

JuniorAkademie Adelsheim

19. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2022



Astronomie



Biologie



Mathematik/Informatik



Pharmazie/Chemie



Philosophie/Ethik



Physik

Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 7 – Schule und Bildung

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2022**

**19. Science Academy
Baden-Württemberg**

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2022:

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4245

Fax.: (0721) 933 40270

www.scienceacademy.de

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de

birgit.schillinger@scienceacademy.de

rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 19. JuniorAkademie Adelsheim 2022 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Copyright © 2022 Jörg Richter, Dr. Birgit Schillinger

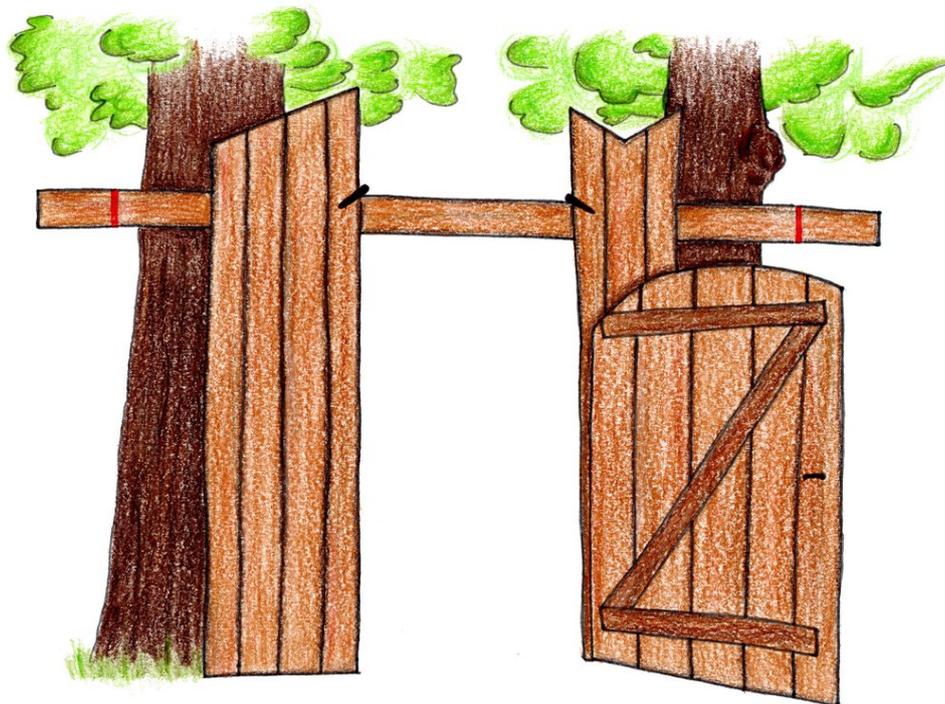
Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

treten Sie ein! Herzlich willkommen zu einem Bericht über die vielseitigen Erlebnisse der diesjährigen 19. Science Academy Baden-Württemberg!

Im Rahmen der Akademie kamen 72 Teilnehmerinnen und Teilnehmer beim Eröffnungswochenende im Juni zunächst online für ein erstes virtuelles Kennenlernen mit dem Leitungsteam zusammen. Damit traten sie über die Schwelle zu neuen Erfahrungen, Freundschaften und Wissenszuwachs. Bei der Akademie im Sommer konnten wir dann unsere physische Akademietür öffnen und uns endlich in Präsenz im Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU) in Adelsheim begegnen. Dabei blieben lediglich durch Tests, Masken und weitere Maßnahmen ein paar „Schutztüren“ eingebaut.

Ein wichtiger Teil der Akademie ist die Arbeit in den sechs Kursen, die den Jugendlichen einen Einblick in wissenschaftliches Denken und Arbeiten gewährt und eine Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten in Bereichen wie Teamarbeit und Präsentationstechnik ermöglicht. Auch in diesem Jahr hatten die Kursleiter und Kursleiterinnen wieder spannende Themen vorbereitet.



So plante der Astronomiekurs eine fiktive Mission zum Jupitermond Europa, und der Biologiekurs beschäftigte sich damit, wie wir aus unserer Nahrung Energie gewinnen; im Mathematik-/Informatikkurs ging es dagegen um Klimamodelle und Datenanalyse. Außerdem erforschte der Kurs Pharmazie/Chemie, wie Medikamente im Körper richtig wirken, und während der Physikkurs sich mit der optimalen Ausleuchtung von Solarzellen befasste, beleuchtete der Philosophie-/Ethikkurs das Thema Gerechtigkeit.

Auch die Zeit außerhalb der Kurse war durch die Kursübergreifenden Angebote (KüAs) abwechslungsreich gestaltet. In zwei KüA-Schienen täglich konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer vielfältige Angebote, die von Debating und PowerPoint-Karaoke über Tanzen und Häkeln bis hin zu einer Physikshow reichten, wahrnehmen oder auch selbst anleiten.

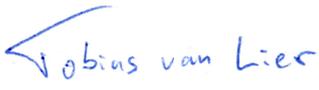
Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten in den Kursen, KüAs und in der Freizeit viele Kontakte knüpfen, neue Interessen entdecken und alte vertiefen. Da so viele motivierte und interessierte Menschen zusammenkommen, ergeben sich viele spannende Gespräche und Aktivitäten. Dadurch ist die Akademie eine sehr intensive Zeit, in der wir auch in diesem Jahr wieder zu einer starken Gemeinschaft zusammengewachsen sind.

Mit all ihren Angeboten und Möglichkeiten konnte die Akademie daher viele neue Türen öffnen, passend zu unserem Motto „Türen“, das uns vom ersten Plenum beim Eröffnungswochenende bis zur letzten Minute der Akademie mit verschiedenen Aktionen und Denkanstößen begleitete. Bei diesen metaphorischen Türen kann es sich beispielsweise um andere (Zukunfts-)Perspektiven und Sichtweisen, um Erfahrungen wie die Laborarbeit und die einzigartige Akademieatmosphäre oder um neu entdeckte Lieblingsthemen handeln. Sicherlich werden diese nun offenen Türen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch ein Schlüssel zu vielen weiteren neuen Möglichkeiten und Entdeckungen sein.

Beim Dokumentationswochenende schlossen wir unsere Akademietür wieder und verließen gemeinsam Adelsheim mit vielen neuen Eindrücken und Erinnerungen im Gepäck. Für ein mögliches Wiedersehen halten allen Beteiligten ihre Türkeile die Tür jedoch stets einen Spalt offen!

Vor dem Abschied entstand ein umfangreicher Bericht der fachlichen Ergebnisse und persönlichen Erlebnisse unserer gemeinsame Akademiezeit, der nun vor Ihnen liegt. Treten Sie ein, liebe Eltern, Freunde, interessierte Leser – und vor allem „liebe Kinder“: Viel Spaß beim Lesen der Dokumentation!

Eure/Ihre Akademieleitung

Merit Neibig
(Assistenz)

Henriette Neuschwander
(Assistenz)

Tobias van Lier
(Assistenz)



Jörg Richter



Dr. Birgit Schillinger

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	7
KURS 2 – BIOLOGIE	33
KURS 3 – MATHEMATIK/INFORMATIK	65
KURS 4 – PHARMAZIE/CHEMIE	83
KURS 5 – PHILOSOPHIE/ETHIK	105
KURS 6 - PHYSIK	131
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	149
DANKSAGUNG	173
BILDNACHWEIS	175

Kurs 2 – Wie wir aus unserer Nahrung Energie gewinnen



Vorwort

Aus unserer Nahrung Energie gewinnen – wie funktioniert das denn eigentlich? Diese umfangreiche Fragestellung haben wir uns im diesjährigen Biologie-Kurs gestellt. Fakt ist: Die Bestandteile der Nahrung dienen uns Menschen als Energielieferant. Wie genau die Nahrung durch unseren Körper und in unsere Körperzellen gelangt, haben wir uns beispielhaft am Körper von unserem Freund Herbert (siehe Gruppenbild) genauer angeschaut. Herbert war im diesjährigen Biokurs unser ganz spezielles 13. Phantom-Mitglied. Er hat sich durch harte Mitarbeit und Aufopferung sogar sein eigenes Namensschild sichern können.

Dadurch, dass Herbert uns gegenüber sehr offen war, ließ er uns sogar seine Verdauungsorgane genauer unter die Lupe nehmen. Das wiederum weckte das Interesse in uns, auch die in ihm

ablaufenden Verdauungsprozesse verstehen zu wollen. Unser Ziel war es also, die verschiedenen biochemischen Stoffwechselprozesse in Herbert zu verstehen. Des Weiteren wollten wir herausfinden, welche Nahrungsbestandteile von Herbert aufgenommen, verwertet oder ausgeschieden werden.

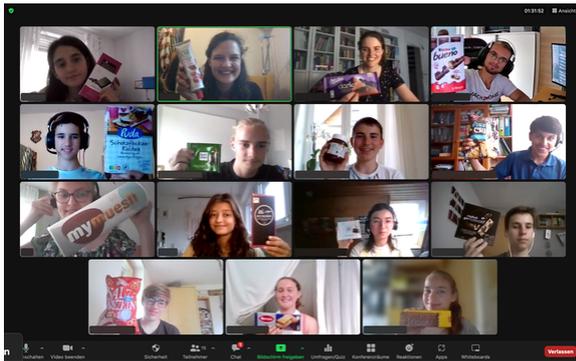
Wir haben uns bezüglich des Aufbaus von Herberts Verdauungssystems auch die Gewebestrukturen und die molekularen Ebenen seiner Organe angesehen und uns gefragt, was passiert, wenn eine seiner Verdauungssystemkomponenten nicht mehr richtig funktioniert. Um diese komplexen Systeme und Strukturen genauer betrachten zu können, haben wir verschiedene Mikroskop-Techniken genutzt. Da das Mikroskopieren die Neugierde im Kurs leider nicht komplett stillen konnte, wurde an-

schließlich sogar Blut verlangt, um den Wissensdurst der Teilnehmer zu stillen. Im Blut war für uns vor allem der Zuckergehalt interessant. Im Zuge dessen haben wir uns unterschiedliche Komponenten wie Enzyme, pH-Wert sowie Regelkreisläufe im Blut und im Körper auf molekularer Ebene angeschaut.

Letzten Endes hat jedoch auch das Blut nicht gereicht, woraufhin unser lieber Herbert uns seine Nieren zum Sezieren bereitstellen musste. Nun wussten wir recht viel über den Aufbau des Verdauungssystems und die darin ablaufenden Prozesse. So gelang es uns letztendlich zu verstehen, wie Herbert aus unserer Nahrung Energie gewinnen kann.

