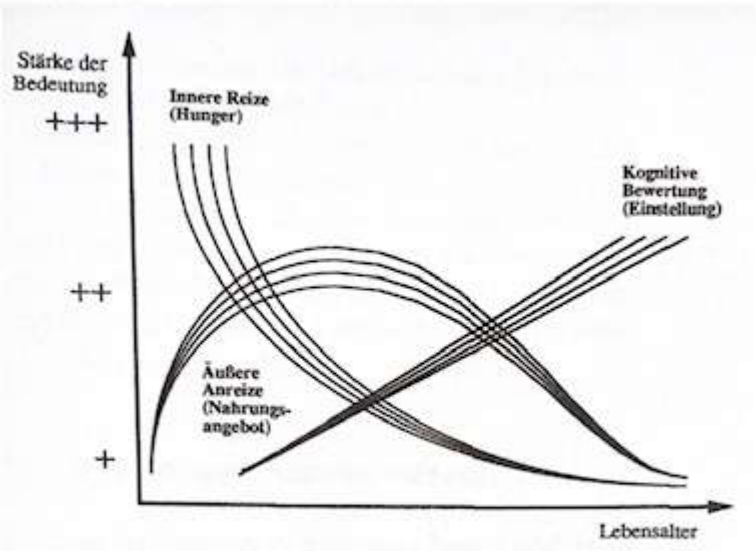


Abb. 4. Das Dreikomponentenmodell der Eßregulation im Verlauf des Lebens (nach Pudel 1986).

2.4.3 Modelle zur Regulation der Nahrungsaufnahme

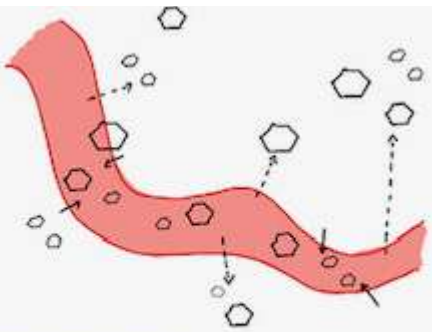
„Im Zusammenhang der postresorptiven Mechanismen können auch diejenigen Modellvorstellungen zur Regulation der Nahrungsaufnahme eingeordnet werden, die als glucostatische Hypothese (MAYER 1953), thermostatische Hypothese (BROBECK 1948) und lipostatische Hypothese (LEMAGNEN 1976) bekannt geworden sind [...].“[lxxviii]

→ Die **glucostatische Hypothese** besagt, dass das Abnehmen der Glukosekonzentration im Blut Hunger hervorruft und andersherum die reiche Verfügbarkeit für das Sättigungsgefühl sorgt. Somit ist die arterio-venöse Glucosedifferenz der regulierende Faktor von Sättigung und Hunger, solange der Körper keinen zusätzlichen physiologischen Strapazen ausgesetzt ist. (siehe Abbildung)

→ Die **thermostatische Hypothese** beruht auf der Annahme, die Körpertemperatur bilde einen entscheidenden Faktor bei dem Verlangen nach Nahrung. So wird ein Warmblüter wie der Mensch bei niedrigeren Temperaturen hungrig, da er mehr Energie verbraucht, um die optimale Körpertemperatur aufrecht zu erhalten. (siehe Abbildung)

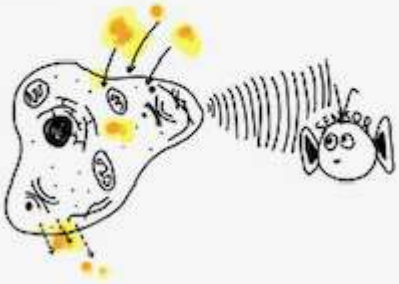
→ Die **lipostatische Theorie** baut auf der Existenz von Sensoren auf, die den Stoffwechsel überwachen und Zustände der Fettaufnahme und der Fettverbrennung bei einem Nahrungsmangel unterscheiden und wahrnehmen können, wodurch sie je nach Zustand Hunger oder Sättigung hervorrufen. (siehe Abbildung)

→ Die **glucostatische Hypothese** besagt, dass das Abnehmen der Glukosekonzentration im Blut Hunger hervorruft und andersherum die reiche Verfügbarkeit für das Sättigungsgefühl sorgt. Somit ist die arterio-venöse Glucosedifferenz der regulierende Faktor von Sättigung und Hunger, solange der Körper keinen zusätzlichen physiologischen Strapazen ausgesetzt ist.



→ Die **thermostatische Hypothese** beruht auf der Annahme, die Körpertemperatur bilde einen entscheidenden Faktor bei dem Verlangen nach Nahrung. So wird ein Warmblüter wie der Mensch bei niedrigeren Temperaturen hungrig, da er mehr Energie verbraucht, um die optimale Körpertemperatur aufrecht zu erhalten.

→ Die **lipostatische Theorie** baut auf der Existenz von Sensoren auf, die den Stoffwechsel überwachen und Zustände der Fettaufnahme und der Fettverbrennung bei einem Nahrungsmangel unterscheiden und wahrnehmen können, wodurch sie je nach Zustand Hunger oder Sättigung hervorrufen.



Somit zeigen alle diese Modelle das Ernährungsverhalten regulierende Faktoren, die dem Menschen beim Empfinden von Hunger und Sättigung steuern. Die genannten Prozesse und Mechanismen im Körper laufen zeitlich überschneidend ab und erzeugen in der Gesamtheit das bestimmte Gefühl. Zudem werden in dieses System aus Abläufen mit der Zeit verschiedene Komponenten durch Lernprozesse integriert. Bei den Lernprozessen kommt es jedoch auch immer stark auf die Intensität und Quantität der Reize an. Zudem spielt die Erfahrung und Lernfähigkeit jedes Einzelnen eine große Rolle, da die Reize aufgrund dessen unterschiedlich intensiv erlebt werden und durch eine unterschiedlich große Bedeutung für das Individuum eine unterschiedlich intensive Wirkung erzielen.

2.4.4 Appetit & Sättigung - erlernte Reaktionen

„Eine wesentliche, wenn nicht gar entscheidende integrative Komponente in der Regulation des Essverhaltens kann in Lernprozessen gesehen werden. So wartet der Mensch ‚mit dem Beginn des Essens im allgemeinen nicht, bis ein physiologischer Mangelzustand oder ein intensiv erlebtes Hungergefühl Eintritt. Vielmehr werden das Essen und damit die Energie- und Nährstoffzufuhr bereits antizipatorisch begonnen, sofern dies aufgrund situativer (aber auch kognitiver) Faktoren möglich ist (TUSCHL et al. 1988).“[lxxix] Ebenso verhält sich die Prozedur bei der Sättigung.
„Appetit und Sättigung (im Sinn der intra-meal satiety) können als erlernte Reaktionen nach dem Schema der klassischen Konditionierung verstanden werden (BOOTH 1977; STUNKARD 1975b).“[lxxx]
Die unkonditionierten Stimuli verstärken die konditionierten Stimuli und sind vom Energie- und Nährstoffgehalt der Nahrung abhängig. Alle durch die Nahrung ausgelösten Reize fungieren zusammen mit den Signalen der intragastralen Chemorezeptoren als Stimuli für die erlernte Sättigung, welche auf diese Reize konditioniert ist.

2.4.5 Energiegewinnung

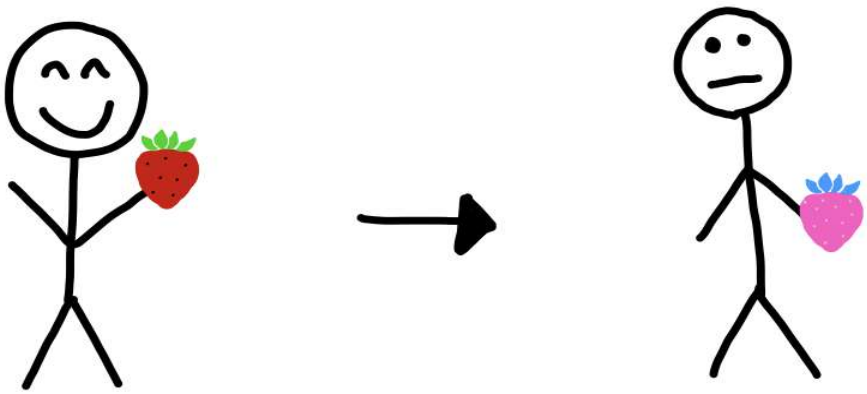
Der Organismus kann jedoch nur eine gewisse Menge an Energie am Tag umsetzten. Aus welchen Makronährstoffen er diese Energie bezieht, also welche resorbierten Nährstoffe zur

Energiegewinnung verwertet werden, lässt sich mit der **indirekten Kalorimetrie**[lxxxi] berechnen. Mit der Menge der Nährstoffe, die zur Energiegewinnung verwendet werden, ist zum Beispiel die Höhe der Oxidation von Kohlenhydraten oder Fetten gemeint, die eine Teilreaktion des Körpers auf die Nahrungsaufnahme bildet.
Das ist relevant für das Individuum, da der Körper nur eine bestimmte Menge eines Stoffes in Energie umsetzen kann, die Umsatzmenge jedoch nicht an das Verhältnis der über die Nahrung aufgenommen der Nährstoffe anpassen kann. So reagiert der Körper bei der Kohlenhydrataufnahme anfangs auch mit einer erhöhten Kohlenhydratoxidation, kann aber maximal eine Menge von 500g Kohlenhydraten pro Tag umwandeln.[lxxxii] Bei Fetten hingegen findet keine erhöhte Fettoxidation in Folge einer erhöhten Fettzufuhr statt. Stattdessen setzt direkt die „de novo Lipogenese“ (siehe 2.1.3.7 Fettsäuesynthese), die Fett Neubildung, ein.
Ob der Körper die Oxidation des jeweiligen Makronährstoffs erhöht oder nicht, lässt sich gut an der vom Körper präferierten Reihenfolge der Energiegewinnung aus den einzelnen Nährstoffen nachvollziehen. So beginnt der Körper zuerst mit der Energiegewinnung aus den Nährstoffen, die keine oder verhältnismäßig kleiner Speichermöglichkeiten im Körper haben.
Alkohol kann im Körper nicht gespeichert werden und wird deshalb primär verstoffwechselt. Als nächstes folgen die Kohlenhydrate, die im Rahmen der Zellatmung abgebaut werden, da sie nur in verhältnismäßig kleinen Glykogenspeichern gespeichert werden können. Proteine werden bei Überfluss in körpereigene Proteine umgewandelt und Fett als Adipozyten (Fettzellen) im Fettgewebe gelagert.
Der Energiebedarf des Menschen setzt sich dabei aus drei Komponenten zusammen:

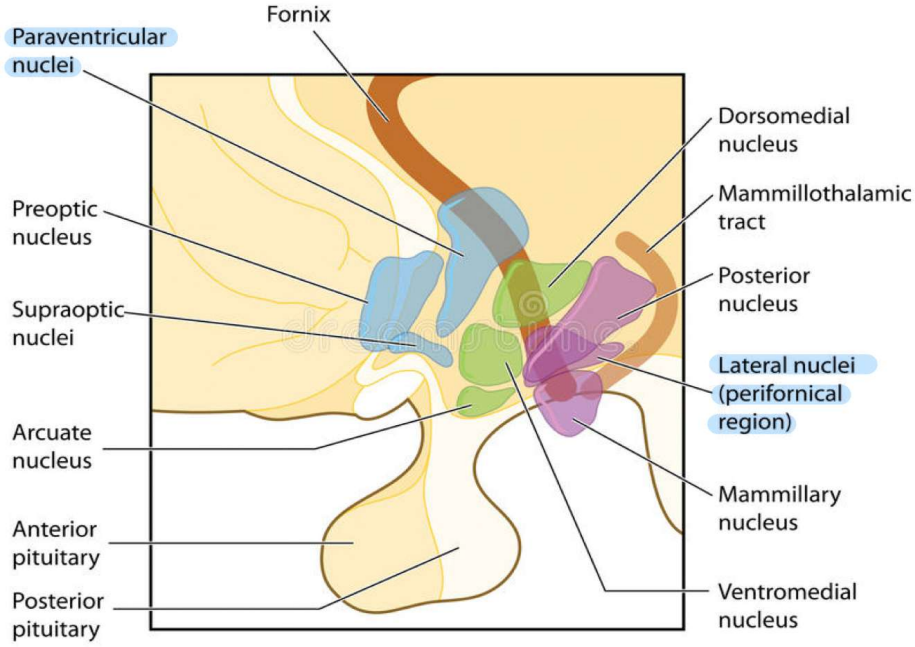
1. die zur Aufrechterhaltung der grundlegenden Stoffwechselvorgänge im Ruhezustand benötigte Energie (Grund-/Ruheumsatz),
2. die Verstoffwechselung zugeführter Nahrung,
3. die benötigte Energie für Aktivität und Bewegung.

