

Inhalt:

- 1 Zusammensetzung der Nahrung
- 2 Die Grundnährstoffe: Eiweißstoffe (Proteine) und Enzyme
- 3 Die Grundnährstoffe: Kohlenhydrate
- 4 Die Grundnährstoffe: Fette
- 5 Verdauung und Resorption der Nahrung
- 6 Stoffkreislauf zwischen Pflanzen und Tieren

1 Zusammensetzung der Nahrung

In unserer Nahrung sind drei Gruppen von Grundnährstoffen in unterschiedlichen Mengen enthalten, Eiweißstoffe (Proteine), Zucker (Kohlenhydrate) und Fette. Früchte enthalten z.B. einen hohen Anteil an Zucker, Getreide viel Stärke und Nüsse reichlich Fett (vgl. gesunde Ernährung). Diese Nährstoffe sind die Hauptinhaltsstoffe unserer Nahrung. Sie werden im Verdauungstrakt durch die Enzyme in ihre Bausteine abgebaut und diese dann im Dünndarm über die Darmzotten in die Blutbahn aufgenommen (resorbiert). Aus diesen Nährstoffen gewinnen wir die Baustoffe um zu wachsen und den Energiebedarf unseres Stoffwechsel zu decken.

Daneben muss unsere Nahrung auch verschiedene Vitamine enthalten, die wir aber nur in kleinen Mengen benötigen. Die Vitamine (organische Stoffe) können wir nicht selbst im Körper herstellen, deshalb müssen wir sie mit der Nahrung zu uns nehmen. Sie werden für verschiedene Stoffwechselreaktionen benötigt, sind am Bau von Knochen und Zähnen beteiligt, wirken beim Aufbau und der Funktion von Blutkörperchen und Enzymen mit und stärken unsere Immunabwehr. Jedes Vitamin hat spezielle Aufgaben. Ein Mangel an Vitaminen führt zu bestimmten Krankheiten, so fallen z.B. bei Vitamin C Mangel die Zähne aus (Skorbut).

Als dritte Gruppe nehmen wir mit der Nahrung auch Mineralstoffe zu uns. Diese anorganischen Stoffe (in Form von Ionen) unterteilt man nach der Menge in der wir sie benötigen in zwei Gruppen. Solche die in größeren Mengen für unseren Körper wichtig sind (Makronährelemente: Calcium, Magnesium, Kalium, Natrium, Chlor, Schwefel, Phosphor) und die Spurenelemente die nur in kleine Menge notwendig sind (z.B. Eisen, Fluor, Iod, Zink, Selen).

2 Die Grundnährstoffe: Eiweißstoffe (Proteine) und Enzyme

Die Bezeichnung Eiweiß leitet sich vom Eiklar (Eiweiß) des Hühnereis ab. Eiweißstoffe sind lebenswichtige Bestandteile der Zellen aller Lebewesen. Sie sind biologische Gerüst- oder Baustoffe und kommen beispielsweise in Muskeln, Haut und Nerven vor. Auch Enzyme (Biokatalysatoren) und manche Hormone, z.B. Insulin, gehören zu den Eiweißstoffen.

Erhitzt man eine Portion von trockenem Eiweiß, so verkohlt es. Außerdem lassen sich Wasserdampf und Ammoniak als Zersetzungsprodukt nachweisen. Es sind also die Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff am Aufbau von Eiweißen beteiligt.

Viele Eiweißstoffe sind wasserlöslich. Erhitzt man eine Eiweißlösung, so flockt das Eiweiß aus, es gerinnt (denaturiert, vgl. hartes Ei). Auch Ethanol, Salzlösungen oder Säuren können ein Ausflocken bewirken. Durch Schwermetalle wie Cadmium, Quecksilber, Kupfer oder Blei kann die Struktur der Eiweiße ebenfalls zerstört werden (→ Vergiftung).