Lebensmittelbestandteile

JULIUS OTT UND LUIS FEDRA



Bereits am EWE beschäftigten wir uns auf praktische Art und Weise mit Lebensmittelbestandteilen

Unsere Mahlzeiten bestehen aus vielen verschiedenen Inhaltsstoffen. In einem Gericht können beispielsweise Lebensmittel wie Fleisch oder Fisch, Gemüse, Eier oder auch Milchprodukte enthalten sein. In fast allen Gerichten sind die drei Hauptnahrungsmittelbestandteile vertreten: Kohlenhydrate, Eiweiße/Proteine und Fette. Weitere Lebensmittelbestandteile sind Ballaststoffe, Mineralsalze und verschiedene Vitamine.

Beispielsweise steckt in Fleisch oder Eiern sehr viel Eiweiß. Dagegen bestehen Getreideprodukte und Kartoffeln zum größten Teil aus Kohlenhydraten. Fette treten vor allem in Milchprodukten wie Butter, Käse und Sahne auf, und in Gemüse sind reichlich Vitamine enthalten.

Ballaststoffe stecken vermehrt in Nüssen und Hülsenfrüchten (siehe Abbildung 1).

All diese Bestandteile sind Stoffe, die unser Körper braucht, um zu funktionieren. Wichtig ist dabei, dass die Bestandteile unserer Nahrung in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen. Möchte man die Lebensmittelbestandteile von verarbeiteten Lebensmitteln in Erfahrung bringen, sind diese meist auf der Rückseite eines Produkts in der Zutatenliste oder auf der dabeistehenden Nährwerttabelle zu finden. Insbesondere am Eröffnungswochenende beschäftigten wir uns ausführlich mit Kohlenhydraten, die im folgenden Kapitel näher erläutert werden.

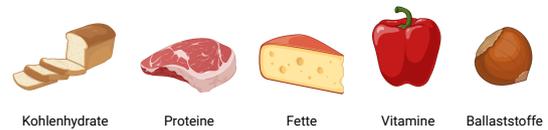


Abbildung 1: Die Hauptbestandteile unserer Nahrungsmittel (erstellt mit BioRender)

Schimmelexperimente

JULIUS OTT UND LUIS FEDRA

Direkt am ersten Tag der Sommerakademie starteten wir ein Experiment, bei dem wir über die darauffolgenden zwei Wochen verteilt die Veränderungen beobachteten und fotografisch festhielten. Das Experiment bestand darin, dass wir Brote vom Bäcker und Industriebrot mit verschiedenen Lebensmitteln belegten. Hierfür standen uns Salz, Zucker, Honig, Bio-Käse und Scheibletten-Käse zur Verfügung. Außerdem wollten wir Unterschiede zwischen kalten oder warmen und dunklen oder hellen Standorten testen. Für einen warmen Standort machten wir von einem sogenannten Inkubator gebrauch, einem Wärmeschrank, in dem eine bestimmte Temperatur eingestellt werden kann.

Wir stellten in zwei Gruppen möglichst viele verschiedene Kombinationen von Brotsorten und Belägen zusammen und waren letztendlich im Besitz von mehr als 18 verschiedenen Brotproben. Diese verstauten wir in luftdichten Tü-

ten, befeuchteten sie großzügig und verschlossen sie. Daraufhin stellten wir Vermutungen an, welche Brote innerhalb dieser zwei Wochen am schnellsten und am stärksten schimmeln würden.

Unsere erste Kontrolle fand nach fünf Tagen statt. Dort ließ sich erkennen, dass die Brotscheiben, die im Kühlschrank untergebracht worden waren, wie erwartet noch nicht angefangen hatten zu schimmeln (siehe Abbildung 2a). Die Brote aus dem Inkubator dagegen, die in der Wärme lagen, hatten zum Teil schon begonnen zu schimmeln. Das war der Fall bei „Brot: warm und trocken“, „Brot: warm und Bio-Käse“ (siehe Abbildung 2b) und „Brot: warm und Scheibletten-Käse“.

Bei den Käsesorten fing der Bio-Käse an zu schimmeln, ganz im Gegensatz zum Scheibletten-Käse. Genauso schimmelte nur das trockene Brot vom Bäcker und nicht das Industriebrot, obwohl es wegen der Befeuchtung schlechteren Voraussetzungen ausgesetzt war als das trockene Brot. Zu schimmeln fingen auch die Brotscheiben im Dunkeln an (siehe Abbildung 2c), die auf Raumtemperatur und im Hellen gelagerten Brotscheiben dagegen nicht. Die Brotscheiben mit Konservierungsstoffen wie Salz, Zucker und Honig blieben unverändert, was auch unseren Erwartungen entsprach (siehe Abbildung 2d).

Nach acht Tagen blieben diese konservierten Brotscheiben im Kühlschrank weiterhin ohne Schimmel. Die Brote im Hell-Dunkel-Vergleich sind schlussendlich beide schimmelig gewesen. Bei den im Inkubator gelagerten Broten, die davor schon schimmelten, verbreitete sich der Schimmel weiter.

Wir schließen daraus, dass die Schimmelpilze, Bakterien und andere Mikroorganismen im Warmen, Dunklen und Feuchten schneller wachsen als im Kalten, Hellen und Trockenen. Auf Bakterien im Besonderen werden wir nachfolgend im Abschnitt „Das Mikrobiom“ weiter eingehen. Konservierungsstoffe wie Honig, Zucker und Salz helfen zusätzlich, die Brote länger haltbar zu machen. Außerdem schimmelt der Bio-Käse deutlich schneller als der Scheibletten-Käse und das Brot vom Bäcker schneller als das Industriebrot. Das liegt daran, dass in diesen

Produkten die Zusatz- und Konservierungsstoffe nicht oder nur bedingt vorhanden sind.



Abbildung 2: a – Käsebrot (Bio) im Kalten ohne Schimmel, b – Käsebrot (Bio) im Warmen mit Schimmel, c – Brot im Dunkeln ohne Konservierungsstoffe, d – Brot im Warmen mit Salz als Konservierungsstoff ohne Schimmel

Zucker

JULIUS OTT UND TIBOR MOLNAR

Zucker konsumieren wir täglich. Enthalten in unserer Nahrung und vielen Getränken, verleiht er ihnen Süße und liefert uns die benötigte Energie. Meist sprechen wir dabei nur über „einen“ Zucker, doch eigentlich gibt es viele verschiedene Zuckerarten. Wir unterscheiden zwischen Einfachzuckern (Monosacchariden), bestehend aus einer Zuckereinheit, Zweifachzuckern (Disacchariden) aus zwei Zuckereinheiten, Mehrfachzuckern (Oligosacchariden), gebildet aus mindestens drei Zuckereinheiten, und Süßstoffen (Zuckeralkoholen). Vorstellen kann man sich die einzelnen Zuckermoleküle zur Vereinfachung wie geometrische Formen. Glucose und Galactose werden als Sechseck und Fructose als Fünfeck dargestellt.

Durch chemische Reaktionen entstehen bei Aneinanderreihung der Moleküle Zweifach- oder Mehrfachzucker. Zu den Einfachzuckern gehören Traubenzucker, also Glucose (siehe Abbildung 3a), und Fruchtzucker, die sogenannte Fructose (siehe Abbildung 3b). Haushaltszucker (Saccharose) und Milchzucker (Lactose) zählen zu den Zweifachzuckern. Saccharose be-

steht aus einem Glucose- und einem Fructosemolekül (siehe Abbildung 3c), Lactose aus einem Glucose- und einem Galactosemolekül (siehe Abbildung 3d). Zu den Mehrfachzuckern gehört zum Beispiel die Raffinose, die aus einem Galactose-, einem Fructose- und einem Glucosemolekül besteht. Süßstoffe sind zum Beispiel Stevia und Erythrit.

Zucker werden über die Darmwand ins Blut aufgenommen und gelangen so zu allen Organen. Süßstoffe hingegen können von unserem Darm nicht aufgenommen werden, sodass sie unseren Körper wieder unverdaut verlassen. Dies liegt daran, dass der Mensch erst seit wenigen Jahren Süßstoffe verwendet und sie teils künstlich in einem chemischen Prozess hergestellt werden.

Einfachzucker



Zweifachzucker

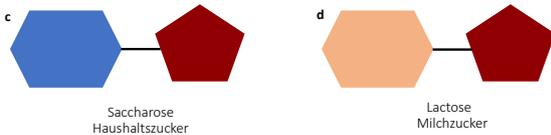


Abbildung 3: Zuckerarten und ihre Zusammensetzung

Kohlenhydrate

JULIUS OTT UND TIBOR MOLNAR

Oft sieht man auf Nährwerttabellen die Aufschrift: „Kohlenhydrate“ und „davon Zucker“. Aber was sind Kohlenhydrate? Kohlenhydrate haben die Summenformel $C_nH_{2n}O_n$. Zu ihnen gehören sowohl Zucker als auch Polysaccharide (Mehrfachzucker), welche aus mehr als 10 Monosaccharid-Einheiten bestehen. Die Stärke ist das wahrscheinlich bekannteste Polysaccharid, das zu großen Mengen in Kartoffeln oder auch in Getreideprodukten vorhanden ist und aus Hunderten von Glucose-Einheiten besteht (siehe Abbildung 4). Auch Cellulose, Chitin und Glycogen zählen dazu. Im Gegensatz zu Zuckern schmecken Polysaccharide neutral. Im

nächsten Kapitel werden verschiedene Versuche mit Zuckern und Kohlenhydraten beschrieben, die wir durchführten, um unser Wissen hierüber anzuwenden und zu erweitern.

Stärke

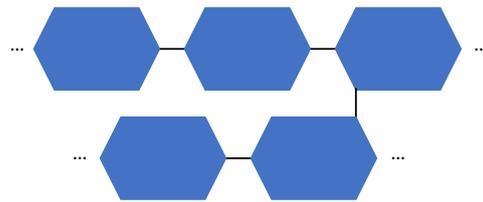


Abbildung 4: Stärkeketten bestehen aus aneinandergereihten Glucose-Einheiten

Zuckernachweis

ELISABETH HERGET UND HENDRIK BARAS

Unser zweites Experiment im Labor der Akademie waren verschiedene Zuckernachweise. Da wir uns am Eröffnungswochenende ausführlich mit verschiedenen Zuckern beschäftigt hatten, hatten wir die Möglichkeit, vor den Experimenten Vermutungen aufzustellen, wie manche Nachweise ausfallen könnten. Wir bekamen von unseren Kursleiterinnen vier Versuchsbeschreibungen und fünf unterschiedliche Zuckerlösungen. Das war jeweils eine Glucose-, Fructose-, Lactose-, Saccharose- und Stärke-Lösung.