2.4.6 Probleme der heutigen Zeit

Heutzutage wird den Menschen zum Verhängnis, dass die Nahrungswahl stark durch die Umwelt kontrolliert, beziehungsweise beeinflusst wird. So kommt es in der heutigen Zeit oft zu Einschränkung unserer Selbststeuerung. Diese massive Beeinträchtigung hat viele Abhängigkeitsfaktoren, die je nach Intensität unterschiedlich stark wirken. So kann zum Beispiel die zentrale Störung im Gehirn zur psychosomatischen Fehlsteuerung beitragen. Ebenfalls können verflachte Sinne, die eine verzerrte Wahrnehmung der Essreize zur Folge haben, die Ursache sein oder gar direkt verfälschte Essreize, wie zum Beispiel industriell veränderte Lebensmittel mit einer extremen, unnatürlichen Farbe, die unser natürliches Empfinden und den Erfahrungswert verfälschen. Die resultierende verzerrte Wahrnehmung bewirkt mit der Zeit den Verlust der Wertschätzung der Nahrung. So kommt es dass der Mensch beim Verzehren der Nahrung keinen Spaß mehr empfindet. Dies wirkt sich ebenfalls negativ auf unsere Psyche aus.

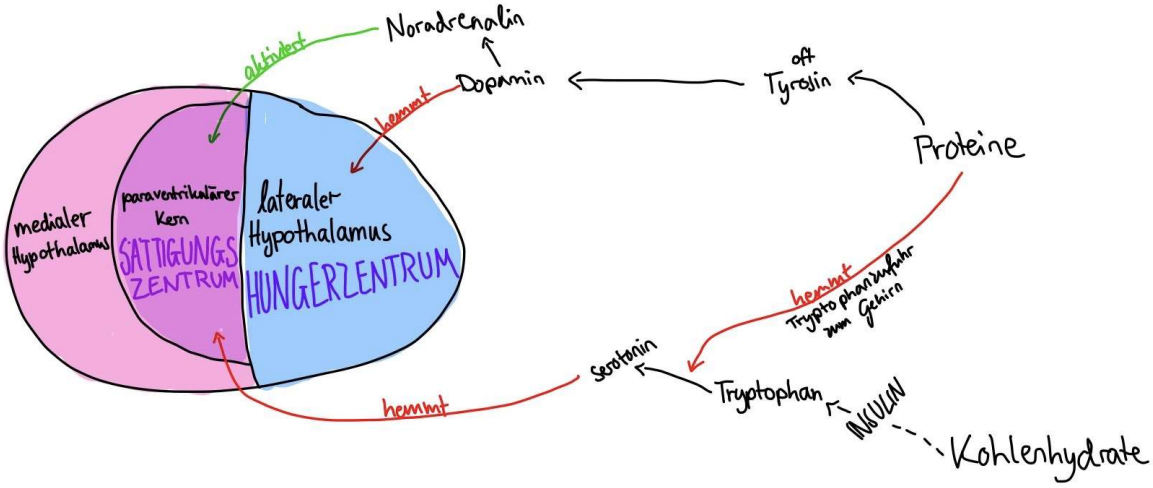


2.4.7 Der Hypothalamus



(Bildquelle: https://de.dreamstime.com/stock-abbildung-hypothalamus-image57394683)
Der Hypothalamus ist der zentrale Mechanismus zur Steuerung der Nahrungsaufnahme im Körper, genauer gesagt im Gehirn, welcher durch die Nahrungsaufnahme stimuliert wird und anschließend wieder Einfluss auf die Nahrungswahl ausübt. „ Im medialen Hypothalamus, genauer im Paraventrikulären Kern (Paraventricular Nukleus PVN), kann eine Art Sättigungszentrum gesehen werden.“ Wenn dieses Zentrum durch den Neurotransmitter Serotonin (5-Hydroxy-Tryptamin 5-HT) oder eine elektrische Reizung stimuliert wird, werden die Essgeschwindigkeit und Mahlzeitenlänge reduziert, das Sättigungsgefühl tritt also ein. Die gegensätzliche Wirkung wird durch den Neurotransmitter Noradrenalin, der zur Gruppe der Katecholamine gehört, erzielt, da er eine Wirkung auf die alpha-2-Rezeptoren hat, die für die Hemmung des Sympathikus sorgen. Diese Hemmung ist ebenfalls durch andere Katecholamine, wie Dopamin, welches wiederum den lateralen Hypothalamus hemmt, möglich. Der Sympathikus hat antagonistische Einflüsse zu denen des Parasympathikus und ist zur Anregung des Körpers zur Leistungsbereitschaft, also dem Abbau der Nährstoffe, um die benötigte Energie zu gewinnen, zuständig. Aus einer Nahrungsdeprivation, also einem Nahrungsmangel im Körper, resultiert ein Anstieg des Noradrenalin Umsatzes im Hypothalamus, um den Mangel zu kompensieren. Somit ruft folglich der Einfluss der Nahrung die gegensätzliche Reaktion, also eine Reduktion des Noradrenalin Umsatzes, hervor. Wenn man also den paraventricularen Hypothalamus zerstören würde, würde die Nahrungsaufnahme ansteigen. Der laterale Hypothalamus hingegen bildet das Hungerzentrum, welches durch den Neurotransmitter Dopamin gehemmt wird, folglich also eine verringerte Nahrungsaufnahme resultiert. Ebenfalls sinkt bei der Hemmung dieses Zentrums, dem lateralen Hypothalamus, auch das Bestreben nach der Proteinzufuhr, da speziell die Perfornicalregion des lateralen Hypothalamus für die Regulation der Proteinaufnahme zuständig ist.[lxxxiii] Eine gezielte Zerstörung dieser Hirnregionen würde demnach zu einer Verringerung der Nahrungsaufnahme, also einer hypothalamischen Anorexie, führen, da der Mensch kein Hunger mehr empfinden würde. Kohlenhydrathaltige Mahlzeiten verursachen eine höhere Insulinausschüttung, wiederum für eine Erhöhung des Anteils der Aminosäure Tryptophan im Verhältnis zu neutralen Aminosäuren, im Blumplasma sorgt. Diese gelangen so vermehrt ins Gehirn und erhöhen dort die Serotoninkonzentration, da Tryptophan der Stoffwechselvorgänger von Serotonin ist. Somit wird das Sättigungszentrum durch die Aufnahme von Kohlenhydraten postresorptiv stimuliert.
Die Proteinzufuhr verringert hingegen den Einstrom des Tryptophans ins Gehirn und sorgt somit für eine geringere Serotoninsynthese. Die Beeinflussung des paraventrikulären Kerns durch diese Nährstoffe ist der Grund, weshalb dieser Gehirnteil auch als Regulator des Verhältnisses von

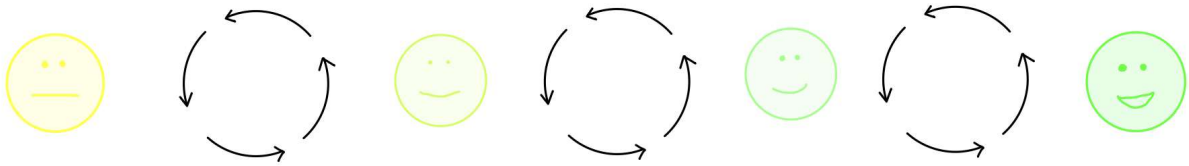
Proteinen und Kohlenhydraten angesehen wird. Die nicht essentielle, aber proteinogne Aminosäure Tyrosin, die in Form von Proteinen in den Körper gelangt, ist der Stoffwechselvorgänger der Neurotransmitter Dopamine und Noradrenalin und sorgt somit für die Steigerung der Dopamin- und Noradrenalinsynthese, insofern Tyrosin in genügendem Maß zu Verfügung steht.
Da Dopamin den lateralen Hypothalamus stimuliert, resultiert aus der Proteinaufnahme die Verringerung der Nahrungs- und speziell Proteinzufuhr. Das Noradrenalin hingegen steigert den Abbau der Nähstoffe wieder, treibt den Organismus also zu physischer Betätigung an. Zudem Steigert es die Nahrungs- und Kohlenhydrataufnahme, weshalb es wichtig ist, zu den Proteinen zusätzlich Kohlenhydrate zu konsumieren, um den sättigenden Effekt zu erleben.
Diese Reaktionswege der Makronährstoffe, Proteine und Kohlenhydrate, zeigen wie eng verbunden der Magen mit unserem Gehirn ist und wie stark wir unsere Gehirnaktivität mit der gezielten Nahrungsaufnahme beeinflussen können.



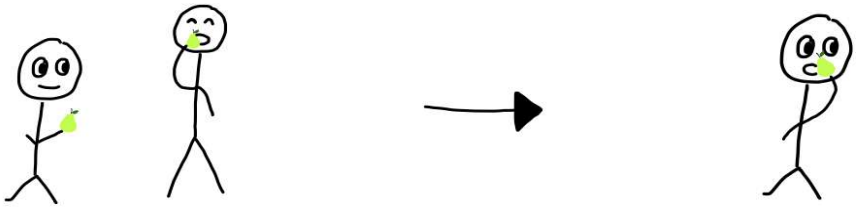
2.4.8 Die Entwicklung der individuellen Essgewohnheiten

Jedes Bestreben, beziehungsweise Verlangen des Körpers bezüglich der Nahrungsaufnahme, kann nur durch einen ausreichenden Nährstoff- und Energiegehalt der Nahrung gestillt werden.
So entwickelt jedes Individuum mit der Zeit sein eigenes Essverhalten, wobei natürlich die zu Verfügung stehenden Lebensmittelfülle über die Komplexität dieser Entwicklung entscheidet. So bietet ein Lebensmittelüberfluss verständlicherweise weitaus mehr Möglichkeiten zur Entwicklung, als eine Mangelsituation, wie zum Beispiel in den meisten Entwicklungsländern.

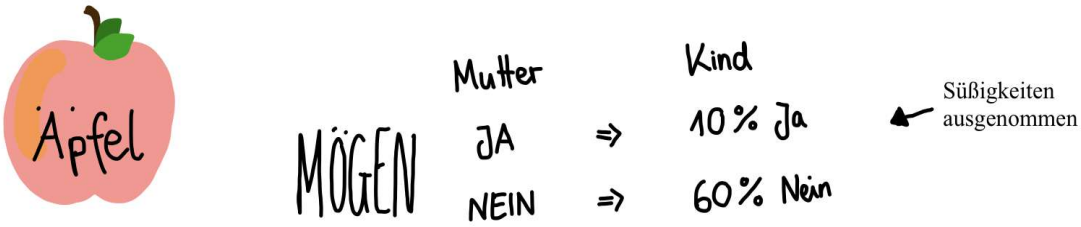
Die Entwicklung des Essverhaltens wird in ihrem Verlauf durch sogenannte Primär- und Sekundärbedürfnisse geprägt. Primärbedürfnisse sind die bedarfsgesteuerten Entscheidungen, die von Anfang an im Rahmen der Selbststeuerung vorhanden sind. Sekundärbedürfnisse hingegen werden durch den spätestens nach dem Stillen einsetzende sozio-kulturelle-Lernprozess bestimmt und prägen das Essverhalten maßgeblich durch die Ausbildung von Geschmackspräferenzen.
Für die Sekundärbedürfnisse gilt das „liking by tasting“ (mögen durch probieren) Modell, welches auf dem Mere-Exposure-Effekt[lxxxiv] beruht, welcher zeigt, dass allein die Wiederholung neutraler Reize zu einer positiven Bewertung führt.



Zudem möchte das Individuum gesellschaftliche Aneckung vermeiden, weshalb es sich dem Verhalten des sozialen Umfelds anpasst. Hierbei spielt vor allem die Familie eine wichtige Rolle.

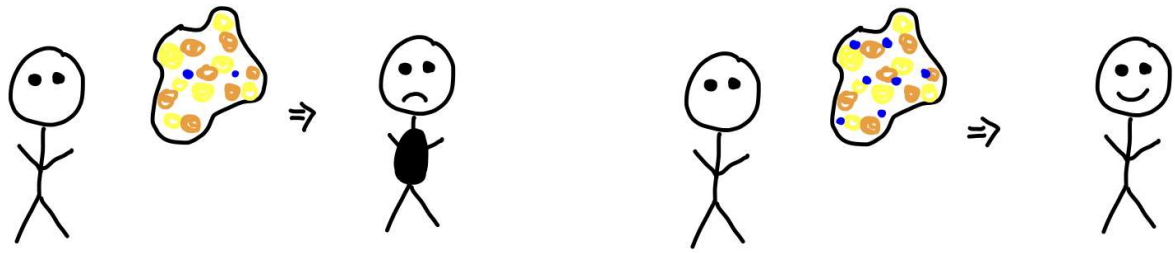


Eine Statistik hat gezeigt, dass vor allem aversive Reize, die das soziale Umfeld vermittelt, übernommen werden. Das bedeutet permanentes Erfahrungstraining und eine große Anzahl an Wiederholungen führt zur Gewohnheitsbildung.



Neben den sozialen Aspekten gibt es noch weitere beeinflussende Faktoren, welche im „Drei-Komponenten-Modell“ (siehe 2.4.2 Dreikomponentenmodell) in Verbindung gebracht werden.

