

Biologie 10. Klasse im LehrplanPLUS

2 Stoff- und Energieumwandlung im Menschen

2.1 Biomoleküle als Energieträger und Baustoffe

Thomas Nickl, Dezember 2021

Inhalt:

[Allgemeine Vorbemerkungen](#)

[Zeitplan für den gesamten Lernbereich in der Übersicht](#)

[0 Wiederholung von Grundwissen](#)

[2 Stoff- und Energieumwandlung im Menschen](#)

[2.1. Biomoleküle als Energieträger und Baustoffe](#)

[Zeitplan für Abschnitt 2.1](#)

[2.1.1 Stoff- und Energieaustausch](#)

[2.1.1.1 Makronährstoffe als Energieträger](#)

[2.1.1.2 Makronährstoffe als Baustoffe](#)

[2.1.1.3 Der Mensch als offenes System](#)

[2.1.2 Kohlenhydrate](#)

[2.1.2.1 Experimente](#)

[2.1.2.2 Einteilung](#)

[2.1.2.3 Bedeutung](#)

[2.1.3 Fette](#)

[2.1.3.1 Nachweis](#)

[2.1.3.2 Bau](#)

[2.1.3.3 Bedeutung im Energiehaushalt](#)

[2.1.3.4 Einteilung und Bedeutung für die Ernährung](#)

[2.1.4 Proteine](#)

[2.1.4.1 Bau von Aminosäuren](#)

[2.1.4.2 Aufbau der Proteine](#)

[2.1.4.3 Funktion](#)

[2.1.5 Mikronährstoffe](#)

[2.1.5.1 Vitamine](#)

[2.1.5.2 Mineralsalze](#)

[2.1.6 Ausgewogene Ernährung](#)

Allgemeine Vorbemerkungen

Der Schwerpunkt in der 10. Klasse liegt in der Humanbiologie, die bereits das Hauptthema in der 5. Klasse gestellt hat. Ich halte es einerseits für wesentlich, dass etliche Aspekte aus der Unterstufe wiederholt werden, weil vieles nach dem erstmaligen Lernen vergessen sein dürfte. Andererseits werden zum Teil die selben Themenkreise am Ende der Mittelstufe aber auf einem deutlich höheren intellektuellen Niveau behandelt (z. B. durch differenzierte Argumentation auf wissenschaftlicher Basis, eigenständige Begründungen für Verhaltens-Empfehlungen oder bezüglich der Komplexität ethischer Diskussionen). Achten Sie also darauf, dass die Schüler nie das Gefühl bekommen können, es würde nur Unterstufen-Stoff wiederholt werden.

Mit „ALP“ werden Hinweise gegeben auf den Praktikums-Ordner „Bio? – Logisch!“, Akademiebericht 506 der Akademie für Lehrerfortbildung und Personalführung, Dillingen, 2. Auflage 2021.

Die in diesem Skript aufgeführten Arbeitsblätter und weitere dort genannte Medien finden Sie auf meiner Webseite unter Materialien → Materialien Mittelstufe LehrplanPLUS → 10. Klasse; zusätzlich habe ich die docx- und pdf-Dateien der Arbeitsblätter sowie die jpg-Dateien von Abbildungen in diesem Skript verlinkt.

Zeitplan für den gesamten Lernbereich in der Übersicht

Der LehrplanPLUS sieht für den Lernbereich 3 „Stoff- und Energieumwandlung im Menschen“ ca. 33 Unterrichtsstunden vor. Die folgende Tabelle zeigt einen Vorschlag für den zeitlichen Umfang der vier Hauptabschnitte. Vorschläge für die zeitliche Feingliederung finden Sie jeweils bei den einzelnen Abschnitten.

Nummer	Hauptabschnitte	Stunden
0	Wiederholung von Grundwissen	–
2.1	Biomoleküle als Energieträger und Baustoffe	6
2.2	Verdauung	14 *
2.3	Gasaustausch und Atemgas-Transport im Blutkreislauf	11
2.4	Energie-Bereitstellung durch Stoffwechselwege	2
	Summe	33

* Der Abschnitt „Verdauung“ ist deshalb mit so vielen Unterrichtsstunden angesetzt, weil darin ein umfangreiches Enzym-Praktikum berücksichtigt ist, mit dem die prozessbezogenen Kompetenzen Erkenntnisgewinnung und Kommunikation vertieft eingeübt werden.

0 Wiederholung von Grundwissen

Zur Wiederholung von Grundwissen kann zunächst das **Arbeitsblatt** „Aufgaben 2: Stoffwechsel Mensch“ verwendet werden. An welcher Stelle die jeweiligen Aufgaben dieses Arbeitsblatts eingesetzt werden könnten, ist bei jedem Abschnitt angegeben. Weitere Aufgaben befinden sich zum Teil auf den Arbeitsblättern zu speziellen Themen.

2 Stoff- und Energie-Umwandlung beim Menschen (33 h)

Dieser Lernbereich baut auf Vorwissen aus dem Biologie-Unterricht in der Unter- und Mittelstufe auf:

- 5. Klasse: Stoff- und Energie-Umwandlung beim Menschen
- 9. Klasse: Mikroorganismen in der Biotechnologie (Zellatmung, Gärung)

In NTG-Klassen kann auf Vorwissen aus der 9. Klasse zur organischen Chemie zurück gegriffen werden (Kohlenwasserstoffe, funktionelle Gruppen). Nicht-NTG-Klassen eignen sich im Chemie-Unterricht dieses Wissen erst später im Lauf der 10. Klasse an, verfügen jetzt also noch nicht darüber.

2.1. Biomoleküle als Energieträger und Baustoffe (6 h)

Zeitplan für Abschnitt 2.1:

Nummer	Abschnitte	Stunden
2.1.1	Stoff und Energie-Austausch	1
2.1.2	Kohlenhydrate (incl. Experimente)	1,5
2.1.3	Fette	1
2.1.4	Proteine	1
2.1.5	Mikronährstoffe	0,5
2.1.6	Ausgewogene Ernährung	1
	Summe	6

Der Abschnitt 2.1 sollte zügig behandelt werden, damit im Abschnitt „Verdauung“ beim Thema Enzyme (Abschnitt 2.2) genügend Zeit für die theoretische und praktische Schulung prozessbezogener Kompetenzen bleibt.

2.1.1 Stoff- und Energieaustausch (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Mensch als offenes System, Makronährstoffe als Energieträger (z. B. für Bewegung, Regulation der Körpertemperatur), Umbau von Makronährstoffen zu körpereigenen Baustoffen für Wachstum und Regeneration	beschreiben den Menschen als offenes System, der für die Aufrechterhaltung seines Stoffwechsels und damit für sein Überleben Energieträger und Baustoffe zu sich nehmen muss.
<p>Vorwissen: Jgst. 5 Biologie, Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung) Jgst. 9 Biologie, Lernbereich 3.1: Speicherung und Realisierung genetischer Information (Proteine) Jgst. 8 Chemie nur im NTG: offene, geschloss., isolierte Systeme</p>	<p>Weiterverwendung: Jgst. 10 Chemie: später im Jahr Chemie der Makronährstoffe bei verschiedenen Lernbereichen Oberstufe: Stoffwechsel</p>

Ich stelle innerhalb dieses Abschnitts gegenüber dem LehrplanPLUS die Reihenfolge um, weil die Betrachtung des Menschen als offenes System die Zusammenführung aus den beiden anderen Unterabschnitten darstellt.