Als Erstes führten wir den Glucosenachweis mithilfe von Glucose-Teststreifen durch. Dafür hielten wir jeweils einen der Streifen in jede der Zuckerlösungen und notierten unsere Beobachtungen. Der vorher gelbe Streifen färbte

sich nur nach Kontakt mit der Glucoselösung grün, bei den anderen Lösungen blieb er gelb. Danach führten wir die Fehling-Probe durch. Dazu mischten wir in fünf Reagenzgläsern jeweils 2 ml Fehlingscher Lösung I mit 2 ml Fehlingscher Lösung II und gaben anschließend 3 ml des zu testenden Zuckers hinzu. Dabei nahmen alle Lösungen einen blauen Farbton an. Diese fünf Lösungen erhitzen wir nacheinander. Nun konnten wir erkennen, dass sich nach dem Erhitzen die Glucose-, Lactose- und Fructose-Lösungen orange-rot und die Saccharose- und Stärke-Lösungen dunkelblau färbten (siehe Abbildung 5).

Wir stellten uns natürlich die Frage, warum die drei Lösungen nun andere Farben annahmen. Dieses Phänomen können wir damit erklären, dass sich die Glucosemoleküle von ihrer Ringform in die Kettenform öffnen können. Dadurch kann die Glucose Elektronen an die Fehlingsche Lösung abgeben, und es entsteht ein orange-roter Kupfer(I)-oxid-Niederschlag. Da die Ringöffnung bei der Saccharose und der Stärke aufgrund ihrer Bindungen nicht möglich ist, werden keine Elektronen übertragen und die Lösung bleibt blau.



Abbildung 5: Nach dem Erhitzen färben sich die Glucose-, Lactose- und Fructose-Lösungen orange-rot, während die Saccharose- und Stärke-Lösungen eine dunkelblaue Farbe annehmen.

Darüber hinaus führten wir den Iod-Stärke-Nachweis durch. Bei diesem Versuch nahmen wir wieder fünf Reagenzgläser mit den verschiedenen Zuckerarten zur Hand. In jedes Reagenzglas gaben wir wenige Tropfen einer Iod-Kaliumiodid-Lösung. Die Stärke-Lösung färbte

sich dunkelblau. Bei den anderen Zuckerlösungen trat jedoch nur eine gelbe Färbung auf (siehe Abbildung 6).

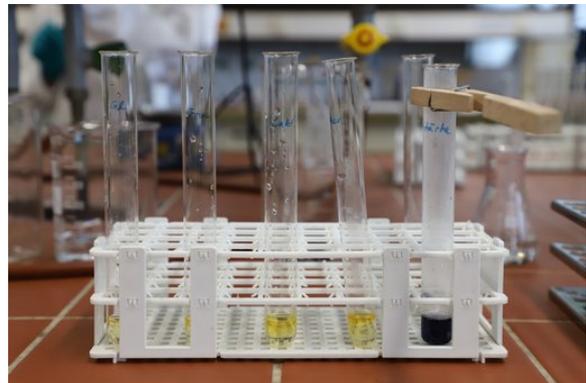


Abbildung 6: Beim Iod-Stärke-Nachweis färbt sich nur die Stärke blau.

Die Stärke-Lösung erhitzen wir danach, wobei das tiefe Blau immer blasser wurde. Als wir das erhitze Reagenzglas in Eiswasser tauchten, verfärbte sich die Lösung wieder blau-schwarz. Hier die Erklärung: Die Stärke-Lösung färbte sich zunächst blau-schwarz, weil die Stärke als Polysaccharid eine spiralförmige dreidimensionale Struktur bildet. Hierbei lagern sich Iod-Atome in die helixförmigen Stärkeketten ein, und es entstehen Stärke-Iod-Komplexe, durch welche die Lösung blau erscheint. Beim Erhitzen zerfallen diese Komplexe wieder, da sich die Atome stärker bewegen. Die Lösung wird immer blasser. Beim Abkühlen werden die Komplexe wiederhergestellt, und die Lösung nimmt wieder die blau-schwarze Färbung an.

Zum Schluss führten wir das 1,6-Diaminohexan-Verfahren durch. Mithilfe dieses Verfahrens wird der Lactosegehalt in einem Milchprodukt oder einer Lactose-Lösung bestimmt. Zuerst erwärmten wir 800 ml Wasser in einem Becherglas auf 65 °C. Anschließend wurden acht Reagenzgläser mit 2 ml der folgenden Stoffe befüllt: Wir untersuchten Vollmilch, laktosefreie Milch, Naturjoghurt, Kefir und 5 %-ige Lactose-, Glucose-, Fructose- und Saccharose-Lösungen. Anschließend wurde in jedes Reagenzglas 2 ml der 1,6-Diaminohexan-Stammlösung hinzugefügt und alles für zehn Minuten in das Wasserbad gestellt.

Nach diesen zehn Minuten färbten sich die Produkte, welche viel Lactose enthalten, rot. Pro-

dukte mit wenig Lactose färbten sich gelb, und Produkte mit gar keiner Lactose wurden auch gelb oder blieben farblos. Zu den rot gefärbten Stoffen zählten Lactose und die Vollmilch, zu den gelb gefärbten der Naturjoghurt, die Glucose und Fructose und zu den farblosen der Kefir und die Saccharose (siehe Abbildung 7).



Abbildung 7: Die Stoffe verfärben sich beim 1,6-Diaminohexan-Verfahren gelb, rot oder bleiben durchsichtig.

Monosaccharide wie Glucose und Fructose werden gelb, während das Disaccharid Saccharose farblos bleibt, da die reaktiven Gruppen hier fest in der Bindung verbaut sind. Alle 1,4-verknüpften Disaccharide (z. B. Lactose, Maltose), färben sich rot, da die reaktiven Gruppen hier freiliegen und mit dem 1,6-Diaminohexan interagieren können. Der Name 1,6-Diaminohexan kommt daher, dass sich zwischen den beiden Aminogruppen sechs Kohlenstoffatome befinden. Am ersten Kohlenstoffatom (daher die 1 vor dem Komma) und am sechsten Kohlenstoffatom (daher die 6 nach dem Komma) sind jeweils eine Aminogruppe gebunden. Da es insgesamt zwei Aminogruppen enthält, erhält

dieser Stoff die Vorsilbe *Di*. Schließlich reagiert dieser Stoff mit Lactose und färbt die Lösung. Wir haben die Zeit im Labor sehr genossen und hatten viel Spaß dabei, die Zuckernachweise durchzuführen.

DNA und Proteinbiosynthese

JAKOB WANGERIN, GRACE ALHELO,
TIBOR MOLNAR

Nach den Einsichten in die Welt der Zucker und Kohlenhydrate haben wir uns den Proteinen zugewandt. Hierfür haben wir zunächst besprochen, was die DNA ist und wie sie funktioniert. Die DNA ist in jeder unserer Zellen im Zellkern vorhanden. Sie hat, wie in Abbildung 8 zu sehen, die Struktur einer Doppelhelix und enthält „Baupläne“ für Proteine.



Abbildung 8: Die DNA beinhaltet den Bauplan, nach dem unsere Zellen aufgebaut werden.

Die Grundeinheiten der DNA sind DNA-Nukleotide. Sie bestehen aus einer Phosphatgruppe, an welcher der Zucker Desoxyribose hängt. An diesem sitzt noch eine Base, im Fall von unserer Darstellung Thymin (siehe Abbildung 9). Hängt man ganz viele dieser Nukleotide aneinander, erhält man einen DNA-Strang.

Wie auf der Darstellung in Abbildung 10 zu sehen ist, enthält die DNA vier verschiedene Basen. Jede der Basen hat eine komplementäre Base, wobei Thymin die Komplementärbase von Adenin und Cytosin die von Guanin ist.

Damit die in der DNA vorhandene Information für die Produktion von Proteinen verwendet werden kann, wird die mRNA (Messenger-RNA = Boten-RNA) gebraucht. RNA heißt Ribonucleic Acid, übersetzt Ribonukleinsäure (RNS). Wie ihr Name schon sagt, gehört auch sie, genau wie die DNA, zu den Nukleinsäuren und hat damit einiges mit der DNA gemeinsam. Zum einen sind auch hier vier unterschiedliche Basen ein wichtiger Bestandteil. Sie enthält wie auch die DNA, Adenin, Guanin und Cytosin, allerdings findet man bei ihr statt der Base Thymin das sehr ähnliche Uracil. Eine weitere Gemeinsamkeit der beiden Nukleinsäuren ist ihr Zucker-Rückgrat, wobei dieses bei der mRNA anders als bei der DNA aus Ribose besteht. Zusätzlich dazu tritt die mRNA nur in Einzelsträngen auf und ist um einiges kürzer als die DNA, da sie nur einzelne Gene enthält.

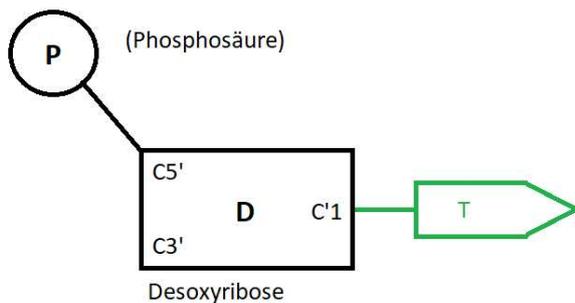


Abbildung 9: Ein solches Nucleotid findest du auch in deinem Körper. Es ist ein kleiner Baustein deiner DNA.

Die mRNA wird im Zellkern in einem Prozess namens Transkription gebildet. Am Anfang dieses Prozesses wird ein Teil der doppelsträngigen DNA aufgespaltet. Bestimmte Proteine suchen den Anfang eines Gens und fangen an, eine Negativ-Kopie dieses Gens zu erstellen. Dabei wird jeder Base der DNA die komplementäre Base der mRNA zugeteilt. Dieser Vorgang dauert so lange an, bis ein ganzes Gen kopiert ist.

Danach wird die neue mRNA noch modifiziert, sodass sie nur noch die nötigen Informationen enthält und bereit ist, aus dem Zellkern zu den Ribosomen transportiert zu werden. An den Ribosomen, welche auf dem rauen ER sitzen, werden die Proteine hergestellt. Proteine werden aus vielen aneinandergereihten Aminosäuren, also kleinen unterschiedlichen Bausteinen, auf-

gebaut und deshalb auch als Aminosäureketten bezeichnet.

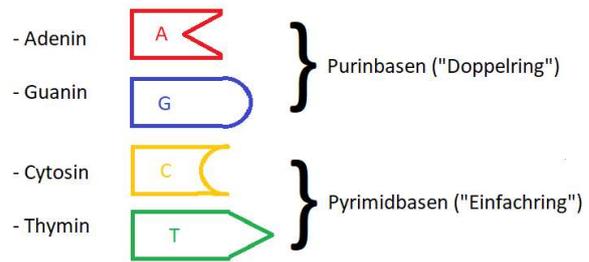


Abbildung 10: Die vier Basen der DNA

Die Zusammensetzung und Reihenfolge der Aminosäuren ist in der mRNA kodiert, sodass an den Ribosomen die in der mRNA gespeicherten Proteinbaupläne in Proteine umgesetzt werden. Die Reihenfolge der Aminosäuren bestimmt die Struktur und damit auch die Funktion des entstehenden Proteins. Die einzelnen Proteinketten haben eine einfache und eine komplexe Struktur. In der primären Struktur liegt das Protein als einfache Perlenkette vor. In der komplexen Struktur interagieren die Perlen miteinander, sodass das Protein eine bestimmte Form einnimmt. Die Struktur bestimmt die Funktionsfähigkeit des Proteins.