Biologisch betrachtet ist die Regulation der Nährstoffzufuhr das wichtigste für den Körper, weshalb er es gegenüber der Regulation der Energiezufuhr präferiert. Dies ist anhand epidemiologischer Befunde nachweisbar. So resultiert aus einer erhöhten Fettzufuhr Übergewicht (Adipositas) und gegensätzlich dazu führt ein erhöhter Kohlenhydrat- & Zuckerkonsum in gewissem Maße zu einer Gewichtsreduktion.



Hieraus lässt sich schließen, dass ein gesunder Körper bei einseitiger Ernährung, also einem Mangel an Nährstoffen nur eingeschränkt funktionieren kann, also krank wird. Andernfalls, wenn kompensierende Nahrung vorhanden ist, bevorzugt er diese, was ihn auf Dauer jedoch adipös werden lässt, da die überschüssigen Komponenten nicht gefiltert werden können.
Hierzu gibt es ebenfalls ein Experiment, bei dem Probanden in ein Hotel eingeladen und in zwei Gruppen unterteilt wurden, denen beim Buffet unterschiedliche Lebensmittel vorgesetzt wurden. Die eine Gruppe bekam Proteinreiche Nahrung und die andere proteinarme. Die Gruppe mit der proteinarmen Nahrung aß deutlich mehr, als die andere Gruppe, um die Proteinzufuhr auch abdecken zu können.

2.4.9 Konzept zum Thrill

In der Ernährungspsychologie gibt es das sogenannte „Konzept zum Thrill“, welches 1983 von Zuckerman aufgestellt wurde. Hierbei handelt es sich um die kategorische Einteilung von Personen, je nach Sensationslustsuchegrad, auf der Sensationslustskala, auch bekannt ist, als Sensation-Seeking-Skala . Dieser ist eine Verhaltensdisposition auf genetischer und chemischer Basis und legt fest wie stark die von der Nahrung ausgehende Reizung für das psychologische und körperliche

Wohlbefinden sein muss. Hierbei beeinflussen verschiedene Faktoren wie physiologische Prädisposition (die besondere Anfälligkeit des Körpers für Krankheiten) und die erfahrungsbedingten, motivationalen Handlungstendenzen das Ergebnis. Es wird zwischen vier Typen von Menschen unterschieden. Dazu hat Zuckerman „[...]eine Sensation-Seeking-Skala mit vier Subskalen entwickelt: TAS (*thrill- and adventure-seeking* – Tendenz zu risikoreichen Aktivitäten in Sport und Freizeit mit hohem Erlebniswert), ES (*experience-seeking* – Tendenz zu neuen Erfahrungen durch Reisen, Kunst, interessante Personen, Drogen etc.), DIS (*disinhibition* – Tendenz zur Enthemmung in sozialen Situationen, z. B. Partys, in sexuellen Beziehungen etc.), BES (*boredom susceptibility* – Tendenz, monotonen, sich wiederholenden Darbietungen und Tätigkeiten sowie langweiligen Personen aus dem Wege zu gehen). Die vier Dimensionen wurden an zahlreichen externen Verhaltensvariablen validiert.“[lxxxv] Als Erklärung für den Zusammenhang physischer Aktivitäten und psychischem Bestreben gilt: „Die für das Schlucken und die Verdauung der verzehrten Nahrung notwendige Energie kommt aus dem körperlich-seelischen Reservoir der Person. Ist die Energiereserve eines Menschen aktuell oder dauernd groß, dann kann und will er diese Kraft ausleben, und ein Bereich des Auslebens ist das Essen. Hier wird Widerstand, Konsistenz, Anregung aus der Farbe sowie Thrill aus dem Geschmack gesucht. Ist die Energiemenge, die eine Person vorübergehend oder auch ständig ausleben kann, eher gering, dann zeigt sich das u. a. in der Vorliebe für Nahrung, die keine große Anstrengung beim Verzehr und Verdauungsvorgang erfordert.“

Die beeinflussenden Aspekte bei der Nahrungswahl

Da die Nahrungswahl von vielen unterschiedlichen Faktoren abhängt, die unterschiedlich stark gewichtet sind (g) und situativ- beziehungsweise situationsbedingt (s) sind, lässt sich ein verallgemeinertes Modell zu ihrem Einfluss auf die Ernährungsentscheidung (EE) aufstellen, das **theoretische Modell der Entscheidung.**[lxxxvi]

$$EE_{(s_1)} = f(s_1 g_1 F_1, s_1 g_2 F_2, s_1 g_3 F_3, \ldots, s_1 g_n F_n)$$
$$EE_{(s_2)} = f(s_2 g_1 F_1, s_2 g_2 F_2, s_2 g_3 F_3, \ldots, s_2 g_n F_n)$$
$$EE_{(s_3)} = f(s_3 g_1 F_1, s_3 g_2 F_2, s_3 g_3 F_3, \ldots, s_3 g_n F_n)$$
$$\ldots$$
$$EE_{(s_i)} = f(s_i g_1 F_1, s_i g_2 F_2, s_i g_3 F_3, \ldots, s_i g_n F_n)$$

i https://www.lebensmittellexikon.de/k0000940.php (20.12.2019)

ii https://www.amboss.com/de/wissen/Mineralstoffe (24.12.2019)

iii Der Spiegel WISSEN: „Iss dich glücklich (Wie die richtige Ernährung Körper und Seele stärkt"; Ausgabe: 3/2019; Verlag: Der Spiegel; Artikel: „Nahrung ist Medizin... …aber sie schmeckt besser. Was wir auf den Teller legen sollten, um Körper und Seele gut zu behandeln." ; Autor:Constanze Löffler

iv https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjmi-62_7LpAhXN_aQKHQMrBTgQFjABegQICxAE&url=https%3A%2F%2Fwww.netdoktor.at%2Fkrankheit%2Fmund-zaehne%2Fgesunde-zaehne-5493&usg=AOvVaw3Ps9l_jlsPHnso0o0HpWYB (14.05.2020)

v https://flexikon.doccheck.com/de/Ptyalin (14.05.2020)

vi https://www.chemieunterricht.de/dc2/kh/disacch-hydrol.htm (15.05.2020)

vii https://www3.hhu.de/biodidaktik/Fotosynthese_neu/dateien/licht/1-3-1-2.html (29.12.2019)

viii https://www.uniprot.org/uniprot/A0A128EHI7 (16.05.2020)

ix https://www.biospektrum.de/blatt/d_bs_pdf&_id=934152 (18.05.2020)

x https://www.u-helmich.de/el/02-Kohlenhydrate/Cori-Zyklus.html (18.05.2020)

xi https://www.bdsi.de/fileadmin/redaktion/Nachrichten_aus_der_Wissenschaft/Wissenschaftlicher_Pressedienst_2000-01.pdf (18.05.2020)

xii https://www.netdoktor.de/ernaehrung/ballaststoffe/ (27.12.2019)

xiii https://www.netdoktor.de/ernaehrung/ballaststoffe/ (27.12.2019)

xiv Die Ernährungs Docs: Wie sie mit der richtigen Ernährung Krankheiten vorbeugen und heilen können; Verlag ZS Verlag GmbH; Erscheinungsjahr: 2018; Kapitel: Unsere drei Grundnährstoffe; Seite: 13

xv https://www.zentrum-der-gesundheit.de/transfettsaeuren.html (17.9.2019)

xvi https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/trans-fettsaeuren/ (17.09.2019)

xvii https://www.zentrum-der-gesundheit.de/transfettsaeuren.html (17.09.2019)

xviii https://www.zentrum-der-gesundheit.de/transfettsaeuren.html (17.09.2019)

xix https://www.cardiosecur.com/de/ihr-herz/fachartikel-rund-um-das-herz/fettstoffwechselstoerung (28.09.2019)

xx https://www.cardiosecur.com/de/ihr-herz/fachartikel-rund-um-das-herz/fettstoffwechselstoerung (28.09.2019)

xxi https://www.cardiosecur.com/de/ihr-herz/fachartikel-rund-um-das-herz/fettstoffwechselstoerung (28.09.2019)

xxii https://www.zentrum-der-gesundheit.de/transfettsaeuren.html (17.09.2019)

xxiii ERNÄHRUNGS-DOC Dr. med. Jörn Klasen unter Mitarbeit von Franziska Pfeiffer: Runter mit dem Bluthochdruck (Wie Sie mit der richtigen Ernährung und einem gesunden Lebensstil den Blutdruck senken; 2. Auflage 2019;Verlag: ZS Verlag GmbH; Erscheinungsjahr: 2019; Kapitel: Bluthochdruck: Ursachen,

Gefahren; Therapien; Seite:19

xxiv https://www.moellers-omega.de/omega3vsomega6/ (11.1.2020)

xxv https://flexikon.doccheck.com/de/Lipolyse (01.06.2020)

xxvi https://flexikon.doccheck.com/de/Beta-Oxidation (19.05.2020)

xxvii https://www.spektrum.de/lexikon/biochemie/fettsaeureabbau/2165 (19.05.2020)

xxviii https://flexikon.doccheck.com/de/Ketonkörper (22.05.2020)

xxix https://flexikon.doccheck.com/de/Fettsäuresynthese (01.06.2020)

xxx https://flexikon.doccheck.com/de/Fettsäuresynthese (01.06.2020)

xxxi http://www.vitalstoff-lexikon.de/Weitere-Vitalstoffe/Coenzym-Q10/Funktionen.html (13.05.2020)

xxxii Klassische und molekulare Genetik; C. Bresch, R. Hausmann; Springer; Berlin; 3.Auflage; 1972

xxxiii Bas Kast: Der Ernährungskompass (Das Fazit aller wissenschaftlichen Studien zum Thema Ernährung); Verlag: C.Bertelsmann Verlag; ; 27. Auflage; Erscheinungsjahr: 2018; Kapitel 2: Proteine II – Motor von Wachstum und Alterung; Seite: 63

xxxivAnja Kathrin Klappan; Einfluss des Flavonoids Quercetin auf den mTOR-Signalweg von Zervix- und Mammakarzinomzellen; 2014; Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München; https://edoc.ub.uni-muenchen.de/16560/1/Klappan_Anja.pdf

xxxv https://youtu.be/-2pXbSpDPQE (10.12.2019)

xxxvi Bas Kast: Der Ernährungskompass (Das Fazit aller wissenschaftlichen Studien zum Thema Ernährung); Verlag: C.Bertelsmann Verlag; ; 27. Auflage; Erscheinungsjahr: 2018; Kapitel 2: Proteine II – Motor von Wachstum und Alterung; Seite: 64

xxxvii Bas Kast: Der Ernährungskompass (Das Fazit aller wissenschaftlichen Studien zum Thema Ernährung); Verlag: C.Bertelsmann Verlag; ; 27. Auflage; Erscheinungsjahr: 2018; Kapitel 2: Proteine II – Motor von Wachstum und Alterung; Seite: 64

xxxviii Lehrbuch der Organischen Chemie; Beyer Walter; S.Hirzel Verlag Stuttgart; 20.Auflage; 1984

xxxix https://www.univie.ac.at/nutrigenomics/teaching/vo_mikronaehrstoffe/2_VitA.pdf (20.11.2019)

xl https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6943/04_litue.pdf?sequence=5&isAllowed=y (21.11.2019)

xli https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6943/04_litue.pdf?sequence=5&isAllowed=y (21.11.2019)

xliiDr. Kock, Sebastian; Synthese, Charakterisierung, antioxidative Eigenschaften und Anwendungen von aromatischen Carotinoiden; 19.02.2008; Heinrich Heine Univerität Düsseldorf (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät » WE Chemie » Organische Chemie und Makromolekulare Chemie); https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=6959

xliii Jakob Staudinger; BCd SW ZSF - Zusammenfassung Biochemie des Stoffwechsels; 2017/2018; Universität für Bodenkultur Wien (Biochemie des Stoffwechsels (772114)); https://www.studocu.com/de-at/document/universitaet-fuer-bodenkultur-wien/biochemie-des-

stoffwechsels/zusammenfassungen/bcd-sw-zsf-zusammenfassung-biochemie-des-stoffwechsels/1924250/view; Seite 18

xliv Petra Reihl; Untersuchungen zur Wahrnehmung und zur Aufnahme von Riboflavin in Saccharomyces cerevisiae; 2006; NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT III BIOLOGIE UND VORKLINISCHE MEDIZIN DER UNIVERSITÄT REGENSBURG; https://epub.uni-regensburg.de/10475/1/Dissertation%20Petra%20Reihl.pdf

xlv Prof. Dr. J. Gasteiger, Dr. A. Schunk, CCC Univ. Erlangen, Mon Sep 29 15:41:03 2003 GMT BMBF-Leitprojekt *Vernetztes Studium – Chemie; https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/vitamine/vitb202.html*

xlvi Petra Reihl; Untersuchungen zur Wahrnehmung und zur Aufnahme von Riboflavin in Saccharomyces cerevisiae; 2006; NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT III BIOLOGIE UND VORKLINISCHE MEDIZIN DER UNIVERSITÄT REGENSBURG; https://epub.uni-regensburg.de/10475/1/Dissertation%20Petra%20Reihl.pdf

xlvii https://www.univie.ac.at/nutrigenomics/teaching/vo_mikronaehrstoffe/2_VitA.pdf(02.12.2019)