Wenn in der 5. Klasse andere Begriffe für Makro- und Mikro-Nährstoffe verwendet worden sind, müssen sie an dieser Stelle eingeführt werden:

- Makro-Nährstoffe werden mit der Nahrung in großen Mengen aufgenommen: Kohlenhydrate, Fette, Proteine.

- Mikro-Nährstoffe bilden nur einen sehr kleinen Anteil der Nahrung: Mineralsalze, Vitamine.

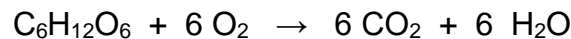
Wortherleitung: *makros*, altgr.: groß; *mikros*, altgr.: klein, eng

2.1.1.1 Makronährstoffe als Energieträger

Ich empfehle (ab der 5. Klasse) den Begriff „Zell-Energie“ für die Energieform, die durch die Zellatmung (und Gärung) bereit gestellt wird, denn sie tritt ausschließlich in Zellen auf und spielt dort die bei Weitem dominierende Rolle. „Zell-Energie“ umschreibt das ATP-ADP-System, das später in diesem Schuljahr besprochen wird. Auch wenn dieser Begriff kein offizieller Fachbegriff der Wissenschaft ist, so ist er als didaktische Einhilfe sehr wertvoll. Er ist nicht „falsch“, lediglich ein zusätzlicher Begriff, der umständliche Umschreibungen vermeidet.

Zunächst sollte die Zellatmung wiederholt werden (Energie- und Stoffumwandlung getrennt). Aufgabe 1.1 und 1.2 im **Aufgabenblatt** 2 Stoffwechsel Mensch: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

chemische Energie (in der Glucose) wird umgewandelt in Zell-Energie



Dann sollten zwei Fragestellungen kurz beantwortet werden:

- Bei welchen Gelegenheiten setzt der menschliche Körper Energie ein?
- Woher stammt diese Energie ursprünglich?

Die erste Frage kann als vorbereitende Hausaufgabe beantwortet werden. Anschließend werden im Plenum die Ergebnisse zusammen getragen.

Aufgabe 1.2 im Aufgabenblatt 2 „Stoffwechsel Mensch“.

Der Körper verwendet die Zell-Energie (u. a.) für folgende Vorgänge:

- Aufrechterhaltung der Körpertemperatur
- Muskel-Bewegung
- Synthese körpereigener Stoffe wie z. B. Proteine, DNA, mRNA, Hormone
- Informations-Prozesse in Sinnes- und Nervenzellen (Von der gesamten Zell-Energie, die im menschlichen Körper bereit gestellt wird, benötigt allein das große menschliche Gehirn zwischen 20 % – im Ruhezustand – und 40 % – bei hoher geistiger Anstrengung.)

Die zweite Frage wird anhand des Grundwissens aus der 5. (und 9.) Klasse beantwortet:

Die Energie stammt aus der Nahrung. Die wesentlichen Energieträger dabei sind Kohlenhydrate wie Stärke und Zucker sowie Fette.

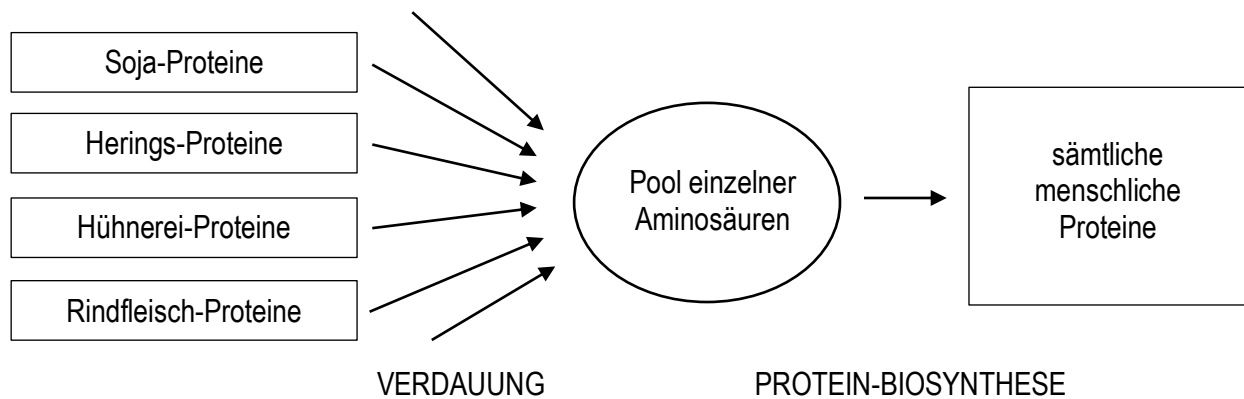
2.1.1.2 Makronährstoffe als Baustoffe

Den weitaus größten Anteil der Baustoffe in der Nahrung bilden die Proteine. Sie werden bei der Verdauung in ihre Einzel-Bausteine, die Aminosäuren, zerlegt, von denen in Proteinen 20 unterschiedliche Typen vorkommen. (Die Formulierung: „Proteine bestehen aus 20 verschiedenen Aminosäuren“ führt zu der Fehlvorstellung, dann alle Proteine 20 Aminosäuren lang wären.) In den Zellen werden diese Aminosäuren in anderer Reihenfolge zusammengefügt, so dass Menschen-Proteine entstehen (Rückgriff auf die Protein-Biosynthese, 9. Klasse).

Dazu passt die Formulierung: „Aus Alt mach Neu!“; vom menschlichen Standpunkt aus kann man dies als *Upcycling* betrachten.

Ggf. Wiederholung der Proteinbiosynthese: Aufgabe 2 im **Aufgabenblatt 2** Stoffwechsel Mensch: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#); Link zur Abbildung dafür: [\[jpg\]](#)

Visualisierung:



Neu gebaute Proteine werden benötigt, weil ...

- auch körpereigene Protein-Moleküle nach einer gewissen Zeit wieder abgebaut werden und ersetzt werden müssen (Regeneration).
- die meisten Zellen, aus denen der Körper besteht, absterben und ersetzt werden müssen (Regeneration).
- für das Wachstum von Organen die Anzahl an Zellen vermehrt werden muss.