Enzyme

SALOMON OBERSCHMID UND LUIS
FEDRA

Enzyme kann man sich als winzig kleine Werkzeuge im Körper vorstellen. Sie sind Proteine und wirken als Biokatalysatoren. Ein Biokatalysator setzt die Aktivierungsenergie herab, wodurch Reaktionen beschleunigt werden. Enzyme sind außerdem substrat- und wirkungsspezifisch. Substratspezifisch bedeutet, dass ein bestimmtes Enzym mit seinem Substrat nur einen spezifischen Stoff im aktiven Zentrum bindet und dabei einen „Enzym-Substrat-Komplex“ bildet. Wirkungsspezifisch bedeutet dagegen, dass jedes Enzym sein passendes Substrat immer in das gleiche Produkt umsetzt. Auch wenn Enzyme das passende Substrat umsetzen, gehen sie selbst aus der Reaktion unverändert hervor.

Enzyme besitzen ein pH- und ein Temperatur-optimum. Dieses Optimum ist wichtig für eine

ideale Wirkungsweise. Wenn die Temperatur im Körper zu niedrig ist, nimmt die Wirkung der Enzyme nach und nach ab. Wenn die Körpertemperatur im Gegenzug aber zu hoch ansteigt, sinkt nicht die Wirkung ab, sondern die Enzyme „denaturieren“, sie gehen also kaputt (siehe Abbildung 11).

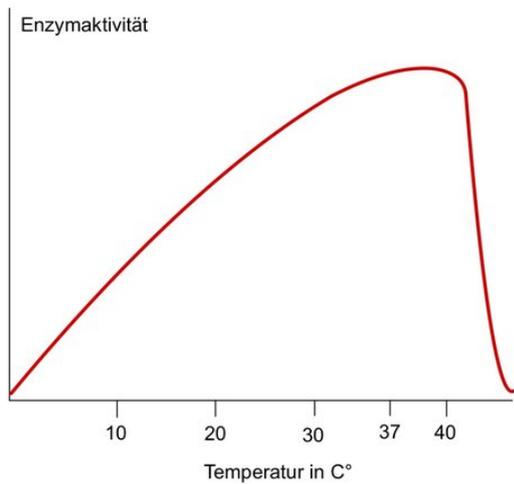


Abbildung 11: Die Enzyme denaturieren bei hohem Fieber über 41 °C.

pH-Wert

Der pH-Wert gibt an, ob eine Lösung eher basisch oder sauer ist. In der Praxis sind pH-Werte von 0 bis 14 relevant, auch wenn die pH-Skala nicht darauf begrenzt ist. Lösungen, die einen Wert <7 haben, sind sauer, 0 ist sehr sauer, 6 eher weniger. Lösungen, die Werte von >7 haben, sind basisch beziehungsweise alkalisch, dabei ist ein Wert von 8 eher schwach basisch und ein Wert von 14 am stärksten basisch. Ein pH-Wert von 7 ist neutral.

Ob eine Lösung sauer oder basisch ist, hängt davon ab, ob mehr Hydroxidionen (HO^-) oder Oxoniumionen (H_3O^+) vorhanden sind. Je mehr Hydroxidionen vorliegen und je weniger Oxoniumionen, desto höher liegt der pH-Wert im alkalischen Bereich. Sind aber mehr Oxoniumionen vorhanden, ist die Lösung sauer. Neutral ist die Lösung, wenn gleich viele Hydroxidionen und Oxoniumionen vorhanden sind. Denn Oxoniumionen und Hydroxidionen reagieren zu neutralem Wasser und gleichen sich somit gegenseitig aus.

Zum Thema pH-Wert führten wir auch einen Versuch durch. Dieser bestand darin, den pH-Wert verschiedener Getränke mithilfe eines pH-Meters zu messen. Unsere Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Lösung	Messung		Säure
	1	2	
Zitronensaft	2,5	2,3	Zitronensäure, Kohlensäure
Cola	2,6	2,5	Phosphorsäure, Kohlensäure, Zitronensäure
Sprite	3,1	3	Zitronensäure, Kohlensäure
Apfelsaft	3,3	3,2	Apfelsäure, Zitronensäure, Weinsäure
Tomatensaft	4,4	4,4	Zitronensäure
Sprudel	5,5	5,5	Kohlensäure
Leitungswasser	7	7,1	–

Tabelle 1: Auch Flüssigkeiten, die wir aus dem Alltag kennen, haben unterschiedliche pH-Werte.

Die Schwankungen zwischen den beiden Messungen sind gewöhnliche Schwankungen, die durch Messfehler oder durch Substanzen von außen (zum Beispiel Wasser) zustande kommen. Uns hat am meisten der niedrige pH-Wert von Cola überrascht, da wir Cola mit einem pH-Wert zwischen vier und fünf eingeschätzt hatten.

Enzymversuche

Katalaseversuch

Wir führten verschiedene Versuche mit Kartoffeln und einem darin enthaltenen Enzym namens Katalase durch, um verschiedene Eigenschaften dieses Enzymes zu untersuchen. Für den ersten Versuch schnitten wir eine Kartoffel in kleinere Würfel. Die eine Hälfte kochte für fünf Minuten und wurde danach abgekühlt. Nun befüllten wir zwei Reagenzgläser, jeweils 1 cm hoch mit den ungekochten und gekochten Kartoffelstücken. In alle Reagenzgläser füllten wir noch zusätzlich 2 ml Leitungswasser. In ein drittes Reagenzglas mit den ungekochten Kartoffeln gaben wir auch noch eine Spatelspitze

Kupfersulfat hinzu. Alle Inhalte mischten wir vorsichtig durch und gaben zehn Tropfen einer 3 %-igen Wasserstoffperoxid-Lösung hinzu.

In dem Reagenzglas mit den ungekochten Kartoffeln bildete sich ein weißer Schaum. In dem mit den gekochten Kartoffeln veränderte sich nichts, und in dem mit den ungekochten Kartoffeln und dem Kupfersulfat bildete sich nur sehr wenig von dem weißen Schaum (siehe Abbildung 12).

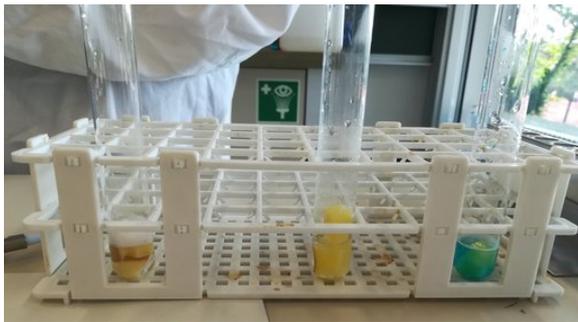


Abbildung 12: Katalase-Versuch 1: (von rechts nach links) ungekochte Kartoffeln mit Kupfersulfat, gekochte Kartoffeln, ungekochte Kartoffeln

Bei dem zweiten Versuch schnitten wir von einer Kartoffel eine etwas dickere Scheibe ab und hielten eine Münze, welche zuvor über dem Bunsenbrenner erhitzt worden war, an ein paar Stellen auf die Kartoffel. Danach tröpfelten wir wieder etwas Wasserstoffperoxid auf die gesamte Kartoffel. Nach wenigen Sekunden bildete sich an den Stellen, an denen die heiße Münze nicht draufgehalten wurde, ein weißer Schaum. An den Stellen, die von der Münze erhitzt wurden, jedoch nicht.



Abbildung 13: Nicht erhitze Stellen der Kartoffel schäumen bei Wasserstoffperoxid-Kontakt. bildete und an erhitzten Stellen jedoch keine Schaumbildung zu sehen war (siehe Abbildung 13). Das liegt daran, dass Kartoffeln ein Enzym namens Katalase besitzen, welche das Wasserstoffperoxid in Wasser und Sauerstoff spalteten, wodurch es zu der Blasenbildung, also dem weißen Schaum, kommt. Bei den erhitzten Kartoffeln denaturierte wegen der Temperaturempfindlichkeit der Enzyme die Katalase. Bei den ungekochten Kartoffeln mit dem Kupfersulfat bildete sich nur ein wenig Schaum, da Metallionen, wie Kupfer, die Aktivität von Katalase senken.



Abbildung 13: Nicht erhitze Stellen der Kartoffel schäumen bei Wasserstoffperoxid-Kontakt.

Lactase-Versuch

Zusätzlich machten wir einige Versuche mit dem Enzym Lactase, welches die Spaltung von Lactose in Galactose und Glucose katalysiert (beschleunigt). Die freigesetzte Glucose konnten wir mit Glucose-Teststreifen nachweisen. Zuerst setzten wir dafür eine Lactase-Lösung aus „Phosphate buffered saline“, als PBS abgekürzt, und Lactase-Pulver aus einer Lactase-Kapsel an. Für den Versuch gaben wir jeweils 10 ml Vollmilch, laktosefreie Milch und eine

Wir beobachteten, dass sich immer an den Kartoffeln oder den Bereichen der Kartoffel, die nicht erhitzt oder erwärmt wurden, ein Schaum

1 %-ige Lactose-Lösung in Bechergläser und machten einen Glucose-Test. Bei der 1 %-igen Lactose-Lösung und der Vollmilch blieb der Streifen gelb, bei der laktosefreien Milch wurde er aber grün (siehe Abbildung 14). Nun gaben wir in jedes Becherglas 100 µl der Lactase Lösung hinzu und warteten zehn Minuten. Danach machten wir noch einmal den Test mit den Glucose-Teststreifen. Hier zeigten alle ein einheitliches dunkles Grün an. Was heißt, dass die Lactase die Lactose in Glucose und Galactose spaltete. So konnte der Glucose-Teststreifen die Glucose erkennen.



Abbildung 14: Lactase-Versuch mit laktosefreier Milch, Vollmilch und 1 %-iger Lactose-Lösung (von links nach rechts)

In einem anderen Versuch benutzten wir anstatt einer Lactose-Lösung ONPG, die Kurzform von „ortho-Nitrophenyl-beta-D-Galactopyranoside“. Dieses besteht aus einem Galactosemolekül und dem Farbstoff o-Nitrophenol. Für den Versuch wurden ONPG, PBS und zusätzlich etwas von dem Lactase-Extrakt in fünf Eppendorf-Reaktionsgefäße (Eppis) pipettiert. Wir testeten die Reaktion anschließend unter verschiedenen Bedingungen. Bei Raumtemperatur, bei Wärme und bei Kälte, mit Salzsäure und mit Natronlauge.