xlviii Lehrbuch der Organischen Chemie; Beyer Walter; S.Hirzel Verlag Stuttgart; 20.Auflage; 1984

xlix https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6943/04_litue.pdf?sequence=5&isAllowed=y (22.11.2020)

l Cornelia Marlene Focke; HPLC-Analytik des Vitamin C: Methodenoptimierung und Referenzwerterstellung; 2010; Universität Lübeck, medizinische Fakultät; https://www.zhb.uni-luebeck.de/epubs/ediss849.pdf

li Jasmin Karmowski; Ermittlung der lipophilen antioxidativen Aktivitäten/Kapazitäten mittels Photochemolumineszenz-Methode: Untersuchungen zur Anwendung auf Carotinoide, Vitamin E und Lebensmittel sowie zum Einfluss von Wechselwirkungen und Lebensmittelmatrix; Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät der Friedrich-Schiller- Universität Jena; 22. Mai 2015; http://www.bioaktive-pflanzenstoffe.uni-jena.de/docs/Dissertation_Jasmin_Karmowski_2015.pdf

lii Jasmin Karmowski; Ermittlung der lipophilen antioxidativen Aktivitäten/Kapazitäten mittels Photochemolumineszenz-Methode: Untersuchungen zur Anwendung auf Carotinoide, Vitamin E und Lebensmittel sowie zum Einfluss von Wechselwirkungen und Lebensmittelmatrix; Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät der Friedrich-Schiller- Universität Jena; 22. Mai 2015; http://www.bioaktive-pflanzenstoffe.uni-jena.de/docs/Dissertation_Jasmin_Karmowski_2015.pdf

liii https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phyllochinon/51492 (12.01.2020)

liv https://www.msdmanuals.com/de-de/heim/hormon-und-stoffwechselerkrankungen/elektrolythaushalt/%C3%BCberblick-%C3%BCber-die-funktion-von-natrium-im-k%C3%B6rper (12.11.2019)

lv https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/faqs/chlorid/#c4084 (11.11.2019)

lvi https://www.medikamente-per-klick.de/apotheke/ernaehrungslexikon/natrium/ (12.11.2019)

lvii https://youtu.be/WCEfwHRuEz8 (22.12.2019)

lviii https://krank.de/ernaehrung/mineralstoffe/nitrat/ (22.11.2019)

lix https://www.gesundheit.de/ernaehrung/naehrstoffe/mineralstoffe-und-spurenelemente/schwefel (12.10.2019)

lx Sven Jansen; Untersuchungen zur Zink-modulierten Signaltransduktion in Säugerzellen: Die Auswirkungen von Signalwegen auf die Zinkhomöostase; Oktober 2004; Fachbereich 2 Biologie/Chemie,

Universität Bremen; http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/diss/Bremen/2004/E-Diss1167_1.pdf

lxi https://www.ugb.de/exklusiv/fragen-service/brauchen-wir-eine-extra-portion-silicium-bzw-kieselerde/?kieselerde-silicium (23.11.2019)

lxii https://flexikon.doccheck.com/de/Vanadium (25.10.2019)

lxiii Uwe Gröber, Klaus Kisters; Das Ultraspurenelement Bor; Wissen OM; http://www.mikronaehrstoff.de/pdf/Groe_Kis_Bor_2015.pdf

lxiv Thorben Winkler; Das intestinale bakterielle Mikrobiom in der Herzinsuffizienz: eine vergleichende Untersuchung mittels Sequenzierung des 16S rRNA Gens; Kiel 2018 (Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel); (https://core.ac.uk/download/pdf/250309355.pdf)

lxv https://www.spektrum.de/news/mikrobiom-gehen-immer-mehr-unserer-darmbakterien-verloren/1627970 (19.10.2019)

lxvi https://www.fnp.de/lokales/hochtaunus/kronberg-ort79545/fastfood-diaet-wissenschaft-10876763.html (20.10.2019)

lxvii https://www.ardmediathek.de/swr/player/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvbzEwMjU1OTg/ (28.10.2019)

lxviii https://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften-chemie/neue-studie-darmbakterien-kooperieren-wenn-das-leben-hart-wird.html (29.10.2019)

lxix https://www.evolbio.mpg.de/3141876/darmflora (09.12.2019)

lxx Anna-Lena Laguna de la Vera; Mikrobiota-Transfer bei Patienten mit Reizdarmsyndrom: Motivationsanalyse und individueller Heilversuch; 2020; Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München (https://edoc.ub.uni-muenchen.de/25527/2/Laguna_de_la_Vera_Anna-Lena.pdf)

lxxi Anna Kliem; Untersuchungen zu Veränderungen der Herzratenvariabilität und Atemregulation bei schwer depressiven Patienten; 17.10.2017; Medizinische Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena;(https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00040327/DissKliem.pdf)

lxxii Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

lxxiii Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

lxxiv Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

lxxv Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

lxxvi Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998; Kapitel 1: Perspektive einer Verhaltenswissenschaft vom Essen und Trinken; Abschnitt: 1.5 In eigener Sache

lxxvii Gisla Gniech: Essen und Psyche: Über Hunger und Sattheit, Genuss und Kultur; 2. Überarbeitete Auflage; Verlag: Springer-Verlag; Erscheinungsjahr: 2002; Seite 26

lxxviii Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998; Kapitel 4: Hunger, Appetit und Sättigung / Zum Stand der Regulationstheorien; Seite 88; Zeile 5-9

lxxix Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998; Kapitel 4: Hunger, Appetit und Sättigung / Zum Stand der Regulationstheorien; Seite 89; Zeile 1-7

lxxx Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998; Kapitel 4: Hunger, Appetit und Sättigung / Zum Stand der Regulationstheorien; Seite 89; Zeile 8-10

lxxxi https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/ausblick/messung-des-energieumsatzes (23.11.2019)

lxxxii Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998

lxxxiii Sonja Kochanowski; Entstehung und Prävention von Adipositas bei Kindern und Jugendlichen; 02. Mai 2005; Hamburg (Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg; Fachbereich Ökotrophologie; Studiengang Gesundheit); https://edoc.sub.uni-hamburg.de//haw/volltexte/2007/151/pdf/ges_y_73.pdf

lxxxiv http://www.werbepsychologie-online.com/index.php/beilaeufigkeit/mere-exposure-effekt (10.12.2019)

lxxxv https://m.portal.hogrefe.com/dorsch/sensation-seeking/ (21.09.2019)

lxxxvi Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998

Naturvölker-Anwendungsbereich

Weltweit sind unterschiedlichste Ernährungsweisen bekannt. Einige von ihnen weisen jedoch sehr starke Unterschiede zu empfohlenen und in Deutschland etablierten Ernährungsweisen auf. Sie sind vor allem bei Naturvölkern zu verzeichnen, die aufgrund ihres Wohnorts, lokalen und klimatisch bedingten Einschränkungen bei der Nahrungsmittelauswahl ausgesetzt sind. Trotzdem zeichnen sich bei einigen von ihnen interessante, ernährungsbedingte Gesundheitszustände ab, die für so manchen Menschen wünschenswert wären. So gibt es beispielsweise auf der japanischen Inselgruppe **Okinawa** die weltweit ältesten Menschen. Sie folgen einem speziellen Ernährungsmuster: „Speisen mit geringer Energiedichte, einem geringen Anteil an gesättigten Fettsäuren, einem hohen Gehalt an Antioxidantien sowie weiteren sekundären Pflanzenstoffen (Isoflavone aus Soja, Polyphenole aus grünem Tee, Carotinoide aus Gemüse, etc.) werden dort vorrangig verzehrt. Ihre Mahlzeiten bestehen aus naturbelassenen Lebensmitteln und sie nehmen wenig Fleisch, kaum Weißmehl(produkte), wenig Salz, Zucker und Milchprodukte zu sich. Zudem gilt ihr Leitsatz „Hara Hachi Bu“, was soviel wie „Iss dich nur zu 80% satt“ bedeutet.“[1] Außerdem sind bei ihnen sowohl Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs, als auch Demenz ein Rarität.
Speziell das seltene Auftreten von Krebs und Demenz lässt sich auf ihre Ernährungsweise zurückführen. So ermöglichen sie ihrem Körper durch das maximale Vollessen von 80%, körperintern ‚über den Abbau von fehlgebildeten oder abgenutzten Zellteilen, Energie zu produzieren. Dieser Vorgang wird auch als Autophagie bezeichnet und stellt sich erst dann ein, wenn der Körper einen vorübergehenden Energiemangel aufweist, der normalerweise nach circa 12 bis 14 Stunden eintritt. Zudem haben die Okinawa eine sehr geringe Rate an Herz-Kreislauf-Erkrankungen, die ebenfalls auf die regelmäßige Autophagie (siehe 2.1.4.4 Autophagie) des Körpers zurückzuführen ist und ebenso lebensmittelbedingt ist. Da sie nur naturbelassene Nahrung verzehren, können die enthaltenen Nährstoffe optimal vom Körper verwertet werden. Somit gibt es keine industriell veränderten Stoffe, die eine negative, unnatürliche Wirkung entfalten können.

„Ein weiteres Beispiel für eine nachhaltig gesunde, langlebige Bevölkerungsgruppe stellen die in den USA beheimateten **Siebenten-Tags-Adventisten** dar[‚die die bestmögliche Erhaltung der physischen und psychische Gesundheit anstreben, indem sie bei der Ernährung auf eine vegetarische Vollwertkost bauen, die essentiell aus Vollkorngetreide, Gemüse und Obst besteht. Milchprodukte, Hülsenfrüchte und Nüsse werden hingegen nur in geringen Mengen verzehrt und Genusswaren, wie Alkohol, Kaffee, Zucker, fett- und salzreiche Gerichte, werden bestmöglich vermieden.]“[2] „Anhand von statistischen Untersuchungen können wir sehen, dass vegetarisch lebende Adventisten im Vergleich zu Nicht-Vegetariern, insbesondere in Kombination mit regelmäßiger körperlicher Aktivität, deutlich länger leben. Ihr Risiko für das metabolische Syndrom und Krebs ist weitaus geringer, vor allem unter vegan lebenden Adventisten[...].“[3]
Die Seltenheit der Personen mit metabolischem Syndrom unter den Siebenten-Tage-Adventisten lässt sich auf ihre sehr ballaststoffreiche Ernährung, die vor allem aus Vollkornprodukten, Obst und Gemüse besteht, zurückführen. Zudem haben sie ein sehr geringes Krebsrisiko, was durch den Mangel tierischer Proteine zustande kommt. Tierische Proteine setzten sich nämlich im Gegensatz zu pflanzlichen Proteine aus anderen Aminosäuren zusammen. Eine der hauptsächlich in tierischen Lebensmitteln enthaltenden Aminosäuren ist Methionin, welches immer als Startaminosäure der Polypeptidketten fungiert. Ist diese Aminosäure jedoch nicht vorhanden, merken die Hilfsfaktoren des Ribosoms, in welchem die Translation, ein Teilprozess der Proteinbiosynthese, stattfindet, dass die spezifische tRNA für Methionin, welche zur Translation an die Aminoacyl-Stelle des Ribosoms anlagern muss, unbeladen ist und beenden den Translationsprozess vorzeitig. Deshalb können keine neuen Proteine entstehen, die die wichtigen Grundbausteine der Zellen bilden, und es kann keine Weiterverbreitung der Zellen, in diesem Fall Krebszellen, stattfinden und somit ihre Mutation nicht weitergegeben werden. Diese Hilfsfaktoren werden Elongationsfaktoren genannt und werden lediglich während der Elongation aktiv, die einen Teil der Translation umfasst.

Inuits sind ebenfalls ein ein Naturvolk, welches in einem extremen Lebensraum, der polaren Klimazone, um das Überleben kämpft. So haben sie eine sehr fisch- bzw. meerestierlastige Ernährung, die zwar zu einer hohen Konzentration an Omega-3-Fettsäuren im Blut führt, jedoch nicht vor Herz-Kreislauf-Erkrankungen schützt. Die heutige Generation der kanadischen Inuit haben landesweit die kürzeste Lebenserwartung und die höchste Rate sowohl an Herz-Kreislauf-Erkrankungen als auch an Krebs. Bezüglich der Knochengesundheit der Inuit kann man einen raschen Verlust der Knochenstruktur, insbesondere im höheren Alter, verzeichnen; ein Vergleich wurde dabei mit den US-amerikanischen Bürgern vorgenommen. Diese

1 https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ 15.9.2019)
2 https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ 15.9.2019)
3 https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ 15.9.2019)

Tatsache kann auf den hohen Konsum an tierischem Protein und dem gleichzeitig geringen Kalziumgehalt in der Nahrung zurückgeführt werden. Krebserkrankungen galten bei den Inuit jedoch immer als äußerst selten, was jedoch einzig und allein durch ihre geringe Lebenserwartung, die bei einem Durchschnittsalter von rund 40 Jahren liegt, zu begründen ist. Somit kann man ihrem Essverhalten nichts Positives abgewinnen. Des Weiteren wurde der hohe Protein- und Cholesterinkonsum einer Inuit-Personengruppe aus Kanada mit einem erhöhten Risiko für Glukoseintoleranz in Verbindung gebracht.