Die meisten Eiweiße sind große Moleküle (Makromoleküle) und lassen sich in stark sauren bzw. stark alkalischen Lösungen chemisch in ihre Bausteine (Monomere) zerlegen, die

Aminosäuren (Aminocarbonsäuren). Der Name Aminocarbonsäure drückt aus, dass neben der Carboxylgruppe $-COOH$ eine weitere funktionelle Gruppe, die Aminogruppe $-NH_2$, am Bau der Moleküle beteiligt ist.

Nachweis

Im Labor können Eiweißstoffe an bestimmten Farbreaktionen sicher erkannt werden. So wird eine alkalische Eiweißlösung nach Zusatz von Kupfersulfat violett (Biuretreaktion). Mit konzentrierter Salpetersäure entsteht eine Gelbfärbung (Xanthoproteinreaktion). Dieser Nachweis kann auch mit festem Eiweiß durchgeführt werden.

Für diese Nachweisreaktionen sind die entsprechenden Chemikalien notwendig, die in der Grundschule nicht zur Verfügung stehen. Durch die Denaturierung mit Hitze oder Säure können Proteine durch die Grundschulkinder auf einfache Weise nachgewiesen und sicher von Kohlenhydraten und Fetten unterschieden werden. Für diese Nachweisreaktionen sind die entsprechenden Chemikalien notwendig, die in der Grundschule nicht zur Verfügung stehen. Durch die Denaturierung mit Hitze oder Säure können Proteine durch die Grundschulkinder auf einfache Weise nachgewiesen und sicher von Kohlenhydraten und Fetten unterschieden werden.

Bau der Aminosäuren

Es gibt etwa 20 verschiedene Aminosäuren (siehe Abb. 1) von biologischer Bedeutung. Sie werden α -Aminosäuren genannt und unterscheiden sich voneinander durch unterschiedliche Molekülreste. Glycin ist die einfachste Aminosäure, an der vierten Bindung des C-Atoms sitzt ein Wasserstoffatom.

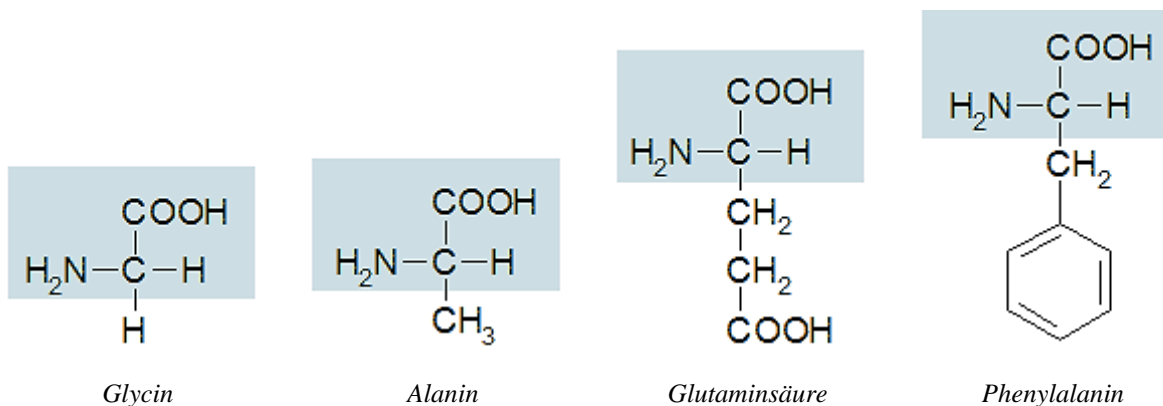


Abb. 1: Einige ausgewählte Aminosäuren: Das Grundgerüst, das allen Aminosäuren gemeinsam ist, ist blau unterlegt.

Die Makromoleküle der Eiweiße bestehen aus zahlreichen miteinander verknüpften Aminosäuren, die Verknüpfungsstelle wird Peptidbindung ($-CO-NH-$) genannt.