Der Farbstoff o-Nitrophenol ist zunächst durchsichtig, wenn er an die Galactose gebunden ist. Wenn aber Lactase hinzukommt, welche die Galactose und den Farbstoff spaltet, wird der Farbstoff freigesetzt und somit die Lösung gelb. Nach fünf Minuten wurden unser Positivkontrolle und die abgekühlte Lösung gelb (siehe Abbildung 15). Letztere ist aufgrund

der Temperaturabhängigkeit der Enzyme nur schwach gelb geworden, denn die Enzyme arbeiten unter kalten Bedingungen langsamer. Die anderen drei wurden nicht gelb, was bei den Eppis drei und fünf daran lag, dass das pH-Optimum nicht erfüllt wurde. Bei Eppi drei wurde Salzsäure hinzugegeben, durch welche die Lösung zu sauer wurde, wie an den pH-Teststreifen in Abbildung 15 zu sehen ist. Bei Eppi fünf gaben wir Natronlauge hinzu, was dazu führte, dass diese Lösung zu basisch wurde. In beiden Fällen arbeitete die Lactase durch das nicht erfüllte pH-Optimum schlechter oder gar nicht, dadurch verfärbte sich die Lösung auch nicht. Im Fall von Eppi vier war zwar das pH-Optimum gegeben, allerdings wurde die Lactase hier so stark erhitzt, dass die Enzyme denaturierten, wodurch sie auch nicht mehr arbeiten konnte.

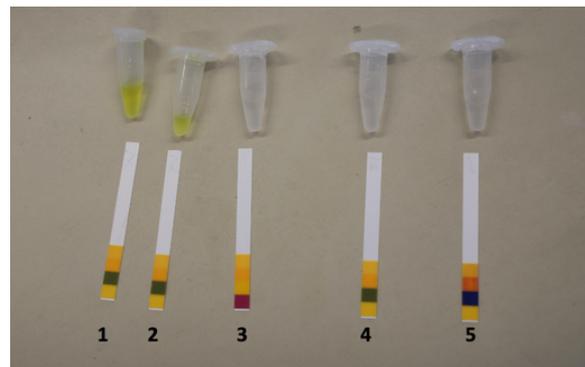


Abbildung 15: (von links nach rechts) Wirkung der Lactase mit verschiedenen pH-Werten und Temperaturen: Positivkontrolle, Reaktion im Kalten (etwas weniger gelb), saurer pH-Wert, erhitzte Lactase, basischer pH-Wert

Der Aufbau der Zelle

RICA MATTHÄUS UND JAKOB
WANGERIN

Aus den Proteinketten baut der Körper alle möglichen Bestandteile des Körpers auf. Eine größere Funktionseinheit wird als Zelle bezeichnet.

In der Zellbiologie (Zytologie) unterscheidet man zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen. Diese haben sowohl einen anderen Aufbau als auch verschiedene Aufgaben.

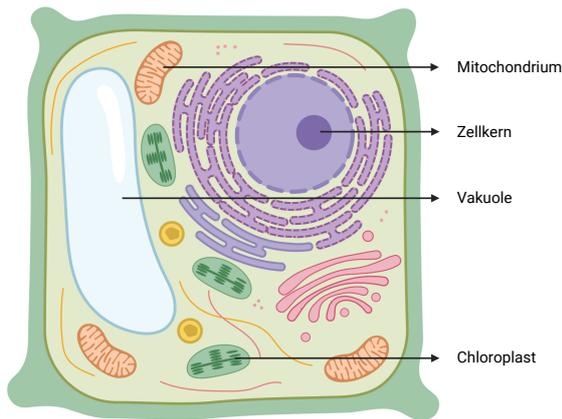


Abbildung. 16: Aufbau der pflanzlichen Zelle mit ihren Zellorganellen (erstellt mit BioRender)

Es gibt aber auch Bestandteile, die in beiden Zelltypen vorhanden sind. Beispielsweise die Mitochondrien, welche auch für unseren Kurs eine wichtige Rolle spielen, da sie zur Energiegewinnung in der Zelle beitragen. Hier findet die Zellatmung statt. Aufgrund der Fähigkeit, Energie zu produzieren, nennt man die Mitochondrien, auch „Kraftwerke der Zelle“.

Ein weiteres sehr wichtiges Zellorganell jeder Zelle ist der Zellkern, welcher die Erbinformation enthält. Diese beinhaltet die „Baupläne“ für Proteine und kann somit die Aktionen der Zelle steuern. Außerdem gibt es das Endoplasmatische Retikulum (ER), hier unterscheidet man zwischen glattem und rauem ER. Diese unterscheiden sich nicht nur in ihrer Form, sondern auch in ihrer Funktion. So ist das glatte ER für biochemische Umwandlungsprozesse zuständig, während am rauem ER durch die Ribosomen Proteine produziert werden. Die Ribosomen bilden Proteine, indem sie einzelne Aminosäuren (AS) aufnehmen und diese zu AS-Ketten (Proteine oder Peptide) verknüpfen. Dieser Vorgang wird in der Fachsprache *Proteinbiosynthese* genannt.

Während diese Proteine nun durch die Zelle schwimmen, passieren sie den Golgi-Apparat. Dieser kann die Proteine aufnehmen, modifizieren (verändern) und wieder abgeben. Wenn es darum geht, die Zelle zu entgiften, dann sind hierfür vor allem die Peroxisomen gefragt. Auch sie kommen in beiden Zellarten vor und können die Zelle auch von reaktiven Sauerstoffverbindungen befreien.

Ein Zellorganell, das sich nur in den Pflanzenzellen befindet, sind die Chloroplasten, die die Photosynthese betreiben (siehe Abbildung 16). Dabei stellen sie mit Hilfe des Sonnenlichtes, aus Kohlenstoffdioxid und Wasser, Glucose und Sauerstoff her. Ein weiteres, nur in Pflanzenzellen enthaltenes Organell ist die Zellwand, welche Stabilität gibt. Die Zellsaftvakuole dient als Speicher von Wasser, Farbstoffen, Giftstoffen und Abfallstoffen. Sie ist auch nur in der Pflanzenzelle enthalten.

Nachdem wir nun einige Grundlagen eingeführt haben, können wir mit dem Weg der Nahrung beginnen.



Der Mund

SALOMON OBERSCHMID UND LEA SCHILLINGER

Der Mund ist der Beginn der menschlichen Verdauung. Die Nahrung wird mithilfe der Schneidezähne zerteilt und durch die Backenzähne zerkleinert. Durch die Zunge und den Speichel, der von den Speicheldrüsen im Mund hergestellt wird, wird die Nahrung zu einem Nahrungsbrei vermengt.

Der Speichel soll die Nahrung aber nicht nur zu einem Nahrungsbrei zersetzen, sondern enthält auch das Enzym Amylase. Dieses Enzym ist für die Spaltung von Kohlenhydraten in kleinere Zuckermoleküle zuständig. Hierzu führten wir auch einen Versuch durch, indem wir Testpersonen Backoblaten gaben, die sie im Mund mit Speichel vermengen und aufbewahren sollten. Nach kurzer Zeit machte sich ein süßlicher Geschmack im Mund bemerkbar. Das liegt an der Spaltung der aus Stärke bestehenden Back-

oblaten in den süßlichen Zweifachzucker Maltose. Dies geschieht mithilfe der Amylase im Speichel, die wir somit in diesem Versuch nachweisen konnten.

Eine weitere sehr wichtige Aufgabe des Mundes ist das Schmecken der Nahrung. Dies diente ursprünglich dazu, Signale auszusenden, ob die Nahrung, die man zu sich nimmt, verträglich und gut, oder doch eher schädlich für den Körper sein könnte. Schmecken können wir mithilfe unserer sogenannten Geschmacksknospen. Es gibt insgesamt fünf Geschmacksarten: sauer, salzig, süß, bitter und umami (herzhaft, deftig). Nach diesem Prozess des Schmeckens, Kauens und Mischens wird die Nahrung mithilfe von zahlreichen Muskelbewegungen weiter in die Speiseröhre befördert. Im Folgenden wird genauer auf die bereits erwähnten Geschmacksknospen eingegangen.

Geschmacksknospen unter dem Fluoreszenzmikroskop

Die Geschmacksknospen befinden sich in unserem Mund. Sie sind zusammen mit unserem Geruchssinn verantwortlich für unsere Geschmackswahrnehmung. Gleichzeitig ist es auch eine Vorprüfung der Nahrung darauf, wie giftig oder gefährlich, genießbar oder ungenießbar sie ist. Wenn beispielsweise rohes Gemüse bitter schmeckt, könnte das ein Zeichen dafür sein, dass das Gemüse giftige Stoffe enthält und nicht verzehrbar ist.

Die Geschmacksknospen sind zwiebelartige Strukturen und befinden sich in den Geschmackspapillen, die auf der Zunge platziert sind (siehe Abbildung 17).

Eine Geschmacksknospe ist so aufgebaut, dass sich zwischen den Stützzellen eingebettet die Sinneszellen befinden. Sie verarbeiten die Informationen und leiten sie weiter. Dafür bilden sie jeweils eine Nervenfasern, um den Geschmack mittels elektrischer Erregungen an das Gehirn weiterzugeben.

Die Haare der Sinneszellen, in die die Sinneszellen münden, dienen zur Vergrößerung ihrer Oberfläche. Außerdem sind sie von Speichel umgeben. Die sogenannten Basalzellen sind die unteren Stützzellen, welche neue Zellen nachproduzieren.

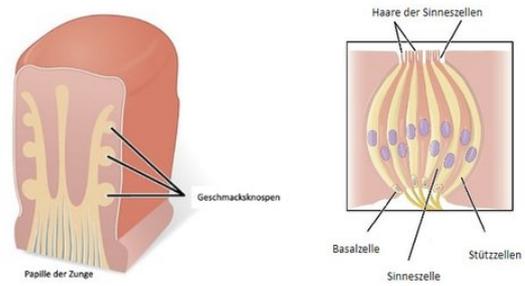


Abbildung 17: Position und Aufbau der Geschmacksknospe¹

Dank unserer Kursleiterin Anna und dem EMBL Heidelberg, an dem sie gerade ihre Doktorarbeit schreibt, hatten wir die Möglichkeit, uns diese Geschmacksknospen unter einem Fluoreszenzmikroskop bei einer 200-fachen Vergrößerung genauer anzuschauen. Da niemand von uns bisher bei solch einer guten Auflösung mikroskopiert und so viele Details bei einer Probe gesehen hatte, war es umso beeindruckender (siehe Abbildung 18).