Neben den Inuits gibt es auch ein afrikanisches Volk namens **Massai**, welches auf Fleisch als Nahrung baut und so gesättigte Fettsäuren zu der wichtigsten Energiequelle macht. Gesättigte Fettsäuren aber „[...]fördern die Erhöhung des Cholesterins im menschlichen Körper. Bei übermäßigem Verzehr kann dies dann zu Arterienverkalkung oder sogar Herzerkrankungen führen.“[4] Generell lässt sich also sagen, dass es keine pauschal richtige Ernährung für den Menschen gibt, jedoch eine pflanzenbetonte Kost über einen langen Zeitraum weitaus förderlicher für die Gesundheit ist, als ein purer Fleischkonsum. „Einige anatomische und physiologische Merkmale deuten darauf hin, dass eine pflanzenbetonte Kost eine artgerechte Ernährung des Menschen ist. Hierzu zählen z.B. die Länge des Verdauungstraktes, die fehlende Vitamin C-Synthese, das Stärke-spaltende Enzym (Amylase) im Speichel oder die fehlende Urikase, ein wichtiges Enzym beim Harnsäureabbau.“[5]„Eine stark pflanzenbetonte Ernährung sorgt für ein gesundes, langes Leben und beugt aufgrund des nährstoffreichen Inhaltes Krankheiten vor. Im Gegensatz dazu sorgt ein Zuviel an tierischem Fett, insbesondere gesättigte Fettsäuren, für Zivilisationskrankheiten, sprich Atherosklerose und die daraus resultierenden Herz-Kreislauf-Erkrankungen.“[6]
„Je nachdem was wir essen, florieren andere Bakterien in unserem Darm. Und die senden dann andere Botschaften an unser Gehirn.“[7] Diese Erkenntnis von Ernährungswissenschaftlern befasst sich mit dem Mikrobiom des Darms (siehe 2.2 Mikrobiom).
Die heutige Nahrung birgt nämlich aufgrund der vielen industriellen Veränderungen große Probleme für unsere komplexe Darmflora. „[So] fehlen uns inzwischen viele der Bakterien, die im Darm unserer Vorfahren lebten.“[8] Dieses Phänomen lässt sich anhand Untersuchungen einigen Naturvölker aus Tansania, Malawi und Venezuela belegen. Mikrobiomuntersuchungen bei ihnen zeigten, dass es so gut wie keine chronisch entzündlichen Darmerkrankungen, wie beispielsweise Multiple Sklerose und auch andere Entzündungen nur sehr reduziert, zu finden gab. Als Fazit in Hinsicht auf die Ernährung der Naturvölker lässt sich also feststellen, dass die Nahrungswahl der verschiedenen Naturvölkern nicht optimiert ist, unserer aber keineswegs nachsteht, da es in keiner Weise zur Aufnahme von unnatürlichen, veränderten Lebensmitteln kommt.

4 http://www.paradisi.de/Health_und_Ernaehrung/Vitalstoffe/Fettsaeuren/ (17.9.2019)
5 https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ (15.9.2019)
6 https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ (15.9.2019)
7 Der Spiegel WISSEN: „Iss dich glücklich (Wie die richtige Ernährung Körper und Seele stärkt“; Ausgabe: 3/2019; Artikel: „Darm an Hirn: Pizza!“; Autor: Johann Grolle; S.22 (Zitat des Neurowissenschaftlers John Cryan)
8 Der Spiegel WISSEN: „Iss dich glücklich (Wie die richtige Ernährung Körper und Seele stärkt“; Ausgabe: 3/2019; Artikel: „Darm an Hirn: Pizza!“; Autor: Johann Grolle; S.23 (Zitat des Neurowissenschaftlers John Cryan)

4. Resultate & Diskussion

Die UN-Ziele 2 und 3, für ein nachhaltiges Leben, befassen sich mit der Hungersituation und der Gesundheitsversorgung weltweit. I
Die Beantwortung unserer Fragestellung „Inwiefern beeinflusst die Ernährung den Körper und die Psyche und welche Aspekte beeinflussen das Essverhalten?“ ist insofern relevant für die beiden Ziele, da sie zeigt, dass alleine die richtige Zusammenstellung der Nahrung den Gesundheitszustand und das psychische Wohlbefinden massiv verbessern kann. Jedoch sorgt ein Mangelzustand, wie in vielen Entwicklungsländern, für eine Verschlechterung des Gesundheitszustands. Von daher bestände ein Ansatz zur Erfüllung der Ziele darin, günstige, nährstoffreiche Nahrung direkt vor Ort für die Bevölkerung zugänglich zu machen. Beispielsweise geeignet wären Kakteen, die auch unter ökologisch schwierigen, sehr heißen Verhältnissen gedeihen, leicht zu pflegen und extrem nährstoffreich sind. So könnte man eine Prävention vor Krankheiten erreichen, die der mangelnden medizinischen Versorgung in manchen Teilen der Welt entgegen wirkt, indem man den Körper über die Nahrung stärkt.

Vor allem in den Kapiteln „2.1.6 Mineralstoffe“ und „2.1.7 Spurenelemente“ wird deutlich, wie relevant die einzelnen Nahrungskomponenten für den Körper sind.
In „2.1.5.2.2 Vitamin B_2 (Riboflavin)“ zum Beispiel wird erläutert, dass Riboflavin in Form von FMD und FAD wichtig für die Emission von Licht ist. Implikativ lässt sich daher vermuten, dass es die förderliche Wirkungen auf das Sehvermögen hat, da dieses über Lichtwahrnehmung funktioniert. Ein Mangel an Vitamin A kann nach "2.1.5.1 Vitamin A (Retinol, Retinoide & Beta-Carotin)" auch Sehstörungen hervorrufen, was wiederum belegt, dass postresorptiv Interaktionen zwischen den einzelnen Nährstoffen vorhanden sind.
Vitamin B_9, Vitamin B_6 und Vitamin B_{12} hingegen wirken bei der Regulierung des Homocysteins im Blut mit und können so als Prävention für Erkrankungen, wie Arteriosklerose dienen. Ein Beleg dafür, dass Krankheitsprävention auch über die Nahrung erfolgen kann.Und auch die Funktionalität des Gehirns kann über elementare Bestandteile der Nahrung verbessert werden. In Abschnitt „2.1.7.1 Eisen (Fe)“ wird deutlich, dass Eisen essentiell für die potentielle Sauerstoffsättigung im Blut ist. Da das Gehirn den benötigten Sauerstoff über das Blut bezieht, steigert Eisen somit indirekt die geistigen Fähigkeiten.
„Nitrat [hingegen] ist ein Sauerstoffspeicher und wurde in verschiedenen Studien als Stoff für die Steigerung der geistigen Aktivität nachgewiesen. Die Blutversorgung der Frontallappen war bei Probanden deutlich erhöht, nachdem sie sich nitratreich ernährt hatten.“[1]

Hinzu kommt, dass der Körper seine Energie aus der Nahrung bezieht, indem er die Makronährstoffe, Fette (siehe 2.1.3 Fettsäuren), Kohlenhydrate (siehe 2.1.2 Kohlenhydrate) und Proteine (siehe 2.1.4 Proteine) abbaut und mit der in ihrer Biomasse gespeicherten Energie Adenosintriphosphat (ATP) synthetisiert.
Alle, den Metabolismus fördernde, Substanzen stärken durch die Hebung des Energieniveaus im Körper ebenfalls die Muskelfunktionen und haben so ebenfalls einen positiven Einfluss auf den zentralen Muskel, das Herz. In „2.1.5 Vitamine“ lassen sich einige dieser Substanzen finden, was impliziert, dass Vitamine wichtige Hilfsfaktoren zur Energiegewinnung darstellen und über das Mitwirken an Reaktionen das Leistungsniveau des Körpers erhöhen können.

Nährstoffe sind also die Energiequelle des menschlichen Körpers und wirken sich postresorptiv auf ihn aus. Dabei ist es ganz egal wie groß oder klein sie sind, jeder einzelne Bestandteil der Nahrung hat viele verschiedene Auswirkungen auf den Körper und interagiert mit anderen Nahrungsbestandteilen. Deshalb ist es auch unabdingbar, dass alle Nährstoffe aufgenommen werden. Ist dies nicht der Fall, können einige Prozesse im Körper nur noch eingeschränkt oder gar nicht mehr ablaufen, sodass der Körper inklusive des Immunsystems geschwächt wird und der Organismus folglich anfälliger für Krankheiten wird. Durch die richtige Ernährung kann man

1 https://krank.de/ernaehrung/mineralstoffe/nitrat/ (22.11.2019)

jedoch auch eine Prävention vor Krankheiten schaffen. Der Körper kann gestärkt werden, indem man die richtige Dosierung an Nährstoffen aufnimmt, die positive Wirkungen auf das Immunsystem und Krankheit abwehrende Eigenschaften haben, beziehungsweise im Körper entfalten.
Und auch nachträglich, nach dem Ausbruch einer Krankheit, können die Symptome durch eine angepasste, kontrollierte Ernährung gelindert werden.
Dieser Fakt bringt mich zu dem Ansatz, dass Krankenhäuser, die für die Genesung der Patienten zuständig sind, ihre Erfolgsrate hinsichtlich einer erfolgreichen Genesung steigern könnten indem sie den Heilungsprozess durch eine angepasste, ausgewogene Ernährung unterstützen. So gibt es derzeit oft vitaminarmes, nicht sehr abwechslungsreiches Essen für Patienten, die einen längeren Krankenhausaufenthalt haben (Eigenerfahrungen). Stattdessen sollte es mehr frische und vitaminreiche Nahrung geben, die den Körper unterstützt (siehe 2.1.5 Vitamine).

Vitamin B_2 zum Beispiel stärkt die Nervenfunktionen über Bereitstellung von Energie und fördert über eine gesamte gesundheitsfördernde Wirkung das psychisches Gleichgewicht. Die Energie kann ebenfalls für den Zellschutz gegen äußere Einflüsse genutzt werden, der durch die antioxidative Wirkung abermals verstärkt wird.
Ascorbinsäure, ein weiteres Beispiel, bewahrt nach Abschnitt „2.1.5.4 Vitamin C (Ascorbinsäure)" einige wichtige Enzyme vor dem Funktionsverlust und unterstützt somit wichtige körpereigene Reaktionsvorgänge.

Somit lässt sich in Hinsicht auf die Forscherfrage des Weiteren feststellen, dass der Einfluss der Nährstoffe auf den Körper darin besteht, körpereigene Prozesse voranzutreiben und bei der Bildung wichtiger Substanzen im Körper zu helfen.
Die durch die Nährstoffe ausgelösten Reaktionen im Körper wiederum haben einen Einfluss auf das Gehirn, welches eng mit unserer Psyche korreliert. So stimulieren beispielsweise Neurotransmitter, die ebenfalls aus Mikronährstoffbestandteilen aufgebaut sind, die Gehirnaktivität und wirken sich so auf unser Empfinden aus.
Proteine beispielsweise enthalten, wie in "2.1.4 Proteine" ersichtlich wird, die Vorstufe der Neurotransmitter, den Botenstoffen des menschlichen Organismus, die für die Signalübertragung zwischen Neuronen zuständig sind und wirken somit erheblich bei der Stimmulation des Gehirns mit. Das bedeutet im Hinblick auf die Forscherfrage "Inwiefern beeinflusst die Ernährung den Körper und die Psyche und welche Aspekte beeinflussen das Essverhalten?", dass sie postresorptiv starken Einfluss auf die Gehirnfunktionen und somit auch auf unsere Psyche ausüben.

Der Vagusnerv (siehe 2.3 Vagusnerv) ist der Hauptteil des Parasympathikus. Dieser ist insofern relevant für die Beantwortung der Forscherfrage, da er als Vermittler zwischen Darm und Gehirn fungiert. Er fördert nach Kenntnisstand in diverser Art und Weise die Entspannung des Darms, damit dieser ohne Komplikationen funktionsfähig ist, also die Nährstoffresorption gewährleistet ist. Der Informationsaustausch zwischen Darm und Gehirn findet über verschiedenste Botenstoffe und Neurotransmitter statt, die die Stimulation des Darms an das Gehirn vermitteln. Dies impliziert, dass mit einem entspannten Darm auch eine psychische Entlastung einher geht. Es ist also wichtig, dass das Individuum seinerseits die Ernährung seiner Darmflora angepasst (siehe 2.2 Mikrobiom). Beziehungsweise sollte das Populationswachstum Darm förderlicher Mikroben unterstützt werden.

Wie im Abschnitt „2.1.4.5 Pflanzliches und tierisches Protein“ offenbart wird, kann ein erhöhter Proteinkonsum mit großen Mengen an essentiellen Aminosäuren aber auch die Zellalterung und die Vermehrung jeglicher Zellen, also auch die von Krebs- oder Tumorzellen, vorantreiben. In Zukunft könnte unter Berücksichtigung des Alters und dem individuellen gesundheitlichen Zustand eine speziell auf den Patienten angepasste Ernährungen als Therapieunterstützung bei Krebserkrankungen oder bereits zur Prävention vor Krebs genutzt werden.
So könnten Krebstherapien beispielsweise durch eine methioninarme Ernährung unterstützt werden.