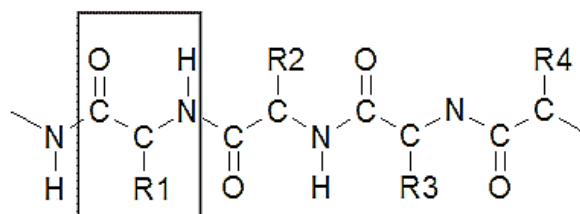
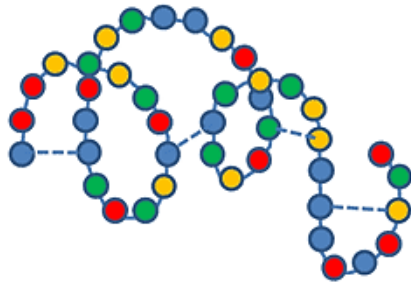


Abb. 2: Eiweißmolekül aus mehreren miteinander verknüpften Aminosäuren

Aus zwei Aminosäuremolekülen entsteht so ein **Dipeptid**. Durch Verknüpfung mehrerer Aminosäuremoleküle entstehen Oligo- und Polypeptide (Abb. 2, von griech. oligos, wenig; polys, viel).

Polypeptide, die aus mehr als 100 Aminosäuren aufgebaut sind und eine biologische Funktion besitzen, werden Proteine genannt. Die Reihenfolge, in der die einzelnen Aminosäuren miteinander verknüpft sind (Aminosäuresequenz), bestimmt den Bau und die räumliche Struktur des Proteins (Abb. 3). Um die vielen Möglichkeiten der Kettenbildung aufzuzeigen wurde bei der nebenstehende Kette vier verschiedenen Aminosäuren verwendet.



Die einzelnen Aminosäuren können miteinander in Wechselwirkung treten (gestrichelte Linien) und so die Form des Proteins festlegen. Tauscht man nur eine dieser Aminosäuren gegen eine andere aus kann dies Veränderungen in der räumlichen Struktur des Proteins haben und seine Wirkung beeinträchtigen.

Abb. 3: Ausschnitt aus der Aminosäureabfolge einer längeren Polypeptidkette

Am Beispiel des Hämoglobins (einem Protein, das in den roten Blutkörperchen vorkommt und dessen Aufgabe der Sauerstofftransport im menschlichen Blut ist) lässt sich zeigen, wie groß die Bedeutung ist, die dem räumlichen Bau der Aminosäuresequenz zukommen kann. Hämoglobin besteht aus vier miteinander verknüpften, paarweise gleichen Polypeptidketten mit insgesamt 574 Aminosäuren. Bei der Sichelzellenanämie führt eine kleine Veränderung der Sequenz, der Einbau nur einer „falschen“ Aminosäure in die Kette, zu einer Veränderung im räumlichen Bau und damit zu einer erheblichen Störung der Versorgung mit Sauerstoff. Die normalerweise scheibenförmigen roten Blutkörperchen werden vor allem im sauerstoffarmen, venösen Blut sichelförmig. Diese Sichelzellen sind zum Sauerstofftransport nicht mehr befähigt und werden abgebaut.



Abb. 4: Sichelzellenanämie

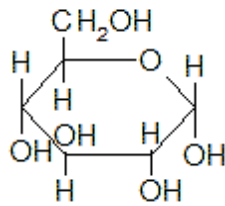
(<http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Sicklecells.jpg&filetimestamp=20060312185613,gemeinfrei>)

3 Die Grundnährstoffe: Kohlenhydrate

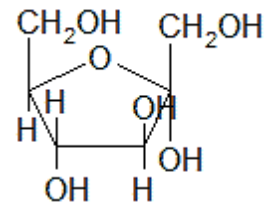
Kohlenhydrate kommen in vielfältiger Form in der Natur vor. Sie werden über die Photosynthese in den Pflanzen hergestellt und spielen bei verschiedenen Stoffwechselprozessen eine große Rolle. Entweder dienen sie der Energiespeicherung (in Pflanzen: Stärke, in Tieren und Mensch: Glycogen) oder werden auch z.B. als Anlockungsmittel für verschiedene Tiere eingesetzt (Fructose, Saccharose). Für die Tiere und Menschen stellen Kohlenhydrate eine wesentliche Stoffgruppe der Grundnährstoffe dar. Chemisch unterscheidet man bei den Kohlehydraten nach ihrem Bau:

Einfachzucker (Monosaccharide):

Sie haben die Summenformel $C_6H_{12}O_6$, unterscheiden sich aber in der Anordnung der OH-Gruppen und in der Anzahl der im Ring gebundenen C-Atome. Zucker mit einem 6er-Ring zählt man zu den Hexosen, solche mit einem 5er Ring zu den Pentosen (Abb. 5).



Glucose
(Traubenzucker)

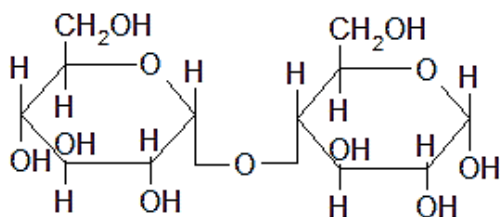


Fructose
(Fruchtzucker)

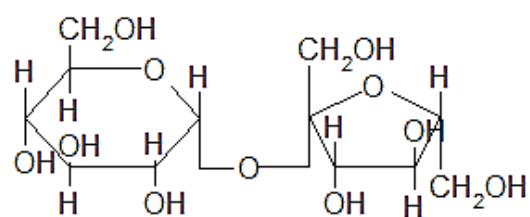
Abb. 5: Strukturformel von Glucose und Fructose

Zweifachzucker (Disaccharide):

Bei den Zweifachzuckern sind je zwei Moleküle über eine Sauerstoffbrücke miteinander verbunden. Der Haushaltszucker, den wir in den Kaffee schütten, wird chemisch als Saccharose bezeichnet und besteht aus je einem Molekül Glucose und Fructose (Abb. 6). Auch die in der Milch enthaltene Lactose gehört zu den Disacchariden.



Maltose (Malzzucker)
2 Moleküle Glucose



Saccharose (Haushaltszucker)
1 Molekül Glucose, 1 Molekül Fructose

Abb. 6: Strukturformel von Malzzucker und Haushaltszucker

Vielfachzucker (Polysaccharide):

Im Polysaccharid Stärke lagern sich mehrere hundert Monomere zusammen und bilden lange unverzweigte Ketten (Amylose) Abb. 7 oder verzweigte Ketten (Amylopektin). Die unverzweigten Amyloseketten sind aus vielen Glucosemolekülen aufgebaut, die eine Spirale bilden. In diese Spirale kann sich Jod einlagern, was dann zu einer Blaufärbung führt, die als Nachweis für Stärke dient.

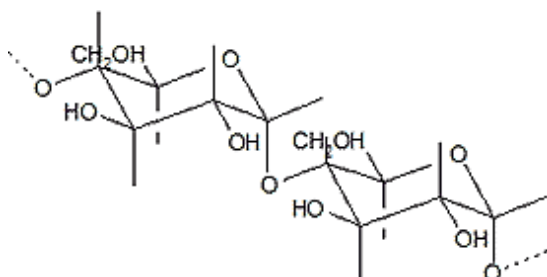


Abb. 7: Strukturformelausschnitte aus der Amylose D-Glucose, (α -1,4-glykosidische Bindung)

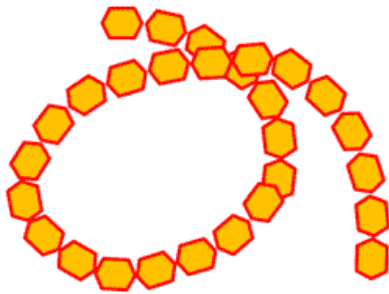


Abb. 8: räumliche Struktur der Amylose
In die Spiralwindungen können Jodmoleküle eingebaut werden.