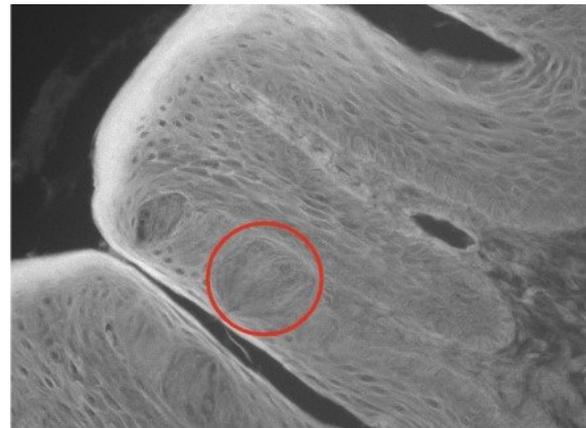


Abbildung 18: Geschmacksapille mit Geschmacksknospe, welche rot gekennzeichnet ist, unter dem Fluoreszenzmikroskop

Fluoreszenzmikroskope sind Mikroskope, die auf dem physikalischen Effekt der Fluoreszenz beruhen. Das ist die Fähigkeit mancher Moleküle und Atome, einfallendes Licht einer bestimmten Wellenlänge zu absorbieren und es dann mit einer längeren Wellenlänge wieder abzustrahlen. Damit ist die Fluoreszenzmikroskopie eine besondere Art der Lichtmikroskopie.

¹Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User OpenStax, Ausschnitt, bearbeitet, CC BY 4.0)

Besondere Vorsicht war geboten, da diese Mikroskope zum einen sehr teuer sind (rund 10.000 Euro), zum anderen auch sehr sensibel. So mussten wir die Brennweite per Hand einstellen und durften die Fluoreszenzmikroskope nur mit Handschuhen berühren und aufbauen.



Abbildung 19: Mikroskopieren an einem Fluoreszenzmikroskop

Wie bereits angesprochen, haben wir die Fluoreszenzmikroskope Stück für Stück aufgebaut. Neben dem eigentlichen Mikroskop braucht man zusätzlich einen LED-Treiber, der mit der LED verbunden ist, sowie einen Computer, auf dem man die mikroskopierte Probe sehen kann. Der Lichtstrahl wird von links durch die Kollimatorlinse zum Anregungsfilter nach rechts in den Filterwürfel mit dichroitischen Spiegel gelenkt (siehe Abbildung 20). Ein dichroitischer Spiegel ist ein Dünnschichtfilter, der das einfallende Licht nach Wellenlängen und damit nach Farben trennt. Dort wird es über das Objektiv zur Probe geleitet. Das Bild der Probe gelangt erneut durch das Objektiv und den Filterwürfel mit dichroitischen Spiegel zum Emissionsfilter und von dort durch das Okular und den Tubus zur Kamera.

Die Histologie und das Epithel

GABI BARTKOWIAK UND LEA SCHILLINGER

Die Histologie ist die Lehre von Gewebeproben. Hier wird deren Aufbau und Struktur genau untersucht. Wir haben dabei unseren Schwerpunkt auf das Epithel gelegt (die oberste Zellschicht des Schleim- oder Hautgewebes) und konnten damit beispielsweise die Zelltypen der Speiseröhre bestimmen.

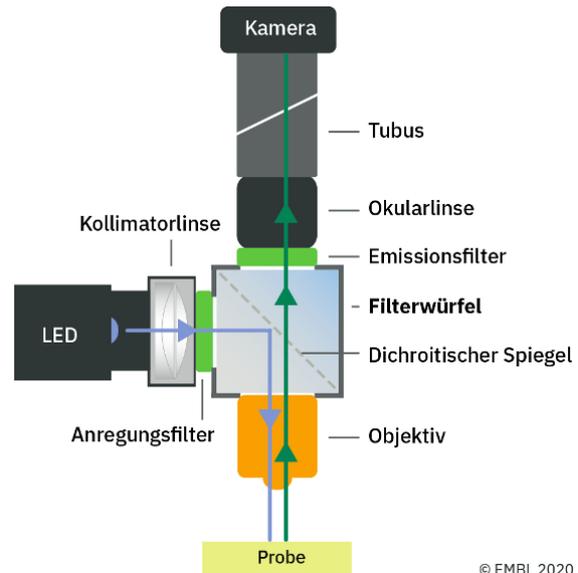


Abbildung 20: Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops²

Die Epithelien werden anhand mehrerer Kriterien benannt und eingeteilt. Zunächst wird zwischen mehrreihigem und mehrschichtigem Epithel unterschieden. Das mehrreihige Epithel kann man sich in etwa wie einen Wald vorstellen. Alle Epithelzellen haben über eine Zellverlängerung Kontakt zu der sogenannten Basalmembran, genau wie alle Bäume und Büsche im Wald Kontakt zum Waldboden haben. Bei einem mehrschichtigen Epithel sind die Zellen dagegen wie eine Mauer angeordnet. Sie haben jeweils nur Kontakt zur darunterliegenden Zellschicht (siehe Abbildung 21a). Außerdem gibt es drei verschiedene Formen, die Epithelzellen haben können. Sie sind entweder platt, kubisch oder hochprismatisch (siehe Abbildung 21b).

Man unterscheidet, ob ein Epithel verhornt oder unverhornt ist. Verhorntes Epithel enthält als äußerste Schichten abgestorbene Zellen. Diese Epithelart ist beispielsweise in der obersten Schicht unserer Haut zu finden. Unter einem Mikroskop ist dieses Epithel anhand der fehlenden Zellkerne erkennbar. Die Zellen eines unverhornten Epithels besitzen dagegen keine Schichten abgestorbener Zellen (siehe Abbildung 21c). Daraus lässt sich schließen, dass solche Epithelzellen bis in ihre oberste Schicht einen Zellkern besitzen.

²Abbildung: EMBL Science Education and Public Engagement Team (CC BY-NC-ND 4.0)

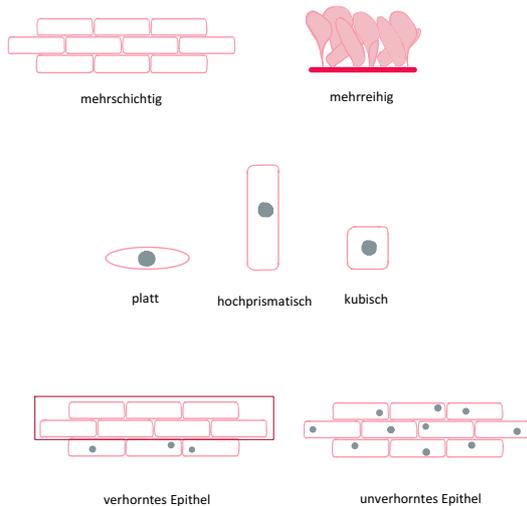


Abbildung 21: Die verschiedenen Epithel-Arten

Die Speiseröhre

LEA SCHILLINGER UND GABI BARTKOWIAK

Nach der Einführung in die Histologie hatten wir die Möglichkeit, einen Gewebeschnitt der Speiseröhre unter einem Lichtmikroskop zu untersuchen. Bei einem Lichtmikroskope wird ein vergrößertes Bild eines Objekts durch Linsen im Objektiv und Okular erzeugt.



Mikroskopieren an Lichtmikroskopen

Die Speiseröhre, auch genannt Ösophagus, ist ein dehnbarer Muskelschlauch. Ihre Länge beträgt im Durchschnitt 25–30 cm, ist aber je nach Körpergröße variabel. Sie transportiert Nahrung und Flüssigkeiten vom Rachen in den Magen, wobei der von der Speiseröhre produzierte Schleim die Nahrung noch gleitfähiger macht. Positioniert im Brustkorb vor der Wirbelsäule, hat sie zusätzlich engen Kontakt zur

Luftröhre, Trachea, und zur Hauptschlagader, der Aorta. Wie auch beim Querschnitt der Speiseröhre (siehe Abbildung 23) gut erkennbar ist, befindet sich „in der Mitte“ ein sternförmiges Lumen (1). Das ist der Leerraum, durch den die Nahrung transportiert wird und der sich ausdehnen und schließen kann. Dieses Lumen ist umgeben von einer Schleimhaut (2), die dem Bindegewebe samt Drüsen (3) anliegt. Darauf folgt eine Quer- (4) und eine Längsmuskelschicht (5). Diese sind für die wellenförmigen Kontraktionen (Zusammenziehen) verantwortlich, welche wiederum die Nahrung durch die Speiseröhre befördern.

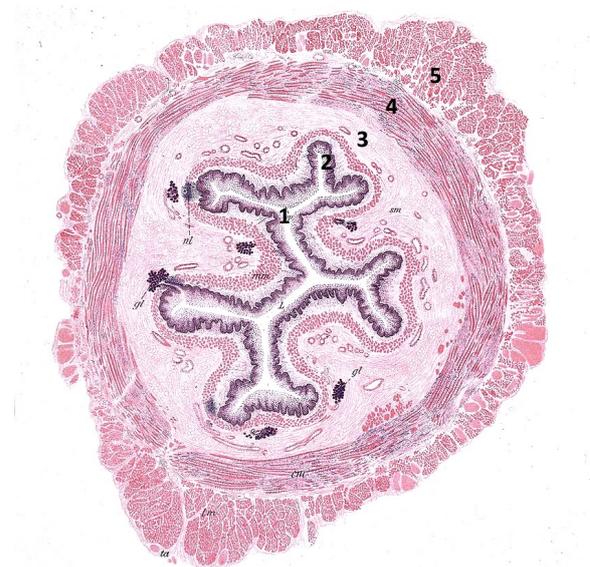


Abbildung 23: Gewebequerschnitt der Speiseröhre – 1: Lumen; 2: Schleimhaut; 3: Bindegewebe mit Drüsen; 4: Quermuskelschicht; 5: Längsmuskelschicht³

Der Aufbau der Speiseröhre erlaubt eine Dehnung des Lumens auf 3 bis 4 cm. Dadurch kann sich die Speiseröhre auf Form und Beschaffenheit der verschluckten Nahrung anpassen.

Anhand des erlernten Wissens über den histologischen Aufbau des Epithels und dem Gewebeschnitt der Speiseröhre konnten wir uns erschließen, dass es sich bei der Schleimschicht der Speiseröhre um ein mehrschichtiges, unverhorntes Plattenepithel handelt (siehe Abbildung 24). Zum einen mehrschichtig, da die Zellen wie eine Mauer aufeinander aufbauen, und unverhornt, weil jede Zelle einen Zellkern

³Abbildung: Wikimedia (A. E. Schaffer, Wellcome Collection, CC BY 4.0)

besitzt. Nicht bei allen Zellen ist das deutlich sichtbar. Grund dafür ist der hauchdünne Gewebeschnitt, bei dem der Zellkern mancher Zellen sich dort befunden hat, wo die Gewebeschicht abgetrennt worden ist. Und wie in Abbildung 24 gut erkennbar, besitzen die Zellen eine platte Form.