Hinweis: An dieser Stelle ist es sehr förderlich, wenn die drei Betrachtungsebenen der Biologie visualisiert und ihnen diese drei Aussagen zugeordnet werden:

makroskopisch	mikroskopisch	submikroskopisch
Organe	Zellen	Protein-Moleküle

Link zu den Symbolen der 3 Betrachtungsebenen: [\[pdf\]](#)

Drei Prinzipien sollten hier deutlich werden:

- Statt Aminosäuren selbst aufwendig herzustellen, werden sie mit der Nahrung aufgenommen.
- In der Regel werden komplette Fremdproteine mit der Nahrung aufgenommen, die im Verdauungstrakt in die einzelnen Aminosäuren zerlegt werden.
- Diese Aminosäuren werden in die Zellen transportiert und dienen dort als Bausteine zum Aufbau körpereigener Proteine (Zusammenbau in menschentypischer Reihenfolge gemäß der menschlichen Erbinformation bei der Translation an den Ribosomen).

Dies entspricht einer raschen Wiederholung des Grundwissens aus der 5. Klasse. Weitere Details sollten erst in den nachfolgenden Abschnitten behandelt werden. Hier geht es erst mal nur um das Grundprinzip der Biosynthese körpereigener Proteine aus Aminosäuren, die durch Zerlegung von Nahrungs-Proteinen bereit gestellt werden.

2.1.1.3 Der Mensch als offenes System

Die Betrachtung des Menschen als offenes System ist gegenüber den früheren Biologie-Lehrplänen neu. Die drei System-Typen stehen nur im NTG im Chemie-Lehrplan der 8. Klasse. NTG-Klassen wiederholen hier kurz, Nicht-NTG-Klassen lernen die Systemtypen neu kennen.

Ein System ist ein willkürlich umgrenztes Objekt (z. B. eine Glucose-Lösung in einer Thermoskanne, gekochte Erbsen in einer Konservendose, eine Leberzelle, ein Herz, ein Elefant, ein Mooregebiet, die Erde). Alles außerhalb des Systems ist die Umgebung.

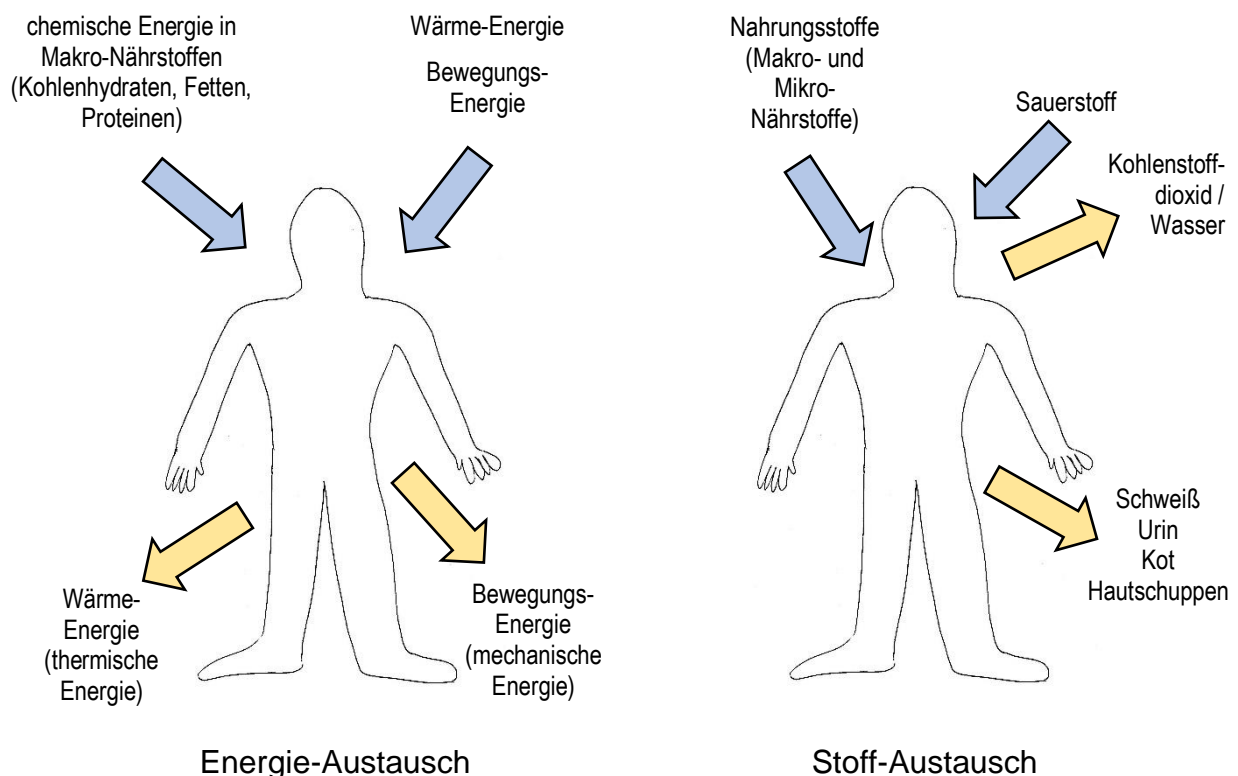
Der Vergleich macht verständlich, was unter einem offenen System zu verstehen ist:

- Offenes System: Es tauscht mit seiner Umgebung sowohl Energie als auch Stoffe aus.
- Geschlossenes System: Es tauscht mit seiner Umgebung nur Energie, nicht aber Stoffe aus.
- Isoliertes System: Es tauscht mit seiner Umgebung weder Energie noch Stoffe aus.

Austausch-Vorgänge beim Menschen:

Alle hier genannten Fakten sind Vorwissen aus der 5. Klasse bzw. den voran gehenden beiden Unterabschnitten und können als vorbereitende Hausaufgabe wiederholt werden, deren Ergebnisse anschließend im Plenum zusammen geführt werden. Die dabei auftretenden systemischen Zusammenhänge werden von Schülern in der 10. Klasse wesentlich besser erfasst als in der 5. Klasse; die Bezüge zu einem offenen System sind neu.

Aufgabe 3 im **Aufgabenblatt** 2 Stoffwechsel Mensch: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)



Link zum Körperumriss: [\[jpg\]](#)

Der Mensch stellt ein offenes System dar, weil er mit der Umgebung sowohl Energie als auch Stoffe austauscht:

Alle Lebensvorgänge benötigen Energie, die vor allem aus der chemischen Energie der Makronährstoffe stammt, welche durch die Zellatmung der Zellen teilweise in Zell-Energie umgewandelt wird. Der weitaus größte Teil dieser Energie wird letztendlich in Wärme-Energie umgewandelt, die für eine Körpertemperatur von 37 °C sorgt bzw. an die Umgebung abgegeben wird. Andererseits stammt ein Teil der Wärme-Energie im Menschen aus der Umgebung (z. B. in geheizten Räumen). Ein Mensch, der im Auto fährt, nimmt dessen Bewegungs-Energie in sich auf. Umgekehrt kann er Bewegungs-Energie an die Umgebung abgeben, z. B. beim Fahrradfahren. (Im Bild nicht berücksichtigt ist die chemische Energie, die in den Stoffen steckt, die vom menschlichen Körper abgegeben werden.)