Auch die Pflanzenzellwände bestehen zum großen Teil aus Polysacchariden wie z.B. Cellulose und Hemicellulose diese Ketten sind dann untereinander durch Wasserstoffbrücken vernetzt (Abb.9).

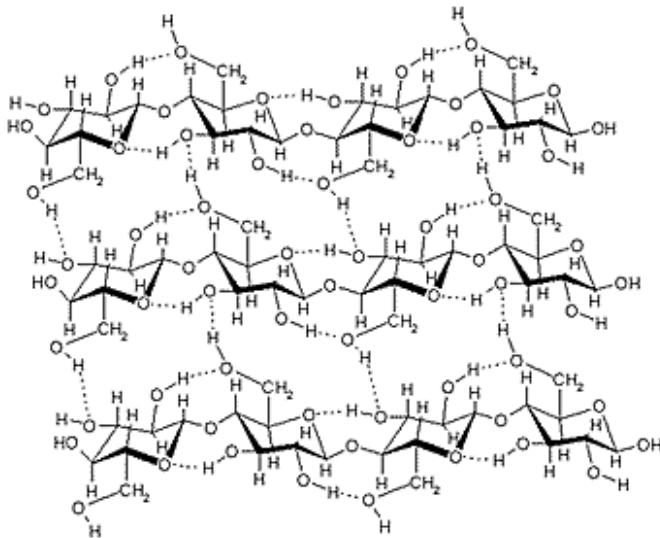


Abb. 9: Cellulose β -D-Glucose-Moleküle, ((1,4 \rightarrow 4) β -glykosidische Bindung)

4 Die Grundnährstoffe: Fette

Fette dienen als Energielieferanten und Energiespeicher in unserem Körper. Sie kommen im tierischen Fettgewebe und in den Samen der Pflanzen vor. Neben ihrer Funktion als Energielieferant liefern sie auch die essentiellen Fettsäuren Linol- und Linolensäure, die der Körper selbst nicht aufbauen kann (Vitamin K). Auch für die Aufnahme von anderen Vitaminen spielen die Fette eine wichtige Rolle. So sind die Vitamine A, D, E fettlöslich und können besser mit Öl aufgenommen werden.

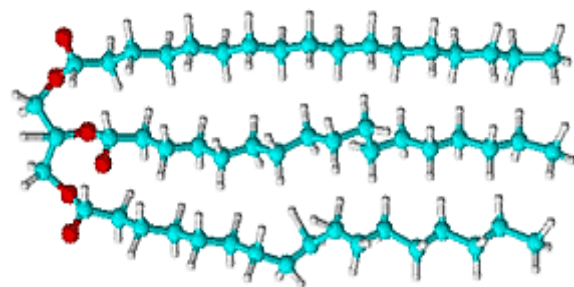


Abb. 10: Strukturformel eines Fettmoleküls

Fette bestehen aus Glycerin, einem dreiwertigen Alkohol, der mit drei Fettsäuren verestert ist. Die natürlichen Fette sind Gemische aus verschiedenen Glyceriden. Fette haben deshalb keinen eindeutigen Schmelzpunkt, sondern einen Schmelzbereich.

Enthalten die Fettsäuren eine oder mehrere Doppelbindungen spricht man von ungesättigten Fettsäuren, enthalten sie keine Doppelbindungen spricht man von gesättigten Fettsäuren.

Beispiele für wichtige Fettsäuren (FS) sind:

- Palmitinsäure:** C₁₅H₃₁COOH, gesättigt FS **Ölsäure:** C₁₇H₃₃COOH, ungesättigt FS
Stearinsäure: C₁₇H₃₅COOH, gesättigt FS **Linolsäure:** C₁₇H₃₁COOH, ungesättigt FS
Linolensäure: C₁₇H₂₉COOH, ungesättigt FS

Veresterung von Fetten:

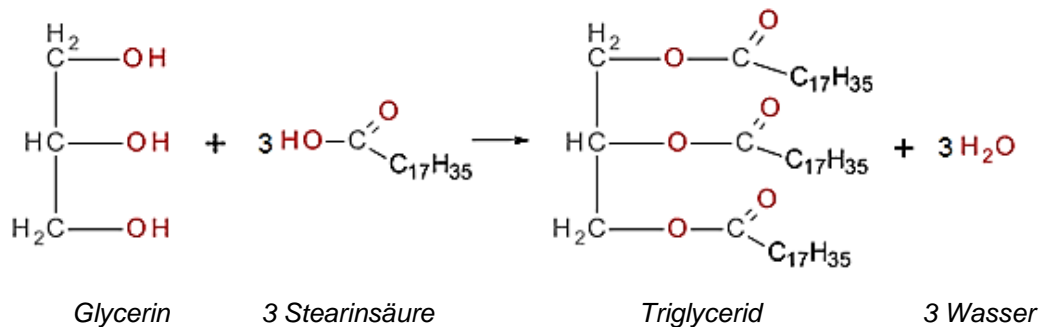


Abb. 11: Veresterung von Fettsäuren und Glycerin zu einem Fettmoleküle

Kennzeichen der Fett:

Angabe in %	tierische Fette		pflanzliche Fette			
	Butterfett	Schweinefett	Kokosfett	Olivenöl	Sonnenblumenöl	Leinöl
gesättigte FS						
Buttersäure	3	-	-	-	-	-
Laurinsäure	3	-	48	-	-	-
Myristinsäure	9	2	15	2	-	-
Palmitinsäure	24	27	9	15	5	7
Stearinsäure	13	14	3	2	2	3
ungesättigte FS						
Ölsäure	30	45	6	71	27	18
Linolsäure	2	8	2	8	65	14
Linolensäure	1	-	-	-	-	58

Tab. 1: Anteile der unterschiedlichen Fettsäuren in tierischen und pflanzlichen Fetten

- In tierischen Fetten sind viele gesättigte Fettsäuren enthalten.
- Pflanzliche Fette enthalten viele ungesättigte Fettsäuren. Reaktive Stoffwechselprodukte in unserem Körper oder andere reaktive Substanzen (Radikale) aus der Umwelt können sich an diese Doppelbindungen anlagern und so „aus dem Verkehr“ gezogen werden. Ungesättigte Fettsäuren wirken auf diese Weise als Antioxidans.

5 Verdauung und Resorption der Nahrung

Zur Orientierung soll der Querschnitt durch das Verdauungssystem dienen (Abb. 12). Aus chemischer Sicht werden bei der Verdauung die einzelnen Nährstoffe in ihre Bausteine abgebaut. Bei den Kohlenhydraten sind das die Zuckermoleküle, bei den Proteinen die



Aminosäuren. Fette werden in Glycerin und Fettsäuren aufgespalten (Abb. 13). Diese Reaktionen werden von Enzymen katalysiert, die jeweils nur für das Zerlegen eines bestimmten Nährstoffes geeignet sind. Dies kann man auch am Namen erkennen, so zerlegen die Lipasen Fette (Lipide), die Proteasen Eiweißstoffe (Proteine). Die Enzyme, sind im chemischen Sinne Katalysatoren. Sie setzen die Aktivierungsenergie herab sodass, die für eine bestimmte Reaktion benötigte Energie geringer ist, als die der nicht katalysierten Reaktion. Die Stoffwechselreaktionen in unserem Körper können deshalb bei einer relativ geringen Temperatur von 37°C stattfinden. Die Enzyme bewerkstelligen dies durch passgenaue Oberflächen, in der Biologie spricht man vom Schlüssel-Schloss-Prinzip.