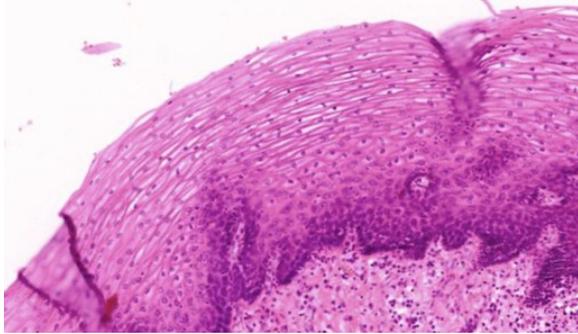


Abbildung 24: Mehrschichtiges, unverhorntes Plattenepithel der Speiseröhre

Der Magen

GABI BARTKOWIAK UND VIKTORIA MOTZ

Durch die Speiseröhre gelangt der Nahrungsbrei weiter in den Magen, den sogenannten Gaster. Diesen kann man sich als einen Muskelbeutel vorstellen, der die Speiseröhre und den Darm verbindet. Hier werden die Nahrung gesammelt und wichtige Schritte der Verdauung durchgeführt. Mit Hilfe von seinen Muskeln kann der Magen den Nahrungsbrei gegen die Magenwand schleudern, um den Brei zu durchmischen. Zwischen der Speiseröhre und dem Magen befindet sich ein Schließmechanismus. Dieser verhindert, dass die Magensäure mit der Nahrung ungewollt in die Speiseröhre zurückfließt und Schäden anrichtet. Ein weiterer Schließmechanismus ist der Pförtner. Er befindet sich im letzten Abschnitt des Magens und verschließt den Magenausgang, damit der Mageninhalt nur portionsweise in den Darm transportiert wird.

Im Magen selbst befindet sich Magensäure, die hauptsächlich aus Salzsäure besteht. Die Salzsäure hat einen pH-Wert von 1–3,5. Der niedrige pH-Wert der Salzsäure zeigt, dass die Magensäure eine stark ätzende Säure ist. Um die

Magenwand vor der Säure zu schützen, produziert die Magenschleimhaut eine Schleimschicht. Diese Schleimschicht enthält eine Base. Bei einer Reaktion von der Säure und der Base neutralisieren sich die beiden Lösungen und machen sich so gegenseitig unschädlich. Die Magensäure bleibt jedoch ätzend, da die Base sich nur an der Schleimhaut befindet und nicht in den Magen abgegeben wird und die Neutralisationsreaktion daher nur an der Magenwand abläuft.

Welchen Grund gibt es für die stark ätzende Säure des Magens, wenn sich der Magen selbst davor schützen muss? Mit unserer Nahrung gelangen manchmal auch Krankheitserreger in den Magen. Damit diese keine Schäden anrichten, müssen sie abgetötet werden. Hierfür gibt es die Magensäure. Wie in Abbildung 25 gezeigt, gelangen die Krankheitserreger in den Magen und werden daraufhin von der Magensäure abgetötet.

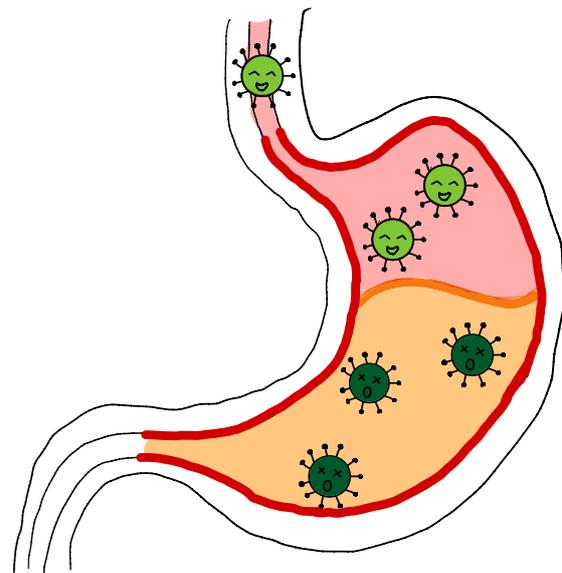


Abbildung 25: Abtötung von Erregern durch die Magensäure

Außerdem beschleunigt der saure pH-Wert aufgrund der vielen H^+ -Ionen die Zersetzung von Proteinen. Durch die Säure läuft häufiger eine Hydrolysereaktion ab. Bei der Hydrolyse wird eine Verbindung, wie in unserem Fall die Proteine, durch eine Reaktion mit Wasser gespalten. Dabei wird von einem Wassermolekül ein Proton (H^+) an einen Teil der Aminosäureketten angehängt. Das verbleibende Hydroxidion

(OH⁻) bindet sich an einen anderen Teil der Aminosäurekette. Durch die Hydrolyse werden die Aminosäureketten aufgebrochen.

Zusätzlich befindet sich in der Magensäure das Enzym Pepsin, das dort sein pH-Optimum hat. Pepsin wirkt im Magen wie eine Schere. Es trägt einen großen Teil dazu bei, dass die in der Nahrung enthaltenen Proteine in einzelne Aminosäuren aufgespaltet werden. (siehe Abbildung 26).

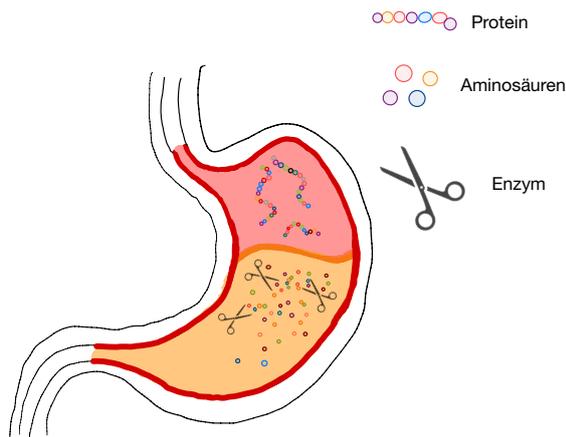


Abbildung 26: Das Enzym Pepsin spaltet Proteine in Aminosäuren

Osmose

ELISABETH HERGET UND GABI
BARTKOWIAK

Vom Magen aus kommt die Nahrung in den Darm. Um die Vorgänge im Darm besser verstehen zu können, ist der Prozess der Osmose sehr wichtig. Die Osmose beschreibt die Bewegung von Teilchen über eine semipermeable (halbdurchlässige) Membran. Diese Bewegung ergibt sich aus dem Bestreben der Natur, Unterschiede auszugleichen, in diesem Fall Konzentrationsunterschiede.

Um zu veranschaulichen, wie unsere Darmzellen mithilfe des osmotischen Drucks verschiedene Nährstoffe aufnehmen können, haben wir einen Modellversuch durchgeführt. Dazu haben wir in einen Dialyseschlauch 15 ml Stärkelösung gegeben und diesen mit Klammern dicht verschlossen. Der Dialyseschlauch soll hierbei die semipermeable Membran einer Darmzelle simulieren. Diese enthält viele Poren, die kleine

Stoffe wie zum Beispiel Iod durch den Schlauch ohne Probleme durchlassen, während er für größere Moleküle wie Stärke undurchlässig ist. Wir platzierten den verschlossenen Dialyseschlauch in ein Becherglas, in dem sich eine gelbe Iodlösung befand. Anschließend stellten wir das Becherglas auf eine Rührplatte, welche für eine gute Durchmischung der Flüssigkeit sorgte.

Bereits nach etwa fünf Minuten konnten wir erkennen, dass die Stärkelösung im Dialyseschlauch einen leichten Blaustich erhielt. Nach 15 Minuten war die Stärkelösung vollständig dunkelblau verfärbt (siehe Abbildung 27).

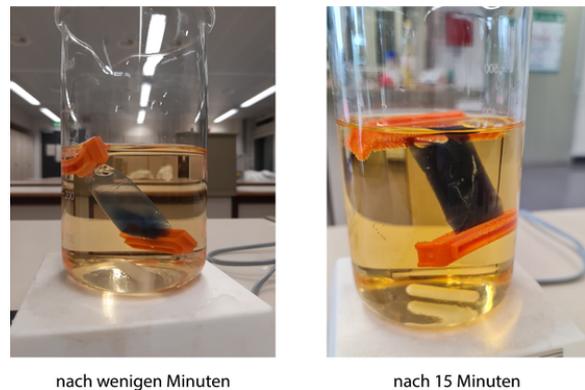


Abbildung 27: Das Ergebnis des Osmoseversuches

Erklären können wir uns die Beobachtung mithilfe der Osmose. Weil sich außerhalb des Dialyseschlauchs Iod befindet und im Schlauch nicht, herrscht ein Konzentrationsunterschied. Um diesen Unterschied auszugleichen, gelangt Iod durch die durchlässige Membran in den Dialyseschlauch. Nun ist im Schlauch nicht nur Stärke, sondern auch Iod enthalten. Mit den bereits vorgestellten Stärkenachweis können wir uns die Verfärbung erklären: Die im Beutel enthaltenen Iodatome und Stärkemoleküle reagieren zu einem Iod-Stärke-Komplex. Dadurch wird die Lösung innerhalb des Beutels mit der Zeit blau gefärbt. Da der Dialyseschlauch nicht durchlässig für die Stärke-Moleküle ist (aufgrund der Porengröße des Schlauches), kann der Konzentrationsunterschied der Stärke nicht durch Osmose ausgeglichen werden. Deswegen bleibt die umgebende Iodlösung gelblich.

Unsere Darmzellen können über diesen Prozess noch viel mehr Stoffe aufnehmen als hier anhand des Iods veranschaulicht. Aber dazu mehr im nächsten Kapitel.

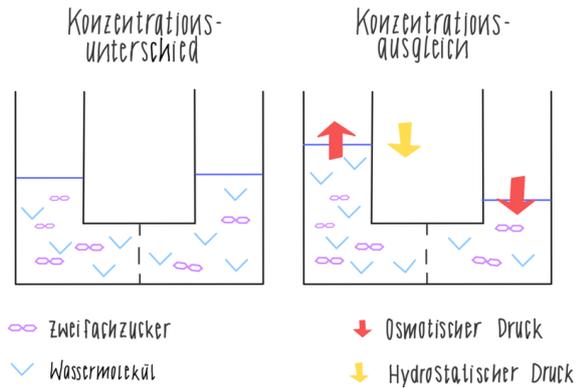


Abbildung 28: Durch Osmose kann der Wasserpegel sogar gegen den hydrostatischen Druck ansteigen. Links der Membran ist zunächst die Konzentration der Zweifachzucker höher als rechts davon. Da der Zweifachzucker die Membran nicht passieren kann, wandert zum Ausgleich Wasser von rechts nach links.

Der Darm

RICA MATTHÄUS UND TIBOR MOLNAR

Der Darm ist das Organ mit der größten Oberfläche in unserem Körper. Wozu diese große Fläche dient, werden wir uns im Folgenden genauer anschauen.

Nachdem der Speisebrei unseren Magen verlässt, passiert er nacheinander den Dünndarm, den Dickdarm und den Mastdarm, durch den die Reste unseres Nahrungsbreies als Stuhl ausgeschieden werden (siehe Abbildung 29).