Über den Verdauungstrakt werden die Bestandteile der Nahrung, über die Lunge wird Sauerstoff aufgenommen. Über die Lunge werden Kohlenstoffdioxid und Wasser an die Umgebung abgegeben, über die Haut Schweiß (Wasser, Salze ...). Harn enthält neben Wasser auch Mineralsalze und Harnstoff, Kot enthält noch viel organisches Material, darunter auch Bakterien-Biomasse.

Fazit: Der Mensch kann die Lichtenergie der Sonne, die Hauptenergiequelle für das Leben auf der Erde, wie alle heterotrophen Lebewesen nicht direkt nutzen. Deshalb ist er darauf angewiesen, Nährstoffe aufzunehmen, um an Energieträger und Baustoffe zu kommen. Die Energie und die Stoffe gibt er in umgewandelter Form an die Umwelt ab.

2.1.2 Kohlenhydrate (1,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Kohlenhydrate: Einteilung in Monosaccharide (Glucose, Fructose), Disaccharide (Saccharose, Lactose) und Polysaccharide (Stärke, Glykogen), Bedeutung für die Speicherung und Freisetzung von Energie	vergleichen ausgewählte Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln anhand des molekularen Baus, um sie den Makronährstoffgruppen (Kohlenhydrate, Fette, Proteine) zuzuordnen. <i>leiten aus komplex strukturierten Alltags- und Naturphänomenen biologische Fragestellungen ab und planen hypothesengeleitet z. B. Beobachtungen und Experimente zu deren qualitativer und quantitativer Beantwortung. (Lernbereich 1)</i>
Vorwissen: Jgst. 5 Biologie , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung) Jgst. 9 Chemie <u>nur</u> im NTG: Kohlenwasserstoffe, funktionelle Gruppen	Weiterverwendung: Jgst. 10 Chemie: später im Jahr Chemie der Makronährstoffe bei verschiedenen Lernbereichen Oberstufe: Stoffwechsel

Allgemein gilt für die Abschnitte zu Makronährstoffen: Verzichten Sie weitgehend auf chemische Details. Diese Stoffe werden im Chemie-Unterricht aller gymnasialen Zweige im Chemie-Unterricht am Ende der 10. Klasse und weiter vertieft in der 11. Klasse ausführlich behandelt.

Vorwissen aus Chemie: Nur im NTG lernten die Schüler im Chemie-Unterricht bereits in der 9. Klasse die Kohlenwasserstoffe (gesättigt und ungesättigt) sowie deren Oxidationsprodukte kennen (einschließlich Hydroxy- und Carboxy-Gruppe). In allen anderen Zweigen des bayerischen Gymnasiums taucht dieser Lerninhalt erst im Verlauf der 10. Klasse auf. Zu dieser frühen Zeit im Schuljahr haben diese Schüler gerade erst die Kohlenwasserstoffe kennengelernt; sie kennen also noch keine funktionellen Gruppen und haben noch keine Übung im Umgang mit komplexeren organischen Formeln.

Im Biologie-Unterricht sollten deshalb vor allem graphische Symbole verwendet werden wie Fünf- oder Sechsecke (keine Kreise, denn die sollen nach der Empfehlung des ISB ausschließlich für die Darstellung von Atomen eingesetzt werden).

Aus Kugelstab-Modellen bzw. Strukturformeln können aber alle Schüler folgende Aussagen gewinnen:

- *Kohlenhydrate und Fette bestehen aus Kohlenstoff-, Wasserstoff- und Sauerstoff-Atomen.*
- *Monosaccharide besitzen Ringstrukturen aus 5 oder 6 Atomen.*

In NTG-Klassen kann die Beschreibung der Kohlenhydrate vertieft werden: Monosaccharide sind relativ kurzkettige Kohlenwasserstoffe, die eine Keto- bzw. Aldehyd-Gruppe besitzen und an jedem weiteren Kohlenstoffatom eine Hydroxy-Gruppe.

Der Begriff „Kohlenhydrate“ (nicht: „Kohlehydrate“, da Kurzform für „Kohlenstoff-Hydrate“!) beruht auf dem Irrtum, dass es sich dabei um Hydrate des Kohlenstoffs handeln würde, also einer Anlagerung von Wassermolekülen an Kohlenstoffatome, ähnlich wie sich Kristallwasser in Mineralsalzen anlagert.

2.1.2.1 Experimente

Kleine Experimente, die auf Vor- und Grundwissen basieren, können als motivierender Einstieg dienen oder zwischendrin den Unterricht auflockern. Ich würde an dieser Stelle auf Hydrolyse-Versuche verzichten, sie sollten erst im Abschnitt „Verdauung“ aufgegriffen werden.

Versuch: Stärke-Nachweis

Einige Lebensmittel (z. B. Reis, Nudeln, Weißbrot, Apfelscheiben, Zitronenlimonade, Haushaltszucker) werden mit Iod-Kaliumiodid-Lösung versetzt. Bei der Auswertung ist auf strikte Trennung zwischen Beobachtung („wird tiefblau, wird gelblich“) und Erklärung („enthält viel Stärke, enthält keine Stärke“) zu achten.

Hinweis: In der Schule halte ich die Kurzform „Iod-Lösung“ für sinnvoller, denn die Schüler wissen nicht, welche Rolle das Kaliumiodid spielt, und das ist auch nicht Lerninhalt (nur für die Lehrkraft: Die Iodid-Ionen lagern sich an Iod-Moleküle an, so dass Polyiodid-Ionen wie I_3^- oder I_5^- entstehen, die die Löslichkeit des unpolaren Iod beträchtlich erhöhen und im Inneren der Helix von Amylose-Molekülen mit positiven Partialladungen des Polysaccharids wechselwirken, wodurch eine Farbänderung eintritt).

ALP Blatt 04_V20: Stärkenachweis

ALP Blatt 07_5_V04: Stärkenachweis im Pausenkorb

Versuch: Glucose-Nachweis

Einige Lebensmittel (z. B. Zitronenlimonade, in Wasser aufgeschlammtes Fruchtfleisch von Weintrauben bzw. Traubensaft, Apfelschorle, Mineralwasser, wässrige Lösung von Dextro Energy Liquid Gel™) werden mit GOD-Teststreifen untersucht.

ALP Blatt 04_V19: GOD-Teststäbchen

2.1.2.2 Einteilung

Es kann kurz wiederholt werden, dass bei der Verdauung Stärke-Moleküle in ihre Bausteine zerlegt werden, so dass am Ende nur noch Glucose-Moleküle vorliegen. Anschließend werden die bekannten Kohlenhydrate durch weitere ergänzt. Die Schüler können anhand einer Darstellung der unterschiedlichen Kohlenhydrate selbst deren Kategorisierung erarbeiten.