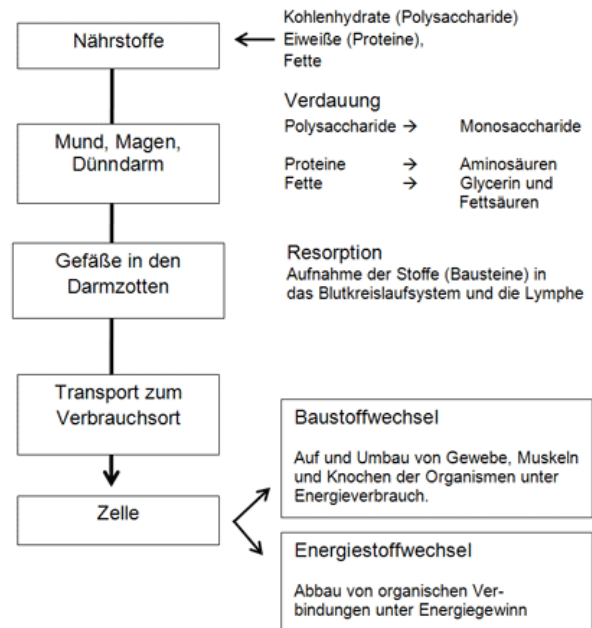
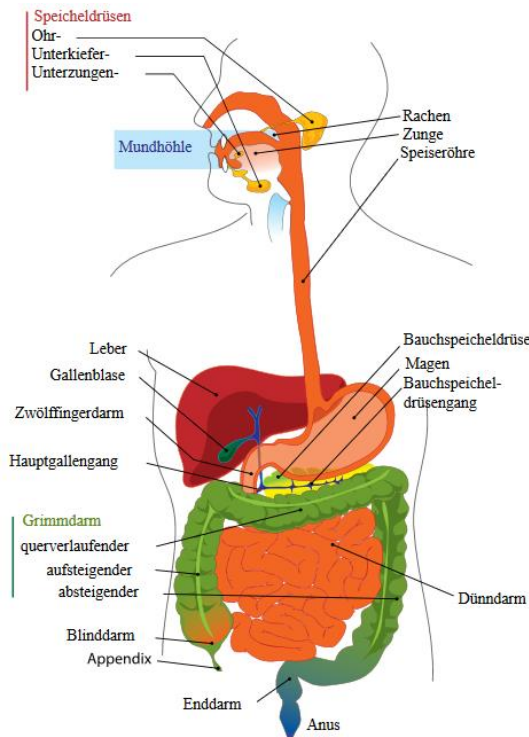


Abb. 13: Übersicht über den Abbau der Grundnährstoffe im Verdauungssystem

Abb. 12: Verdauungssystem

(http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digestive_system_diagram_de.svg)

In den verschiedenen Organen des Verdauungstraktes werden durch die verschiedenen Verdauungsekrete unterschiedliche pH-Werte eingestellt. Auch die Enzyme haben pH-Bereiche in denen sie besonders aktiv sind. Im Magen herrscht ein saures Milieu durch die Magensäure. Hier können die Proteasen besonders gut arbeiten. In Tabelle 2 werden die pH-Werte die in den einzelnen Organen zu finden sind aufgelistet, sowie die dort arbeitenden Enzyme.

Wo wird was verdaut?

Im Bereich des Dünndarms werden dann die einzelnen Nährstoffbausteine über die große Oberfläche der Darmzotten in den Blutkreislauf aufgenommen. Dieser Vorgang wird Resorption genannt. Erst nach der Resorption stehen die Nährstoffe dem Körper zur Verfügung und können über die Blutbahn zu verschiedenen Verbrauchsorten transportiert werden. Sie finden dann zum einen im Baustoffwechsel zum Aufbau von neuem Gewebe und Muskulatur Verwendung. Dies ist besonders in Phasen des Wachstums wichtig, aber auch bei der Regeneration von verletztem Gewebe. Zum anderen können die Nährstoffe chemisch weiter bis auf die Stufe von Kohlenstoffdioxid und Wasser in ihre Bestandteile zerlegt werden.

Die bei diesen Reaktionen freiwerdende Energie wird z.B. auf das einfach zu transportierende und überall im Körper einzusetzende Molekül ATP (Adenosinriphosphat) übertragen. „ATP“ wird deshalb auch als Energiewährung des Körpers genannt.