Die Aminosäure Methionin bildet nämlich den Anfang einer jeden Polypeptidkette, also eines jeden Proteins (2.1.4.2.2 Translation). Bei einem Methionin Mangel können somit auch keine weiteren Proteine erzeugt werden. Da die Zelle die Proteinsynthese zur Vermehrung benötigt, wird die Vermehrung so gehemmt. Krebszellen, als spezielle Form sind als mutierte Zellen zu betrachten, die von der Norm abweichen und so Probleme verursachen können. Sie werden ebenso über Zellteilung synthetisiert, benötigen also die gleichen Voraussetzungen wie andere Zellen.
Da Methionin hauptsächlich in tierischen Proteinen zu finden ist, lässt sich demnach über einen gezielten Verzicht tierischer, proteinhaltiger Produkte das Zellwachstum, also auch die Zellalterung regulieren.

Es lässt sich also feststellen, dass die Nährstoffe ein breites Spektrum an Funktionalitäten im Körper fördern, jedoch bei einer Überdosierung fatale Resultate mit sich bringen können.

Um den zweiten Teil der Forscherfrage „Welche Aspekte das Essverhalten beeinflussen“ zu beantworten, betrachten wir zunächst die gesammelten Ergebnisse aus Kapitel „2.4 Ernährungspsychologie“.
In den Modellen der Ernährungspsychologie wird deutlich, dass es unzählig viele Aspekte gibt, die die Nahrungswahl beeinflussen können. Sie sind je nach Individuum unterschiedlich und werden durch die soziale und ökologische Umwelt geprägt. Bei einer starken Veränderung der Umwelt kann es deshalb zu Störungen bei der Nahrungsaufnahme kommen, die ebenfalls aufgrund der Nährstoffzusammensetzung negative Auswirkungen auf den Körper haben kann. Somit regulieren die Umweltfaktoren auch den Körper und die Psyche.
Umweltfaktoren umfassen aber ebenfalls Reize, die den Menschen im Laufe des Lebens begleiten und ihm bei der Auswahl der Nahrung über abgeschlossene Konditionierungsprozesse helfen (vgl.2.4 Ernährungspsychologie). So entwickelt jedes Individuum Vorlieben und Abneigung gegen bestimmte Lebensmittel, da die Reize, die durch das Lebensmittel ausgelöst werden, ebenfalls mit Erfahrungen und Erlebnis verbunden werden. Sind diese Verknüpfungen positiv, so entwickelt sich eine Präferenz für die betroffene Nahrung. Ist die Erfahrung aber eher mit aversiven Reizen verbunden, kommt es zu einer Ablehnung des Nahrungsmittels.
Da die Reize eine wichtige Rolle für die Nahrungswahl spielen, sind ebenfalls die Sinnesorgane beeinflussende Faktoren. Funktionieren diese nämlich nur eingeschränkt, hat dies ebenfalls Auswirkungen auf die Nahrungswahl, beziehungsweise die Wahrnehmung der Nahrung, die wiederum für das Erleben anderer Reize sorgt. Da die Sinnesorgane einen Bestandteil des Körpers darstellen, der durch Nährstoffe der Nahrung erneuert und aufrecht erhalten wird, beeinflusst die Nahrung die Nahrungswahl im Endeffekt selbst. Je nach Auswirkungen der Nahrung auf den Körper folgt entweder die Sättigung für die bestimmt Nahrung oder ein stärkeres Verlangen nach ihr. Dieses Phänomen wiederum lässt sich durch das menschliche Mikrobiom im Darm erklären (2.2 Mikrobiom). Mit jeder aufgenommenen Nahrungskomponente passen wir es an und unterstützen bestimmte Subpopulationen der Mikroben, die wiederum Signale an das Gehirn senden und es so stimulieren. Sie versuchen dabei ihren Wirt ihren Interessen entsprechend zu steuern und wirken sich somit im Grenzen auch auf seine Entscheidung aus, da sie ansonsten mit unangenehmen Signalen reagieren, die den Wirt in gewissem Maß konditionieren und er somit seine Essgewohnheiten an die Mikrobenstämme anpasst.

Abschließend betrachten wir noch einmal den politischen Aspekt, den die Ziele (Sustainable Development Goals) mit in die Arbeit einbringen.
Es lässt sich sagen, dass die politischen Ziele der United Nations (UN) durch die Einsetzung von ausgewählten Nahrungsmitteln und Ausschöpfung der Eigenschaften der Anbauprodukte in naher Zukunft erreicht werden könnten und so der Lebensstandard vieler Millionen Menschen sehr verbessert werden würde.
Zudem würde man durch das Einsetzten von Nahrung statt Medizin einen natürlichen Heilungsprozess von Patienten unterstützen und somit eine Wiedererkrankung und

Nebenwirkungen, die durch Medikamente und Überdosierungen von Arzneimitteln hervorgerufen werden können, einschränken. Aus ökonomischer Sicht ist die Behandlung durch Nahrung zudem günstiger, sodass mehr Geld für Projekte, wie dem Nahrungsanbau in besonders armen Gebieten mit vielen Unterernährten Menschen, zu Verfügung stehen würde.

Wortverzeichnis

- Adventisten - Menschen einer bestimmten Glaubensrichtung
- Ambiguus Kern – keinen punktuellen Ursprung, sondern breit verstreuten
- Aminosäure – Grundbaustein der Proteine; einzelne Aminosäuren werden oft mit L- (lat. laevus = links) oder D- (lat. dexter = rechts) angegeben ← sagt etwas über der Aufbau aus
- Angiotensin II – stärkstes gefäßverengendes Hormon
- Antiporter – Carrier in der Zellmembran, die zwei Stoffe in unterschiedliche Richtungen transortieren
- Apoenzym – Proteinteil eines Enzyms
- Apoptose - geplantes Zellsuizidprogramm
- Autoimmunkrankheiten – Erkrankungen infolge einer gestörten Darmflora
- Autophagie – Prozess indem Zellen sich selbst abbauen & verwerten („sich selbst verzehren“)
- Avidin - Proteinverbindung, die Biotin bindet und so dessen Aufnahme verhindert
- Blutdruck – Druck des Blutes, mit dem es durch den Körper gepumpt wird
  - Bluthochdruck → verengte Gefäße, erhöhter Fließgeschwindigkeit
  - Bluttiefdruck → geweitete Gefäße, niedrigere Fließgeschwindigkeit
- Carotinoide – Provitamin → wird im Körper zu Vitamin A umgewandelt
- Ceramide – wichtiges Fett; einfachste Gruppe der Sphingolipide (Molekülrest besteht nur aus einem Wasserstoffatom); sorgen für Aufrechterhaltung Hautbarriere
- Coenzym – Molekül, das sich an das Apoenzym anlagert und es so zum Holoenzym vervollständigt
- Cytokine – sind Proteine; regulieren Zellteilung und stimulieren Funktion der Zellen
- Diffusion – Streben der Teilchen nach Konzentrationsausgleich zu Grunde liegende Vermischung der Teilchen
- Elektrolythaushalt – Haushalt der Teilchen und Substanzen im Körper, die positiv und negativ geladene Teilchen (Kationen & Anionen) für Reaktionen zur Verfügung stellen
- Endopeptidase – Enzyme, die hydrolytische Spaltungen der Peptidbindungen in Peptidketten katalysieren
  Epithelien - Verband gleichartiger Zellen, der die oberste Gewebsschicht bildet
- Erstverbraucher – pflanzenfressender Organismus; heterotroph
- „Freie Radikale“ - Zellen schädigende Teilchen
- gastrointestinal – Magen & Darm betreffend
- Genexpression – die Umsetzung genetischer Informationen in ein Genprodukt wie RNA oder Proteine (zentraler Prozess ist die Proteinbiosynthese)
- Genomsequenzierung – Untersuchung des Genoms (/ der Erbsubstanz)
- Hämoglobin – ermöglicht Sauerstoffkransport im Blut; wichtigster Bestandteil & Farbstoff der Erythrozyten (roten Blutkörperchen)
- hedonistische Bedürfnisse – Lustgewinn und Sinnesgenuss anstrebend
- Heparin- Blutgerinnung hemmende Glykosaminoglykane (in der extrazellulären Matrix vorkommende, saure Polysaccharide), bestehend aus einzelnen Saccharidbausteinen, die Proteinen mit Sulfatgruppen enthalten
- Hirnventrikel – mit Hirnwasser gefüllte Hohlräume
- Holoenzym – Apoenzym + Coenzym = Holoenzym
- Homocystein – nicht proteinogene Aminosäure, Stoffwechselzwischenprodukt, (Aminosäure, die bei Anreicherung Blutgefäße schädigen kann)
- Hormone – Boten- & Signalstoffe; regulieren Körpervorgänge, wie Stoffwechsel, Atmung, Ernährung, Sexualfunkionen und Blutdruck; geben Informationen zwischen Zellen weiter
- hydrolytisch – Spaltung von Molekülen durch Anlagerung H_2O
- Hypertonie – Bluthochdruck; erhöhte Spannung der Muskeln
- Insulin - Insulin ist ein Peptidhormon (lipophob und aus mehreren Aminosäuren zusammengesetzt, durch Proteinbiosynthese entstanden)
- Isoflavone – sekundäre Pflanzenstoffe
- Kalzifikation – Einlagerung von Calciumsalzen (z.B. Calciumphosphat) ins Gewebe
- korrelieren – in Wechselwirkung mit etwas stehen

- Kropf – Struma als vergrößerte Schilddrüse am Hals
- Lipidperoxidation – im Körper endogener oxidativer Abbau von Fettsäuen, dient nicht der Energiegewinnung, Verderben der Fette/ das Ranzigwerden
- Maßdarm – letzter Abschnitt des Gastrointestinaltrakts
- medial – mittig gelegen
- metabolisch – stoffwechselbedingt
- Metabolisches Syndrom - „Das Metabolische Syndrom ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene Krankheiten und Risikofaktoren für Herz-/Kreislauferkrankungen.“(Quelle: https://www.internisten-im-netz.de/krankheiten/metabolisches-syndrom/was-ist-ein-metabolisches-syndrom/)
- Metabolismus – Stoffwechsel; kompletter Vorgang der Umwandlung von Stoffen in Zwischen- und Endprodukte
- Mikrobe – Mikroorganismus (u.a. Bakterien, Vieren)
- Mikrobiom/ Mikrobiota – das Zusammenleben vieler Mikroorganismen
- modulieren – umwandeln
- mTor – mechanistic target of rapamycin
- Natural Moisturizing Factor (NMF) – natürliches Feuchthaltesystem der Haut
- neoplastisch – sich neu bildend
- Neurotransmitter – Botenstoffe; leiten Reize der Nervenzellen an andere Nervenzellen oder Zellen weiter; modulieren oder verstärken die Reize
- nutritiv – nahrungsbetreffend , der Ernährung dienend, nährend, nahrhaft
- osmotischer Druck – Druck der durch das über eine semipermeable Membran in das Kompartiment hinein diffudierte Lösungsgmittel auf die Kompartimentwand ausgeübt wird
- Obesitas – Synonym für Adipositas / Fettleibigkeit
- Osmose - durch eine semipermeable Membran eingeschränkte Diffusion
  Es gibt drei Zustände die eine Zelle im Bezug auf Osmose einnehmen kann:
  >Hypertonisch Es wandert mehr Wasser aus der Zelle als hinein. Dies ist der Fall wenn das Blutplasma außerhalb der Zelle eine höhere Elektrolytkonzentration hat als in der Zelle herrscht.
  >Hypotonisch Es wandert mehr Wasser in die Zelle als heraus. Dies ist der Fall wenn die Elektrolytkonzentration in der Zelle höher ist als außerhalb.
  >Isotonisch Es wandert ungefährlich gleich viel Wasser in die Zelle rein und raus.
- Osteomalazie – Knochenerweichung
- Osteoporose – Knochenschwund
- oxidativer Stress- Reaktionsabläufe, die durch Moleküle, die nach dem Auffüllen ihrer Elektronenlücken streben verursacht werden; zellschädigend
- paraventrikulär – neben einem Hirnventrikel gelegen
- Polyphenole – sekundäre Pflanzenstoffe, die direkt von den Bakterien verstoffwechselt werden können
- potent - stark, einflussreich, mächtig
- Präbiotika - Nahrung für die Bakterien (z.B. Ballaststoffe)
- Probiotika – in Nahrung enthaltende, lebende Bakterien
- proteinogen – proteinbildend
- Prothrombin - Gerinnungsprotein
- Psychobiotika – die Psyche beeinflussende Substanzen
- Redoxsystem – Oxidationssystem → Reaktionen: immer Auf- & Abgabe von Elektronen & Protonen; mehrere hintereinander bilden intrazelluläre Atmungskette
- Renin – spezielle Endopeptidase; wird in juxtaglomerulären Apparat der Nieren gebildet
- „Renin- Angiotensin- Aldosteron- Mechanismus“ -
- Rückresorption /Reabsorption – Aufnahme von lebensnotwendigen Stoffen aus verschiedenen Körperbereichen zurück in die Blutbahn
- semipermeable- halbdurchlässig(nicht für alle Teilchen durchlässig)
- Siebenten-Tags-Adventisten – bestimmte Gruppe von Adventisten in den USA
- Sphingolipide – wichtiger Bestandteil der Zellmembran; besondere Lipide; Synthetisierung im eR

und Golgy Apparat

- Spurenelement - macht grob > 0.01% des Körpergewichtes aus
- Stimulus - Reiz
- Symporter - Transportprotein
- T_3-Hormon – Schilddrüsenhormon (Triiodthyronin)
- Taurin – Abbauprodukt aus Cystein und Methionin
- Thrombozyten – Blutplättchen
- Transporter – Carrier; Transportprotein