Visualisierung mit graphischen Symbolen, z. B. **Arbeitsblatt** „Kohlenhydrate“: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)
Abbildungen: Amylose-Helix [\[jpg\]](#), Glycogen [\[jpg\]](#)

Wortherkunft für die neuen Fachbegriffe: *sakchar*, altgr.: Zucker; *monos*, altgr.: allein; *di-* (als Präfix), altgr.: zwei; *polys*, altgr.: viel.
Das Suffix -ose bezeichnet in der Chemie ein Kohlenhydrat.

Monosaccharide	Disaccharide	Polysaccharide
die Glucose = der Traubenzucker (Sechsering; z. B. in Weintrauben; in Honig; Blutzucker)	die Saccharose = der Rohr- / Rübenzucker (aus je einem Molekül Glucose und Fructose; z. B. in Zuckerrohr, Zuckerrübe)	die Stärke (Kette aus 300 bis 6000 Glucose-Molekülen, die eine Helix bildet; Speicherstoff bei Pflanzen) <i>Hinweis: Auf die Unterscheidung von Amylose und Amylopektin würde ich an dieser Stelle verzichten.</i>
die Fructose = der Fruchtzucker (meist Fünfering; z. B. in Honig; in geringen Mengen in Äpfeln, Birnen)	die Maltose = der Malzzucker (aus zwei Molekülen Glucose; Abbauprodukt der Stärke)	
die Ribose (Fünfering; z. B. in Johannisbeeren, Gattung <i>Ribes</i> ; Baustein der RNA)	die Laktose = der Milchzucker (aus je einem Molekül Glucose und Galaktose; z. B. in Milch)	das Glykogen = „tierische Stärke“ (verzweigtes Molekül aus bis zu 50.000 Glucose-Molekülen; Speicherstoff bei Tieren)
die Galaktose (Sechsering; Baustein in Lactose)		

2.1.2.3 Bedeutung

Bedeutung der Kohlenhydrate:

Kohlenhydrate speichern chemische Energie: Sie sind Energiespeicherstoffe. Di- und Polysaccharide müssen in der Verdauung erst zu Monosacchariden abgebaut werden, die im Blutstrom zu den einzelnen Zellen des Körpers transportiert werden, in denen sie bei der Zellatmung unter Verbrauch von Sauerstoff zu Kohlenstoffdioxid und Wasser umgewandelt werden, wobei die chemische Energie der Monosaccharide teilweise in Zell-Energie umgewandelt wird.

Ein Enzym, das den Abbau von Stärke katalysiert, heißt: die Amylase (*amylon*, altgr.: Stärke). Das Suffix -ase bezeichnet in der Biochemie ein Enzym.

Unter natürlichen Bedingungen ist eine ausreichende Versorgung mit Nahrung nicht immer gewährleistet. Deshalb werden momentan nicht benötigte Kohlenhydrate in Form von Glycogen in Leber und Muskeln gespeichert. Bei Bedarf wird aus Glycogen Glucose wieder freigesetzt.

Ein kleiner Teil der Kohlenhydrate dient auch als Baustoff, z. B. sind an viele Proteine, die sich in der Zellmembran befinden, Zuckermoleküle angeheftet. Viele dieser Protein-Zucker-Moleküle werden vom Immunsystem als Antigene identifiziert (Rückgriff auf die 9. Klasse).

2.1.3 Fette (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Fette: molekularer Bau, Bedeutung für die Speicherung und Freisetzung von Energie, Einteilung der Fette nach ihrem Anteil an gesättigten und ungesättigten Fettsäureresten, Bedeutung für eine gesunde Ernährung (z. B. essenzielle Fettsäuren) (ggf.) Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung: u. a. Ernährung (Lernbereich 1)	vergleichen ausgewählte Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln anhand des molekularen Baus, um sie den Makronährstoffgruppen (Kohlenhydrate, Fette, Proteine) zuzuordnen. <i>leiten aus komplex strukturierten Alltags- und Naturphänomenen biologische Fragestellungen ab und planen hypothesengeleitet z. B. Beobachtungen und Experimente zu deren qualitativer und quantitativer Beantwortung. (Lernbereich 1)</i>
Vorwissen: Jgst. 5 Biologie , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung) Jgst. 9 Chemie <u>nur im NTG</u> : Kohlenwasserstoffe, funktionelle Gruppen	Weiterverwendung: Jgst. 10 Chemie : später im Jahr Chemie der Makronährstoffe bei verschiedenen Lernbereichen Oberstufe : Stoffwechsel

Hinweis: Wie zu Beginn des Abschnitts 2.1.2 ausgeführt, ist zu berücksichtigen, dass Nicht-NTG-Schüler sehr wenig Vorwissen in organischer Chemie mitbringen.

2.1.3.1 Nachweis

Auch hier wirkt ein kleiner Versuch motivierend, der sich auch als praktische Hausaufgabe anbietet (Hydrolyse-Versuche sollten dem Abschnitt „Verdauung“ vorbehalten bleiben):

Versuch: Fettfleck-Probe

Verschiedene Lebensmittel (z. B. Wurst, Käse, Walnuss, Brot, Haferflocken) werden auf Kopierpapier (nicht Butterbrotpapier oder Backpapier!) zerdrückt oder mit dem Pistill zerrieben bzw. es wird ein Tropfen Speiseöl und zum Vergleich ein Tropfen Wasser darauf gegeben. Unmittelbar nach dem Auftrag ist sowohl bei Öl als auch bei Wasser ein Fleck zu sehen, beim Trocknen verschwindet nur der Wasserfleck, der Fettfleck bleibt bestehen. Ebenso bleibt nach der Trocknung bei fetthaltigen Lebensmitteln ein Fleck bestehen.

ALP Blatt 04_V21: Fettfleckprobe

Aufgabe 4 im **Aufgabenblatt** 2 Stoffwechsel Mensch: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

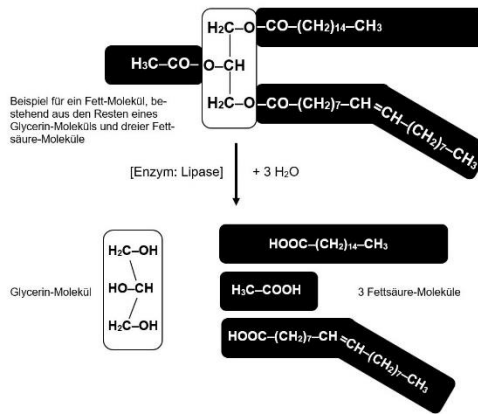
2.1.3.2 Bau

Folgende Bau-Eigenschaften von Fetten bzw. Fettsäuren können anhand einer entsprechenden Abbildung von den Schülern selbst erarbeitet werden:

- Fettsäuren sind unterschiedlich lang
- Fettsäuren sind gerade oder geknickt (ggf. auch: mehrfach geknickt)
- Ein Fett-Molekül besteht aus drei Fettsäure-Molekülen, die an ein Glycerin-Molekül gebunden sind.