Mund (pH>7)	Das Stärkeenzym (Amylase) schneidet Maltoseeinheiten von der Stärke ab.
Magen (pH<7)	Die Magensäure lässt die Proteine aufquellen, das Proteinenzym (Pepsin) spaltet Eiweiß in Polypeptide.
Zwölffingerdarm (pH>7)	Die Gallensäuren zerlegen das Fett in kleine Tröpfchen, die Fettzyme (Lipasen) beginnen mit der Zerlegung von Fett in Glycerin und Fettsäuren
Dünndarm (pH>7)	Das Enzym Maltase spaltet Stärke und Maltose in Monosaccharide auf, die Proteasen spalten Peptide in Aminosäuren, die Lipasen zerlegen Fett in Glycerin und Fettsäuren
Dünndarmzotten	Aufnahme (Resorption) der Endprodukte der Verdauung in die Blutgefäße

Tab. 2: pH-Werte in den einzelnen Organen und die dort stattfindenden Abbaureaktionen der Nährstoffe

6 Stoffkreislauf zwischen Pflanzen und Tieren

In der folgenden Abb. 14 ist zum Abschluss noch der Zusammenhang zwischen Photosynthese und Atmung abgebildet. Wesentlich ist, dass die Pflanzen die von der Sonne gelieferte Energie nutzen um Moleküle z.B. Kohlenhydrate aufzubauen. Dadurch wurde die Sonnenenergie in chemische Energie umgewandelt. Sie steht nun über die Nahrungskette den Tieren und Menschen zur Verfügung. Gleichzeitig produzieren die Pflanzen bei der Photosynthesereaktion Sauerstoff. Aus ihrer Sicht ein Abfallstoff, aus der Sicht von Mensch und Tier eine wichtige Grundlage zum Leben.

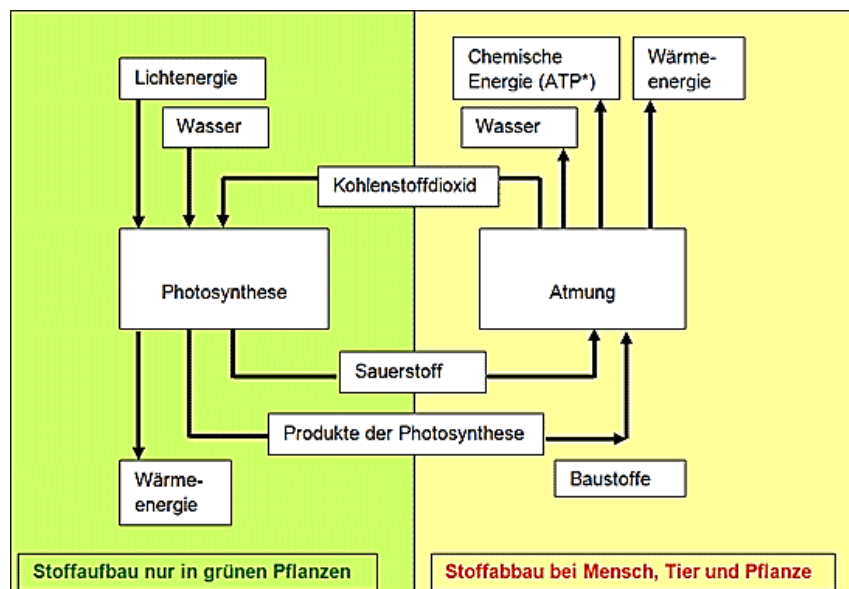


Abb. 14: Zusammenhang von Stoffaufbau durch die Photosynthese und Stoffabbau durch die Atmung

(*ATP Adenosinriphosphat, ein Molekül bei dessen Spaltung Energie freigesetzt wird. Diese Verbindung kann im Körper zu allen Zellen transportiert werden, sie kann als „Energiewährung“ in unserem Körper verstanden werden.)