Quellenverzeichnis

https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/die-ernaehrungssituation-armer-menschen-in-so-genannten-entwicklungslaendern/2564 (02.09.2019)

https://youtu.be/KVLbA06Uh2I (02.09.2019)

https://youtu.be/vU_DT7e4fZQ (02.09.2019)

https://youtu.be/7MCcW_SQyrE (02.09.2019)

https://youtu.be/mF1owqSSGFA (02.09.2019)

https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/entwicklungslaender/2563 (02.09.2019)

https://www.spiegel.de/gesundheit/ernaehrung/mangelernaehrung-in-entwicklungslaendern-toetet-millionen-kinder-a-903871.html (02.09.2019)

https://www.spiegel.de/fotostrecke/millionen-tote-kinder-unterernaehrung-verhindert-bildung-fotostrecke-97602-2.html (02.09.2019)

https://www.welthungerhilfe.de/hunger/ (02.09.2019)

https://www.youtube.com/watch?v=tcltUWyWXUI&feature=youtu.be (03.09.2019)

https://www.minimed.at/medizinische-themen/stoffwechsel-verdauung/5-folgen-von-adipositas/ (02.09.2019)

https://www.grueneperlen.com/die-macht-des-mikrobiom/?gclid=EAIaIQobChMIyde0g_ux5AIVxuFRCh2okQItEAAYAyAAEgLRQ_D_BwE (03.09.2019)

https://dbkg.de/kliniken/zentrum_fuer_seelische_gesundheit_bremen (26.08.2019)

https://youtu.be/WPtAH5qMg0U (07.09.2019)

https://youtu.be/_WP9Piwsexo (07.09.2019)

https://youtu.be/CGpbUSJY1zY (07.09.2019)

https://www.youtube.com/watch?v=gZx1U3r3_FA&feature=youtu.be&list=PLh4lYTeCpJR2HNeoclNFulAiK5Txu6j0f (08.09.2019)

https://www.youtube.com/watch?v=hzjXbVnTKxo&feature=youtu.be&list=PLh4lYTeCpJR2HNeoclNFulAiK5Txu6j0f (08.09.2019)

Der Spiegel WISSEN: „Iss dich glücklich (Wie die richtige Ernährung Körper und Seele stärkt“; Ausgabe: 3/2019; Verlag: Der Spiegel

https://ecodemy.de/magazin/inuit-ernaehrung-massai-ernaehrung-naturvoelker/ (15.09.2019)

http://www.paradisi.de/Health_und_Ernaehrung/Vitalstoffe/Fettsaeuren/ (17.09.2019)

https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/trans-fettsaeuren/ (17.09.2019)

https://www.zentrum-der-gesundheit.de/transfettsaeuren.html (17.09.2019)

https://youtu.be/TgzC-nrIYNg (17.09.2019)

https://youtu.be/kp6leHCRpXc (17.09.2019)

https://utopia.de/ratgeber/trans-fettsaeuren-in-gehaerteten-fetten-worauf-du-achten-solltest/ (17.09.2019)

https://www.alternativ-gesund-leben.de/gehaertete-pflanzliche-fette-ungesund-und-schaedlich-fuer-den-koerper/ (17.09.2019)

https://www.spektrum.de/lexikon/chemie/hydrierung/4241 (17.09.2019)

https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/fachinformationen/trans-fettsaeuren/ (18.09.2019)

Gisla Gniech: Essen und Psyche: Über Hunger und Sattheit, Genuss und Kultur; 2. Überarbeitete Auflage; Verlag: Springer-Verlag; Erscheinungsjahr: 2002

Volker Pudel & Joachim Westenhöfer: Ernährungspsychologie: eine Einführung; 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Verlag: Verlag für Psychologie; Erscheinungsjahr: 1998

Gregor Hasler: Die Darm-Hirn-Connection: Revolutionäres Wissen für unsere psychische und körperliche Gesundheit; 2. Nachdruck; Verlag: Schattauer; Erscheinungsjahr: 2019

https://youtu.be/1bJQFV4UsTw (21.09.2019)

https://m.portal.hogrefe.com/dorsch/sensation-seeking/ (21.09.2019)

https://de.wikipedia.org/wiki/Cholesterin#Gesamtcholesterinspiegel (28.09.2019)

https://www.cholesterin-neu-verstehen.de/cholesterin/unterschied-ldl-hdl (28.09.2019)

https://www.bzfe.de/inhalt/erhoehte-blutfettwerte-ein-risiko-fuer-herz-und-kreislauf-2026.html (28.09.2019)

https://www.cardiosecur.com/de/ihr-herz/fachartikel-rund-um-das-herz/fettstoffwechselstoerung (28.09.2019)

https://omega-3-fettsäuren.info/omega-3-6-und-9/ (29.09.2019)

ERNÄHRUNGS-DOC Dr. med. Jörn Klasen unter Mitarbeit von Franziska Pfeiffer: Runter mit dem Bluthochdruck (Wie Sie mit der richtigen Ernährung und einem gesunden Lebensstil den Blutdruck senken); 2. Auflage 2019;Verlag: ZS Verlag GmbH; Erscheinungsjahr: 2019

Die Ernährungs Docs: Wie sie mit der richtigen Ernährung Krankheiten vorbeugen und heilen können; Verlag ZS Verlag GmbH; Erscheinungsjahr: 2018

https://de.wikipedia.org/wiki/Omega-n-Fettsäuren (12.10.2019)

https://www.gesundheit.de/ernaehrung/naehrstoffe/mineralstoffe-und-spurenelemente (12.10.2019)

https://youtu.be/BtRbhamfi-w (12.10.2019)

https://youtu.be/fR_gunMPS_I (12.10.2019)

https://youtu.be/9-WgdParxzM (12.10.2019)

https://youtu.be/jC_DTkayFAA (12.10.2019)

https://youtu.be/W9hQgQxrrxw (12.10.2019)

https://learnattack.de/schuelerlexikon/biologie/coenzym (12.10.2019)

https://www.spektrum.de/news/darmbakterien-passen-sich-uns-an/1640522 (19.10.2019)

https://www.spektrum.de/news/mikrobiom-gehen-immer-mehr-unserer-darmbakterien-verloren/1627970 (19.10.2019)

https://www.spektrum.de/news/wie-haengen-darmflora-und-depression-zusammen/1621806 (19.10.2019)

https://youtu.be/vhdlFgEAH9M (19.10.2019)

https://www.spektrum.de/magazin/darmflora-und-hirngesundheit/1396790 (19.10.2019)

https://www.nature.com/articles/s41564-018-0337-x (19.10.2019)

https://dr-bieger.de/gamma-amino-buttersaeure-gaba-neurotransmitter-mit-angst-loesender-wirkung/ (19.10.2019)

https://de.wikipedia.org/wiki/Propions%C3%A4ure (20.10.2019)

https://youtu.be/c1KzUlEt5NQ (20.10.2019)

https://youtu.be/60ZsHvoQ06I (20.10.2019)

https://flexikon.doccheck.com/de/Ketonkörper (25.10.2019)

https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Indirekte_Kalorimetrie (25.10.2019)

https://flexikon.doccheck.com/de/Kalorisches_Äquivalent (25.10.2019)

https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge/ (26.10.2019)

Schokoladenmuseum Brüssel

https://flexikon.doccheck.com/de/Pr%C3%A4valenz (26.10.2019)

https://flexikon.doccheck.com/de/Inzidenz (26.10.2019)

https://www.zdf.de/wissen/leschs-kosmos/ernaehrungstrends-wie-gesund-sind-low-slow-und-no-102.html (28.10.2019)

https://www.zdf.de/wissen/leschs-kosmos/videos/vorsicht-zucker-102.html (28.10.2019)

https://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/45_min/video-podcast/Tschuess-Zucker-Eine-Dorfgemeinschaft-auf-Entzug,minuten3138.html (28.10.2019)

https://www.ardmediathek.de/swr/player/Y3JpZDovL3N3ci5kZS9hZXgvbzEwMjU1OTg/ (28.10.2019)

https://www.3sat.de/wissen/wissen-aktuell/wissen-aktuell-heilsame-ernaehrung-100.html (28.10.2019)

https://www.pascoe.de/anwendungsbereiche/vitamine/vitamin-mangel.html (30.10.2019)

https://www.brain-effect.com/magazin/spurenelemente-ueberblick (30.10.2019)

https://www.lebenskraftpur.de/warum-aminosaeuren-unverzichtbar-sind (31.10.2019)

Bas Kast: Der Ernährungskompass (Das Fazit aller wissenschaftlichen Studien zum Thema Ernährung); Verlag: C.Bertelsmann Verlag; ; 27. Auflage; Erscheinungsjahr: 2018

https://www.blutspendedienst.com/blutspende/tipps-vor-der-blutspende/haemoglobin-eisenmangel (01.11.2019)

https://www.beyer-soehne.de/linolsaeure-wie-wirkt-sie-in-der-haut/ (01.11.2019)

https://www.klartext-nahrungsergaenzung.de/faq/projekt-klartext-nem/larginin-und-arginin-was-ist-der-unterschied-31400 (02.11.2019)

https://www.cellsignal.de/contents/science-cst-pathways-pi3k-akt-mapk-signaling/mtor-signaling/pathways-mtor-signaling (02.11.2019)

https://www.dge.de/wissenschaft/weitere-publikationen/faqs/chlorid/ (11.11.2019)

https://www.msdmanuals.com/de-de/heim/hormon-und-stoffwechselerkrankungen/elektrolythaushalt/%C3%BCberblick-%C3%BCber-die-funktion-von-natrium-im-k%C3%B6rper (12.11.2019)

https://flexikon.doccheck.com/de/Endopeptidase (12.11.2019)

http://www.medizinfo.de/urologie/anatomie/blutdruckregulation.shtml (12.11.2019)

http://www.biologie-schule.de/diffusion.php (12.11.2019)

http://physiologie.cc/IX.3.htm (12.11.2019)

http://www.gesundheits-lexikon.com/Uebergewicht-Stoffwechsel-Diabetes-mellitus-/Natriumueberschuss-Hypernatriaemie/Symptome-Beschwerden-.html (12.11.2019)

https://www.medikamente-per-klick.de/apotheke/ernaehrungslexikon/natrium/ (12.11.2019)

https://medlexi.de/Osmotischer_Druck (12.11.2019)

https://krank.de/ernaehrung/mineralstoffe/nitrat/ (22.11.2019)

https://www.filterzentrale.com/wasserwelten/gesundheit/nitrat-und-nitrit-wo-liegt-der-unterschied (22.11.2019)

https://www.ages.at/themen/rueckstaende-kontaminanten/nitrat/ (22.11.2019)

https://krank.de/koerperprozesse/osmose/ (25.11.2019)

http://www.mensch-und-zahn.de/42507/40866.html (28.11.2019)

https://youtu.be/WCEfwHRuEz8 (22.12.2019)

https://www.ukaachen.de/kliniken-institute/klinik-fuer-nieren-und-hochdruckkrankheiten-rheumatologische-und-immunologische-erkrankungen-medizinische-klinik-ii/forschung/mechanismen-der-kalzifikation.html (22.12.2019)

https://www.runtastic.com/blog/de/was-sind-makronaehrstoffe/ (24.12.2019)

https://www.lebensmittellexikon.de/k0000940.php (24.12.2019)

https://www.artimondo.de/magazine/mengenelemente-und-spurenelemente-wo-liegt-der-unterschied/ (24.12.2019)

http://www.fressi-fressi.de/series/series_food_05a_mineralstoffe_und_ernaehrung.htm (24.12.2019)

https://www.aponet.de/service/nai/2014/11b/unterschied-mineralstoffe-spurenelemente.html (24.12.2019)

https://www.netdoktor.de/ernaehrung/ballaststoffe/ (27.12.2019)

https://www.internisten-im-netz.de/krankheiten/metabolisches-syndrom/was-ist-ein-metabolisches-syndrom/ (27.12.2019)

https://www.fitforme.de/speziell-fuer-sie/naehrstoffe/vitamine (10.1.2020)

https://www.moellers-omega.de/omega3vsomega6/ (10.1.2020)

https://www.dasgehirn.info/denken/motivation/schaltkreise-der-motivation (10.1.2020)

https://www.ifb-adipositas.de/blog/2012-01-06-hunger-ensteht-im-kopf (10.1.2020)

https://youtu.be/gr8MqaM1JxU (10.1.2020)

https://www.spektrum.de/lexikon/ernaehrung/obesitas/6476 (9.1.2020)

https://patient-partner.de/koronare-herzerkrankung-khk/ (27.12.2019)