Arbeitsblatt „Fette“: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

daraus die folgende Abbildung: Hydrolyse eines Fett-Moleküls [\[jpg\]](#)



In NTG-Klassen kann die Beschreibung der Fette vertieft werden: Eine Fettsäure besteht aus einem Alkylrest und einer endständigen Carboxy-Gruppe. Glycerin ist ein dreifacher Alkohol (Propan-1,2,3-triol). (*Die Bildung bzw. Hydrolyse von Estern wird im NTG erst im zweiten Halbjahr der 10. Klasse behandelt.*)

Ein Enzym, das den Abbau von Fetten katalysiert, heißt: die Lipase (*lipos*, altgr.: Fett).

2.1.3.3 Bedeutung im Energiehaushalt

Als Energiequelle für die unterschiedlichen Lebensvorgänge dienen im Wesentlichen Kohlenhydrate und Fette. 1 Gramm Fett enthält etwa doppelt so viel chemische Energie wie 1 Gramm Kohlenhydrate (Proteine sind zwar etwa so energiereich wie Kohlenhydrate, werden aber nur ausnahmsweise zur Energiebereitstellung verwendet; immerhin besteht bei ihnen das Problem, den in Aminosäuren enthaltenen Stickstoff zu entsorgen. Dieser Aspekt sollte aber erst bei den Proteinen angesprochen werden.)

Beim Abbau von 1 g Fett in der Zellatmung werden ungefähr 37 kJ freigesetzt, bei 1 g Kohlenhydraten (bzw. Proteinen) sind es ungefähr 17 kJ.

Unter natürlichen Bedingungen ist eine ausreichende Versorgung mit Nahrung nicht immer garantiert. Deshalb wird momentan nicht benötigtes Fett in Depots in Leber, Muskel, Unterhautfettgewebe oder zwischen den Darmschlingen langfristig gespeichert. Sind die Glycogenspeicher in Leber und Muskel gefüllt, werden Kohlenhydrate in Fett umgewandelt und gespeichert.

2.1.3.4 Einteilung und Bedeutung für die Ernährung

Fett-Moleküle unterscheiden sich durch die Art der in ihnen enthaltenen Fettsäure-Reste. Je mehr Doppelbindungen in ihnen enthalten sind, desto niedriger liegt die Schmelztemperatur des Fetts¹⁾. Bei festen Fetten wie Palmfett enthalten die Fettsäure-Reste keine oder nur wenige Doppelbindungen; bei Ölen wie Sonnenblumen- oder Olivenöl enthalten sie viele Doppelbindungen.

Fettsäure-Reste ohne Doppelbindungen heißen „gesättigt“, Fettsäure-Reste mit Doppelbindungen heißen „ungesättigt“. *NTG-Klassen sollten das aus der 9. Klasse Chemie schon wissen, Nicht-NTG-Klassen lernen dies erst am Anfang der 10. Klasse kennen (ggf. Absprache mit der Chemie-Lehrkraft).*

¹⁾ Der Begriff „Schmelzpunkt“ wäre hier falsch, denn Fette sind keine Reinstoffe und besitzen deshalb nur einen Schmelzbereich, keinen festen Schmelzpunkt. Achten Sie bei der Formulierung auch auf strikte Trennung der chemischen Betrachtungsebenen: Doppelbindungen gehören zur Teilchenebene, Schmelztemperaturen zur Stoffebene.

Ein kleiner Teil der Fette dient als Baustoff, z. B. als Ausgangsmaterial zur Herstellung von Membran-Lipiden (fettähnliche Moleküle in den Zellmembranen). Dafür werden einige Fettsäuren benötigt, die der menschliche Körper nicht selbst herstellen kann und deshalb mit der Nahrung aufnehmen muss; man nennt sie „essentielle Fettsäuren“²⁾. Sie besitzen mehrere Doppelbindungen (sie sind mehrfach ungesättigt). Zu den essentiellen Fettsäuren gehören u. a. die sogenannten Omega-3-Fettsäuren, bei denen die drittletzte C-C-Bindung eine Doppelbindung ist (mit Omega, dem letzten Buchstaben im griechischen Alphabet, wird das letzte Kohlenstoff-Atom einer Fettsäure bezeichnet; 3 bezeichnet die Entfernung der C-C-Bindung vom letzten Kohlenstoff-Atom).

²⁾ Zulässig sind die Schreibweisen „essentiell“ und „essenziell“ (letztere, weil es Wörter wie „Essenz“ gibt)

2.1.4 Proteine (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Proteine: Aufbau aus Aminosäuren, molekularer Bau von Aminosäuren (Aminogruppe, Carboxygruppe, verschiedene Reste), Funktion u. a. als Baustoffe (ggf.) Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung: u. a. Ernährung (Lernbereich 1)	vergleichen ausgewählte Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln anhand des molekularen Baus, um sie den Makronährstoffgruppen (Kohlenhydrate, Fette, Proteine) zuzuordnen.
Vorwissen: Jgst. 5 Biologie , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung) Jgst. 9 Biologie , Lernbereich 3.1: Speicherung und Realisierung genetischer Information (Proteine)	Weiterverwendung: Jgst. 10 Chemie: später im Jahr Chemie der Makronährstoffe bei verschiedenen Lernbereichen Oberstufe: Stoffwechsel

Aus Zeitgründen würde ich hier auf Experimente verzichten. Protein-Nachweise sind zudem bei weitem nicht so anschaulich wie Nachweise auf Stärke, Glucose oder Fette.

Wenn in der 9. Klasse (v. a. bei der Proteinbiosynthese) Bau und Funktion von Proteinen bereits vertieft behandelt worden sind, genügt hier eine kurze Wiederholung. Ansonsten muss an dieser Stelle etwas mehr Zeit eingeplant werden.

Weil der Aufbau von Proteinen besser verstanden wird, wenn der Bau der Aminosäuren bekannt ist, drehe ich die Reihenfolge gegenüber dem LehrplanPLUS um.

2.1.4.1 Bau von Aminosäuren

Arbeitsblatt „Proteine“: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Abbildungen: Aminosäure-Kette [\[jpg\]](#), Aminosäure-Modelle [\[jpg\]](#)

(Wiederholung der Proteinbiosynthese; Modellbetrachtung zum Bau von Aminosäuren)

wesentliche Lerninhalte aus dem Arbeitsblatt:

- Proteine sind aus 20 unterschiedlichen Typen von Aminosäuren aufgebaut¹⁾.
- Alle diese Aminosäuren besitzen den selben „Kopf“, aber unterschiedliche Aminosäure-Reste.
- Die Köpfe sind so gestaltet, dass sie zu einer unverzweigten (linearen) Kette verbunden werden können. (Das geschieht bei der Protein-Biosynthese in den Ribosomen).
- Bei der Proteinsynthese werden die Carboxy-Gruppe²⁾ der einen und die Amino-Gruppe³⁾ der benachbarten Aminosäure miteinander verbunden.