https://fet-ev.eu/wp-content/uploads/kohlenhydrate-einteilung.png (27.12.2019)

https://www.klinikschoensicht.de/InfoWeb/erna2.htm (26.12.2019)

https://www.netdoktor.at/laborwerte/monosaccharide-6684737 (26.12.2019)

https://youtu.be/ULpqxnNbSq4 (26.12.2019)

https://youtu.be/-fj5z7S8kGE (26.12.2019)

https://de.wikipedia.org/wiki/ATF-4 (23.12.2019)

https://www.amboss.com/de/wissen/Genexpression_und_Transkription (23.12.2019)

https://youtu.be/-2pXbSpDPQE (21.12.2019)

https://youtu.be/UKnq_I5dK5U (22.12.2019)

https://youtu.be/7lURtjO03i0 (21.12.2019)

https://youtu.be/9F8FE-r9BvA (21.12.2019)

https://www.vitabook.de/gesundheitslexikon/vitamin-d-mangel.php (23.12.2019)

https://youtu.be/qPSfIgdJWso (23.12.2019)

https://youtu.be/WCEfwHRuEz8 (22.12.2019)

https://www.lecturio.de/magazin/chemie-der-kohlenhydrate/ (25.12.2019)

https://www.aerzteblatt.de/archiv/867/Obesitas-Gene-Proteine-und-ihre-Rezeptoren-Wettlauf-um-den-Markt-der-Fettleibigkeit (9.1.2020)

http://biochemical-pathways.com/#/map/2(26.12.2019)

http://biochemical-pathways.com/#/map/1 (26.12.2019)

https://www.gesundheit.de/wissen/haetten-sie-es-gewusst/medizinische-begriffe/was-ist-taurin (18.1.2020)

https://www.ugb.de/exklusiv/fragen-service/brauchen-wir-eine-extra-portion-silicium-bzw-kieselerde/?kieselerde-silicium (18.1.2020)

https://www.centrosan.com/Wissen/Naehrstoff-Lexikon/Spurenelemente/Vanadium.php (18.1.2020)

https://www.assmann-stiftung.de/wp-content/uploads/2013/09/Vitamine-Mineralstoffe-Spurenelemente.pdf (18.1.2020)

https://flexikon.doccheck.com/de/Glykosaminoglykan (18.1.2020)

https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/insulin/34244 (18.1.2020)

https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrolyt#Biologische_Elektrolyte (17.1.2020)

https://pur-life.net/beratung/medizinratgeber/allgemein-medizin/monoamine-und-das-glueck (17.1.2020)

https://link.springer.com/article/10.1007/BF00362241 (17.1.2020)

https://www.smarticular.net/mineralstoffe-funktionen-ernaehrung-mangel-ueberdosierung/ (15.1.2020)

https://www.healthandscience.eu/index.php?option=com_content&view=article&id=565:biotin-vitamin-b7-vitamin-b8-vitamin-h&catid=56:vitamine-und-mineralstofe-ratgeber&lang=de&Itemid=334 (10.1.2020)

http://www.vitalstoff-lexikon.de/Weitere-Vitalstoffe/Coenzym-Q10/Funktionen.html (13.05.2020)

https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/vitamine/vitb202.html (17.05.2020)

https://www.studocu.com/de-at/document/universitaet-fuer-bodenkultur-wien/biochemie-des-stoffwechsels/zusammenfassungen/bcd-sw-zsf-zusammenfassung-biochemie-des-stoffwechsels/1924250/view (17.05.2020); BCd SW ZSF - Zusammenfassung Biochemie des Stoffwechsels; Universität für Bodenkultur Wien (Biochemie des Stoffwechsels (772114)); Jakob Staudinger; 2017/2018

https://flexikon.doccheck.com/de/Ketonkörper (22.05.2020)

https://www.spektrum.de/lexikon/biochemie/fettsaeureabbau/2165 (19.05.2020)

https://flexikon.doccheck.com/de/Beta-Oxidation (19.05.2020)

https://flexikon.doccheck.com/de/Lipolyse (01.06.2020)

https://www.bdsi.de/fileadmin/redaktion/Nachrichten_aus_der_Wissenschaft/Wissenschaftlicher_Pressedienst_2000-01.pdf (18.05.2020)

https://www.u-helmich.de/el/02-Kohlenhydrate/Cori-Zyklus.html (18.05.2020)

https://www.biospektrum.de/blatt/d_bs_pdf&_id=934152 (18.05.2020)

https://www.uniprot.org/uniprot/A0A128EHI7 (16.05.2020)

https://www.chemieunterricht.de/dc2/kh/disacch-hydrol.htm (15.05.2020)

https://flexikon.doccheck.com/de/Ptyalin (14.05.2020)

https://www.google.de/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwjmi-62_7LpAhXN_aQKHQMrBTgQFjABegQICxAE&url=https%3A%2F%2Fwww.netdoktor.at%2Fkrankheit%2Fmund-zaehne%2Fgesunde-zaehne-5493&usg=AOvVaw3Ps9l_jlsPHnso0o0HpWYB (14.05.2020)

https://www.chemie.de/lexikon/Fettsäure.html (01.06.2020)

https://flexikon.doccheck.com/de/Fettsäuresynthese (01.06.2020)

https://viamedici.thieme.de/lernmodule/biochemie/fettsäuresynthese (01.06.2020)

https://www.apollon-hochschule.de/fileadmin/content/pdf/HZK/Probelektionen/Probelektion_Ernaehrungspsychologie_ERMAH02_1018N01.pdf (01.06.2020)

https://www.spektrum.de/lexikon/biochemie/fettsaeureabbau/2165 (28.05.2020)

https://opus.bibliothek.uni-wuerzburg.de/opus4-wuerzburg/frontdoor/deliver/index/docId/228/file/weil.pdf (22.05.2020)

https://youtu.be/-2pXbSpDPQE (10.12.2019)

https://publikationen.sulb.uni-saarland.de/bitstream/20.500.11880/28333/1/Untersuchung%20des%20mTOR%20Signalweges.pdf (03.05.2020)

Anja Kathrin Klappan; Einfluss des Flavonoids Quercetin auf den mTOR-Signalweg von Zervix- und Mammakarzinomzellen; 2014; Medizinischen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München; https://edoc.ub.uni-muenchen.de/16560/1/Klappan_Anja.pdf

https://www.ugb.de/exklusiv/fragen-service/brauchen-wir-eine-extra-portion-silicium-bzw-kieselerde/?kieselerde-silicium (23.11.2019)

Sven Jansen; Untersuchungen zur Zink-modulierten Signaltransduktion in Säugerzellen: Die Auswirkungen von Signalwegen auf die Zinkhomöostase; Oktober 2004; Fachbereich 2 Biologie/Chemie, Universität Bremen; http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/diss/Bremen/2004/E-Diss1167_1.pdf

https://www.spektrum.de/lexikon/biologie/phyllochinon/51492 (12.01.2020)

Jasmin Karmowski; Ermittlung der lipophilen antioxidativen Aktivitäten/Kapazitäten mittels Photochemolumineszenz-Methode: Untersuchungen zur Anwendung auf Carotinoide, Vitamin E und Lebensmittel sowie zum Einfluss von Wechselwirkungen und Lebensmittelmatrix; Biologisch-Pharmazeutischen Fakultät der Friedrich-Schiller- Universität Jena; 22. Mai 2015; http://www.bioaktive-pflanzenstoffe.uni-jena.de/docs/Dissertation_Jasmin_Karmowski_2015.pdf

https://www.zhb.uni-luebeck.de/epubs/ediss849.pdf (23.11.2019)

https://www.gf-biofaktoren.de/wissenswertes-ueber-biofaktoren/steckbriefe/folsaeure-biofaktor-fuer-zellteilung-blutbildung-und-herz-kreislaufsystem/ (12.12.2019)

https://www.univie.ac.at/nutrigenomics/teaching/vo_mikronaehrstoffe/2_VitA.pdf (02.12.2019)

https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=6959 (15.12.2019)

https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6943/04_litue.pdf?sequence=5&isAllowed=y (21.11.2019)

Klassische und molekulare Genetik; C. Bresch, R. Hausmann; Springer; Berlin; 3.Auflage; 1972

https://flexikon.doccheck.com/de/Vanadium (25.10.2019)

Uwe Gröber, Klaus Kisters; Das Ultraspurenelement Bor; Wissen OM; http://www.mikronaehrstoff.de/pdf/Groe_Kis_Bor_2015.pdf

https://www3.hhu.de/biodidaktik/Fotosynthese_neu/dateien/licht/1-3-1-2.html (29.12.2019)

https://youtu.be/aQd7XGtBarU (21.05.2020)

Lehrbuch der Organischen Chemie; Beyer Walter; S.Hirzel Verlag Stuttgart; 20.Auflage; 1984

https://www.fnp.de/lokales/hochtaunus/kronberg-ort79545/fastfood-diaet-wissenschaft-10876763.html (20.10.2019)

https://www.innovations-report.de/html/berichte/biowissenschaften-chemie/neue-studie-darmbakterien-kooperieren-wenn-das-leben-hart-wird.html (29.10.2019)

Thorben Winkler; Das intestinale bakterielle Mikrobiom in der Herzinsuffizienz: eine vergleichende Untersuchung mittels Sequenzierung des 16S rRNA Gens; Kiel 2018 (Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel); https://core.ac.uk/download/pdf/250309355.pdf)

Anna-Lena Laguna de la Vera; Mikrobiota-Transfer bei Patienten mit Reizdarmsyndrom: Motivationsanalyse und individueller Heilversuch; 2020; Medizinische Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität zu München (https://edoc.ub.uni-muenchen.de/25527/2/Laguna_de_la_Vera_Anna-Lena.pdf)

https://de.dreamstime.com/stock-abbildung-hypothalamus-image57394683 (25.11.2019)

https://gehirnbenutzen.wordpress.com/2018/02/18/hypothalamus-zirbeldruese-und-alterungsprozesse/ (20.10.2019)

Anna Kliem; Untersuchungen zu Veränderungen der Herzratenvariabilität und Atemregulation bei schwer depressiven Patienten; 17.10.2017; Medizinische Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität Jena;(https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00040327/DissKliem.pdf)

http://stud.neuro-physiol.med.uni-goettingen.de/uploads/SoS2014/Niebert/Vorlesungs-Skript.pdf (25.11.2019)

https://www.evolbio.mpg.de/3141876/darmflora (09.12.2019)

https://www.leifiphysik.de/mechanik/arbeit-energie-und-leistung/ausblick/messung-des-energieumsatzes (23.11.2019)

Sonja Kochanowski; Entstehung und Prävention von Adipositas bei Kindern und Jugendlichen; 02. Mai 2005; Hamburg (Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg; Fachbereich Ökotrophologie; Studiengang Gesundheit); https://edoc.sub.uni-hamburg.de//haw/volltexte/2007/151/pdf/ges_y_73.pdf

Cornelia Marlene Focke; HPLC-Analytik des Vitamin C: Methodenoptimierung und Referenzwerterstellung; 2010; Universität Lübeck, medizinische Fakultät; https://www.zhb.uni-luebeck.de/epubs/ediss849.pdf

https://refubium.fu-berlin.de/bitstream/handle/fub188/6943/04_litue.pdf?sequence=5&isAllowed=y (22.11.2020)

https://www.univie.ac.at/nutrigenomics/teaching/vo_mikronaehrstoffe/2_VitA.pdf (02.12.2019)

Petra Reihl; Untersuchungen zur Wahrnehmung und zur Aufnahme von Riboflavin in Saccharomyces cerevisiae; 2006; NATURWISSENSCHAFTLICHEN FAKULTÄT III BIOLOGIE UND VORKLINISCHE MEDIZIN DER UNIVERSITÄT REGENSBURG; https://epub.uni-regensburg.de/10475/1/Dissertation%20Petra%20Reihl.pdf

Prof. Dr. J. Gasteiger, Dr. A. Schunk, CCC Univ. Erlangen, Mon Sep 29 15:41:03 2003 GMT BMBF-Leitprojekt *Vernetztes Studium – Chemie;* https://www2.chemie.uni-erlangen.de/projects/vsc/chemie-mediziner-neu/vitamine/vitb202.html

Jakob Staudinger; BCd SW ZSF - Zusammenfassung Biochemie des Stoffwechsels; 2017/2018; Universität für Bodenkultur Wien (Biochemie des Stoffwechsels (772114)); https://www.studocu.com/de-at/document/universitaet-fuer-bodenkultur-wien/biochemie-des-stoffwechsels/zusammenfassungen/bcd-sw-zsf-zusammenfassung-biochemie-des-stoffwechsels/1924250/view

Dr. Kock, Sebastian; Synthese, Charakterisierung, antioxidative Eigenschaften und Anwendungen von aromatischen Carotinoiden; 19.02.2008; Heinrich Heine Univerität Düsseldorf (Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät » WE Chemie » Organische Chemie und Makromolekulare Chemie); https://docserv.uni-duesseldorf.de/servlets/DocumentServlet?id=6959

http://www.werbepsychologie-online.com/index.php/beilaeufigkeit/mere-exposure-effekt (10.12.2019)