- Die Aminosäure-Reste unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Größe und ihrer Ladung (z. T. ganze, z. T. Partialladungen⁴⁾, z. T. unpolar).
- 8 der 20 Aminosäuretypen kann der menschliche Körper nicht einmal selbst herstellen (Information für die Lehrkraft: die essentiellen Aminosäuren Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin). Andere stellt er durch Umbau, nicht durch Neubau her.

¹⁾ *Es gibt erheblich mehr Aminosäure-Typen, aber die kommen nicht in Proteinen vor, abgesehen von wenigen Typen, die im Protein durch nachträgliche chemische Veränderung entstanden sind. Im genetischen Code sind genau 20 Aminosäuren berücksichtigt.*

²⁾ *Die Carboxy-Gruppe ist bis dato nur den NTG-Schülern aus dem Chemie-Unterricht der 9. Klasse bekannt. Bei Nicht-NTG-Schülern muss sie an dieser Stelle von der Biologie-Lehrkraft neu eingeführt werden, weil dies der LehrplanPLUS an dieser Stelle vorschreibt.*

³⁾ *Die Amino-Gruppe ist bis dato weder den Nicht-NTG- noch den NTG-Schülern aus dem Chemie-Unterricht bekannt. Sie muss an dieser Stelle von der Biologie-Lehrkraft neu eingeführt werden, weil dies der LehrplanPLUS an dieser Stelle vorschreibt.*

⁴⁾ *Partialladungen sind bis dato nur den NTG-Schülern bekannt; bei Nicht-NTG-Schülern lässt man sie weg.*

Darstellung der Aminosäure-Reste durch graphische Symbole, keine Betrachtung der Strukturformeln. Die Namen und Abkürzungen der Aminosäuren stellen ebenfalls keinen Lerninhalt in Biologie dar.

2.1.4.2 Aufbau der Proteine

Der LehrplanPLUS verlangt an dieser Stelle keine Details beim Bau von Proteinen. Verzichten Sie deshalb auf jeden Fall auf Begriffe wie Primär-, Sekundär-, Tertiär-, Quartärstruktur, alpha-Helix, beta-Faltblatt, die Unterscheidung von Proteinen und Proteiden sowie die Stabilisierung der Sekundär- und Tertiärstruktur über Wasserstoffbrücken oder hydrophobe Bindung!

wesentliche Lerninhalte:

- Proteine sind aus Aminosäuren aufgebaut; dies zeigt sich beim Abbau der Proteine in der Verdauung. Ein Enzym, das diesen Abbau katalysiert, heißt: die Protease.
- Proteine bestehen aus einer linearen (also unverzweigten) Kette aus Aminosäuren. Die Abfolge der Aminosäuren heißt Aminosäure-Sequenz.
- Die Reihenfolge der Aminosäuren in der Aminosäure-Kette eines Proteins wird durch die Erbinformation festgelegt (Wiederholung aus der 9. Klasse).
- Aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften ziehen sich die Aminosäure-Rest an oder stoßen sich ab. Die Wechselwirkungen der Aminosäure-Reste verursachen in genau definierter Weise eine komplexe Verbiegung der Aminosäure-Kette zu einem Knäuel, die sogenannte Faltung.
- Die sehr differenzierte dreidimensionale Struktur der Protein-Oberfläche (sowie die Verteilung der Ladungen, Partialladungen bzw. unpolaren Bereiche) bestimmt die speziellen Eigenschaften jedes Proteins.

An dieser Stelle sollten Bilder von differenziert dargestellten Protein-Oberflächen projiziert werden (Kalottenmodelle).

2.1.4.3 Funktion

Im menschlichen Körper kommen knapp 24.000 verschiedene Protein-Typen vor. Eine durchschnittliche Körperzelle enthält etwa 42 Millionen Protein-Moleküle. Dies beweist ihre überragende Bedeutung.

Beispiele für die sehr breit gestreuten Aufgaben von Proteinen:

- Strukturen aufbauen: z. B. Keratin (= Hornstoff) in Haaren, Fingernägeln usw., Knorpel
- Bewegung hervorrufen: z. B. Muskelproteine wie Actin und Myosin
- Information weitergeben: z. B. Proteohormone wie Insulin (Rückgriff auf die 9. Klasse)
- unterschiedlichste chemische Reaktionen katalysieren: Enzyme für den Stoffabbau wie z. B. Amylase oder Lipase, Enzyme für den Stoffaufbau und -umbau
- Moleküle erkennen: z. B. Rezeptor-Proteine in der Zellmembran bei Synapsen (vgl. 8. Klasse Biologie) bzw. im Zusammenhang mit dem Immunsystem (vgl. 10. Klasse Biologie)
- Krankheitserreger bekämpfen: Antikörper
- Stofftransport kontrollieren: z. B. Membranproteine in der Zellmembran, die nur bestimmte Stoffe in die Zelle eintreten oder aus ihr austreten lassen (Das ist neu für die Schüler.)

2.1.5 Mikronährstoffe (0,5 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Mikronährstoffe: Bedeutung von Vitaminen und Mineralsalzen an je einem Beispiel	–
Vorwissen: Jgst. 5 Biologie , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung)	Weiterverwendung: –

Auch wenn es reizvoll erscheint, mehr zu berücksichtigen, ist die Formulierung im Lehrplan-PLUS hier wörtlich umzusetzen: keine Übersicht über Vitamine und Mineralsalze, sondern wirklich nur je ein Beispiel! Hier wenig Zeit investieren! Weitere Mikronährstoffe ggf. gezielt im nächsten Teilabschnitt aufgreifen.

2.1.5.1 Vitamine

Beispiel Vitamin C:

- Schilderung der Krankheitssymptome von Skorbut z. B. bei der Segelschiffahrt: Kraftlosigkeit, Anschwellen der Beine, Muskelschwund, faulendes Zahnfleisch, Verlust von Zähnen, Tod (ggf. Bericht von Jacques Cartier, 1542)
- Schilderung der Heilung und Vorbeugung nach Übernahme von Zwiebeln von einem anderen Schiff oder Auswertung von Materialien (z. B. Listen von Lebensmitteln sowie Anteil der an Skorbut Erkrankten auf den Schiffen)

Vitamine sind organische Wirkstoffe, die der Körper in kleinen Mengen benötigt, aber nicht selbst herstellen kann, so dass sie mit der Nahrung aufgenommen werden müssen.

2.1.5.2 Mineralsalze

Beispiel Iodid:

- Schilderung der Krankheitssymptome von Kropf: Vergrößerung der Schilddrüse (eine Vergrößerung der Anzahl der Drüsenzellen baut einen größeren Anteil der spärlich vorhandenen Iodids in das Schilddrüsenhormon Thyroxin ein); bei dauerhafter Unterversorgung mit Iodid kommt es zu Entwicklungsstörungen bei Knochen, Muskeln und im Gehirn (Kretinismus)
- auffallende Verteilung im 18. Jahrhundert: häufig in Süddeutschland und Österreich, praktisch unbekannt in Norddeutschland; Grund: Meerwasser enthält Iodid-Ionen, Süßwasser so gut wie nicht; mit dem Fisch aus dem Meer wird Iodid in genügender Menge aufgenommen.

Hinweis: Landläufig wird gerne von „Iod-Mangel“ gesprochen. Im Unterricht sollte aber korrekt von Iodid-Mangel gesprochen werden, denn in der Nahrung befinden sich Salze des Iod (Iodide), nicht das Element selbst. (Auch die Nicht-NTG-Schüler kennen ionische Verbindungen bereits aus dem Chemie-Unterricht aus der 9. Klasse.)

Mineralsalze sind ionisch aufgebaute anorganische Stoffe, die in kleinen Mengen mit der Nahrung aufgenommen werden müssen. Bestandteile der Mineralsalze werden in organische Stoffe eingebaut oder sind als freie Ionen wirksam.

2.1.6 Ausgewogene Ernährung (1 h)

Inhalte zu den Kompetenzen	Kompetenzerwartungen: Die Sch. ...
Zusammensetzung der Nahrung bei einer ausgewogenen Ernährung, essenzielle Nahrungsbestandteile (ggf.) Gesundheitsbewusstsein und Verantwortung: u. a. Ernährung (Lernbereich 1)	leiten aus der Bedeutung von Makronährstoffen und Mikronährstoffen (Vitamine und Mineralsalze) für den Körper und der Zusammensetzung von Nahrungsmitteln ein den Lebensumständen angepasstes, ausgewogenes Ernährungskonzept ab.
Vorwissen: Jgst. 5 Biologie , Lernbereich 2.3.3: Stoff- und Energieumwandlung (Bestandteile der Nahrung)	Weiterverwendung: –

An dieser Stelle sollten die Schüler anhand ihres Vorwissens aus dem Unterricht oder dem Alltag Regeln für eine ausgewogene Ernährung selbst zusammenstellen und präsentieren. Ich halte es für wenig sinnvoll, ihnen stattdessen die neuesten Modetrends der Ökotrophologie vorzusetzen, die in ein paar Jahren ohnehin durch andere ersetzt werden. Vielmehr sollte dieser Teilabschnitt dem Einüben prozessbezogener Kompetenzen dienen: kommunizieren, v. a. aber bewerten.

Dieses Informationsblatt nennt Daten und Tipps zur Ernährung: [\[word\]](#) [\[pdf\]](#)

Im Folgenden werden einige Hinweise gegeben, die sich aus den vorangegangenen Teilabschnitten ergeben. Dies sind aber nur Anregungen, die keinerlei Vollständigkeit beanspruchen. Es ist ohnehin sinnvoller, die Schwerpunkte in diesem Teilabschnitt von den Schülern selbst bestimmen zu lassen. Es kommt nicht auf eine halbwegs vollständige Ernährungsberatung an, sondern dass die Schüler eigenverantwortlich bewerten und letztlich handeln.

zu viel Kohlenhydrate und Fette vermeiden

Überschüssige Kohlenhydrate werden in Form von Glykogen in Leber und Muskeln gespeichert, können aber auch in Fett umgewandelt werden, das dann im Fettgewebe der Unterhaut,

zwischen den Darmschlingen, in der Leber oder in Muskeln gespeichert wird. Man sollte nicht mehr essen, als zur laufenden Energieversorgung benötigt wird.

versteckter Zucker

Vielen Lebensmitteln sieht man ihren teilweise sehr hohen Zuckergehalt nicht an z. B. Ketchup, Senf, Müsli, Jogurt drinks, Speiseeis, Pizza. Die Schüler recherchieren den Zuckergehalt auf Lebensmittelpackungen und identifizieren Umschreibungen für den Begriff „Zucker“ wie z. B. Sirup, Maltodextrin, Fruchtsüße, Laktose usw.

wertvolle Fettbestandteile aufnehmen (vgl. 2.1.3.4)

Pflanzliche Öle enthalten einen großen Anteil an essentiellen Fettsäuren wie z. B. die Linolensäure (eine Omega-3-Fettsäure) oder die Linolsäure (eine Omega-6-Fettsäure). Die Schüler recherchieren den Gehalt an diesen Säuren in unterschiedlichen Ölen (z. B. Raps-, Oliven, Sonnenblumen- oder Leinöl), stellen die Ergebnisse graphisch dar und bewerten sie in Hinsicht auf gesunde Ernährung.

Konsum von Fleisch und Fleischprodukten reduzieren

In unserer Gesellschaft wird erheblich zu viel Fleisch konsumiert. Laut Bundesministerium für Landwirtschaft und Forsten lag der Fleischkonsum im Jahr 2020 bei 57,3 kg pro Kopf (Tendenz: leicht sinkend). Nach dem Zweiten Weltkrieg (bis weit in die 1960er-Jahre) war es in Deutschland üblich, dass es nur sonntags Fleisch gab.

Gesundheitliche Probleme: Überschüssige Aminosäuren werden meist in Glykogen oder Fett umgewandelt und gespeichert. Bei der Umwandlung wird die Aminogruppe freigesetzt. Die Entsorgung der überschüssigen Stickstoff-Atome in Form von Harnstoff ist für den Körper aufwendig und funktioniert bei Überlastung nicht immer gut. Viele medizinische Studien bringen übermäßigen Fleischkonsum in Verbindung mit Diabetes Typ 2, Darmkrebs, erhöhtem Herzinfarkt-Risiko und hohem Blutdruck.

Tierschutz: Um billiges Fleisch in großer Menge zu produzieren, wachsen die Tiere oft in nicht artgerechter Weise in Massentierhaltung auf, nicht selten unter sehr schlimmen Bedingungen. Auch beim Transport lebender Tiere über weite Entfernungen wird der Tierschutz oft nicht eingehalten.

Ökologische Probleme: Die Produktion von Fleisch benötigt etwa 5 bis 10 mal so viel Agrarfläche (zur Produktion der Futtermittel) wie die Produktion hochwertiger pflanzlicher Lebensmittel.

Gesellschaftliche Probleme: Die Corona-Pandemie hat vor allem im Jahr 2020 deutlich gemacht, unter welchen miserablen Bedingungen in der Fleisch verarbeitenden Industrie arbeiten und wohnen müssen, nur damit der Preis für das Produkt niedrig gehalten wird.

Fazit: Eine deutliche Verringerung des Fleischkonsums dient der eigenen Gesundheit, dem Tierwohl und verringert den eigenen ökologischen Fußabdruck.

„Ohne die Massentierhaltung und den ungebrochenen Hunger nach Fleisch in Europa und anderen Industrienationen würde es die unzähligen Brandrodungen, die Platz für noch mehr Soja- und Palmölplantagen schaffen, gar nicht geben. Erst die hohe Nachfrage macht den Raubbau rentabel.“

aus der Buchbesprechung von Ralf Stork (in Spektrum der Wissenschaft 10.2021, S. 91) über das Buch von Josef H. Reichholf: Regenwälder, Aufbau-Verlag Berlin 2021