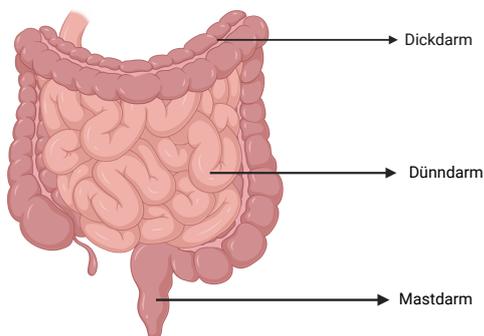


Abbildung 29: Der Darm wird in Dün-, Dick- und Mastdarm unterteilt (erstellt mit BioRender).

Innerhalb des Dünndarms gibt es verschiedene Bereiche: Sie heißen Zwölffingerdarm (Duodenum), Leerdarm (Jejunum) und Hüftdarm

(Ileum). Der ganze Dünndarm ist mit Ringfalten ausgekleidet. Auf jeder Ringfalte gibt es Zotten (Villi), welche wiederum mit kleineren Zotten (Mikrovilli) ausgestattet sind. Durch diese vielen Ausstülpungen entsteht eine sehr große Oberfläche, die bei einem erwachsenen Menschen ungefähr mit der Fläche eines Fußballfeldes verglichen werden kann. Auf der gesamten Fläche sitzen Zellen, die zur Nährstoffaufnahme dienen.

Im Dickdarm wird der Nahrungsbrei eingedickt, indem ihm das Wasser entzogen wird. Außerdem befindet sich hier die sogenannte Darmflora. In ihr leben Billionen von Bakterien, welche im Dickdarm Nährstoffe wie z. B. Zink und Calcium aufnehmen.

Das Stoma

Bei manchen Erkrankungen kann der Darm so betroffen sein, dass er seine Funktion nicht mehr erfüllen kann. Dann können Patienten mithilfe eines Stomas behandelt werden. Dabei handelt es sich um einen künstlichen Darmausgang. In einer kleinen Operation wird hierfür ein Stück des Darms durch die Bauchdecke gezogen, welcher dann auch auf der Bauchdecke sichtbar ist (siehe Abbildung 30).



Abbildung 30: Ein Stoma, das Resultat eines medizinischen Eingriffs, bei dem der Dünndarm durch die Bauchdecke an die Oberfläche gezogen wird⁴

Solch eine Operation hatte auch Thorsten, den wir im Sommer interviewen durften. Wir haben Thorsten mit Fragen gelöchert, und er hat klar

⁴Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Salicyna, CC BY-SA 4.0)

verdeutlicht, dass Menschen, die ein Stoma haben, trotzdem meist nicht eingeschränkt sind. Sie leben so, wie alle anderen auch, und können sogar Achterbahn mit ihrem Stoma fahren. Auf das Stoma wird ein Stomabeutel geklebt, der gelegentlich geleert werden muss. Dies ersetzt für Stomapatient*innen den Gang zur Toilette. Während sich der Speisebrei bei gesunden Menschen im letzten Teil des Darms sammelt, übernimmt diese Funktion bei Menschen mit Stoma der Stomabeutel.

Teilweise ist der Brei noch nicht vollständig verdaut, wenn er aus der Bauchdecke kommt, denn es gibt sowohl Dickdarm- als auch Dünndarmstomata. Je nachdem, welcher Darm seine Funktion nicht mehr erfüllt, wird während der OP ein anderer Teil des Darms als Stoma eingesetzt. Ein Stoma wird meist als letzte Behandlungsmöglichkeit angesehen, wenn andere Methoden nicht geholfen haben. Es kommt z. B. bei Darmkrebs, aber auch bei Darmerkrankungen wie *Colitis Ulcerosa* oder *Morbus Crohn* (chronische Darmentzündung) zum Einsatz.



Abbildung 31: Thorsten engagiert sich in der Selbsthilfegruppe Stoma-Welt e. V. – auch wir durften ihn mit Fragen löchern.

Die Nährstoffaufnahme im Darm

Wie bereits erwähnt nimmt der Darm viele Nährstoffe auf. Dafür sind sowohl der Dick- als auch der Dünndarm zuständig.

Die Nährstoffe befinden sich zunächst im Darm-lumen, also zwischen den Falten, die der Darm wirft. Wenn nun Zweifachzucker wie beispielsweise Saccharose die kleinen Zotten berühren, werden sie an der Darmwand von Enzymen in

Einfachzucker aufgespaltet. Die Darmwand ist eine selektiv permeable Membran. Die generelle Aufnahme von Nährstoffen in den Darm funktioniert über die Osmose. Eine Aufnahme gegen den Konzentrationsunterschied benötigt entweder Energie oder andere Hilfsmittel. Eine Aufnahme von Zucker in die Darmzellen findet beispielsweise über einen Cotransport mit Natriumionen statt (siehe Abbildung 32).

Eine selektiv permeable Membran lässt nur sehr kleine Moleküle durch. Zuckermoleküle sind jedoch zu groß und zu geladen, um die Membran einfach so zu durchqueren. Deswegen wird die Glucose durch Glucosekanäle vom Darm aufgenommen und diffundiert anschließend weiter durch die Darmzellen ins Blut. Infolgedessen steigt der Blutzuckerspiegel an.

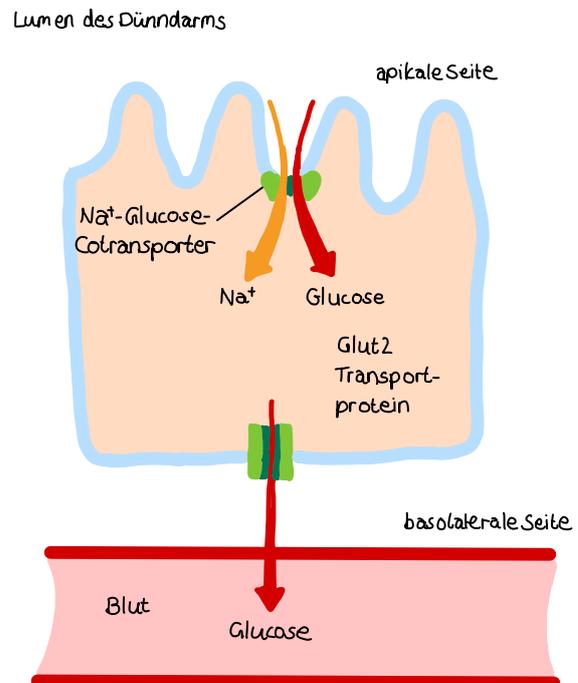


Abbildung 32: Glucose wird von Enterozyten (Darmzellen) mit einem Cotransporter mit Na^+ aufgenommen und gelangt durch Osmose ins Blut.

Anders jedoch werden Fette und Proteine aufgenommen: Damit Fette aufgenommen werden können, ist eine spezielle Verpackung vonnöten, die wir uns später im Abschnitt zur Leber und Galle noch genauer anschauen werden.

Proteine, die aus Aminosäuren aufgebaut sind, werden wiederum durch Proteinkanäle aufgenommen, die entweder einzelne Aminosäu-

ren oder auch kleine Aminosäureketten in die Darmzelle befördern.

Da nach einer guten Mahlzeit so viele zerkleinerte Nährstoffe auf einmal ankommen und der Körper möglichst viele aufnehmen möchte, braucht er so eine große Oberfläche. Auf ihr befinden sich Milliarden von Mikroorganismen. Auf sie wird im folgenden Text näher eingegangen. Dessen Grundlage ist ein spannender Vortrag von Michael Zimmermann. Er ist Wissenschaftler am EMBL Heidelberg und arbeitet derzeit am Mikrofilm.

Das Mikrobiom

RICA MATTHÄUS UND VIKTORIA MOTZ

Viren, Hefen, Bakterien oder Archaeen zählen zu den kleinsten, mit bloßem Auge nicht erkennbaren Mikroorganismen. Ihre Größe beträgt meist zwischen 0,2 und 10 Mikrometer. In einem gesunden Darm finden sich über 1000 verschiedene Arten. Mikroorganismen sind keine „Einzelgänger“, das heißt, sie leben in einer Gemeinschaft, die als *Mikrobiom* bezeichnet wird. Das schon seit ungefähr vier Milliarden Jahren existierende Mikrobiom kann sich sowohl auf lebendigen (*biotischen*) als auch auf toten (*abiotischen*) Oberflächen befinden. Um einen abiotischen Lebensraum handelt es sich, wenn sie im Meer oder auf der Erde leben. Besiedeln die Mikrobiota jedoch Tiere, Menschen oder Pflanzen, befinden sie sich in einem biotischen Lebensraum.

So wird die gesamte menschliche Körperoberfläche vom Mikrobiom besiedelt, je nach Körperregion jedoch von unterschiedlichen Organismen. Vergleichen wir die Gene, die in unserem Körper vorliegen, dann sind ungefähr 99% davon die Gene der kleinsten Mikroorganismen. Unsere Gene machen nur ein Prozent aus. Dieser große Anteil an Organismen bildet sich ab der Geburt und ist nach dem dritten Lebensjahr vollständig ausgereift. Aber wozu braucht der Mensch die Mikroorganismen?

Um diese Frage zu beantworten, ist der Darm mit seiner *Darmflora* ein gutes Beispiel. Kein anderes Organ im menschlichen Körper beinhaltet so eine Vielfalt an Mikroorganismen wie der Darm. Viele dieser Organismen meiden

den Kontakt zu Sauerstoff, weshalb die Artenvielfalt der Darmflora bisher noch sehr unerforscht und unbekannt ist. Zudem kann die Darmbevölkerung die Physiologie oder auch das Immunsystem des jeweiligen Menschen beeinflussen. Der Schutz gegen Krankheitserreger, die Aufnahme von Nährstoffen und das Produzieren von Vitaminen sind die wichtigsten Aufgaben, die die Bakterien im Darm erledigen. Verändern sich die Mikroorganismen, so können psychische Krankheiten, Entzündungen oder Erkrankungen wie Krebs entstehen.



Abbildung 33: Mit Michael Zimmermann hatte nicht nur unser Kurs, sondern die ganze Akademie die Chance, ins Thema Mikrobiom einzutauchen.

Unter anderem die Ernährung, aber auch Faktoren wie Sport, Verreisen oder der eigene Haushalt beeinflussen, welche Mikroorganismen sich im Darm ansiedeln. Es wurde bereits nachgewiesen, dass Menschen verschiedener Kulturen eine unterschiedliche Darmflora aufweisen. Das liegt an der unterschiedlich ausgeprägten Diät in den verschiedenen Nationen. Demzufolge verringert sich die Vielfalt des Mikrobioms im Darm bei einer Auswanderung von Asien in die USA. Denn in Asien ernähren sich die Menschen meist sehr vielseitig, dementsprechend sind auch die Bakterien des Darms sehr zahlreich und verschieden. Kommt diese Person in die Vereinigten Staaten und isst überwiegend Fast Food, passen sich die Bakterien an. Das heißt, die Mikroorganismen, die nicht mehr gebraucht werden, sterben einfach ab. Somit schrumpft die Anzahl der Bakterien im Darm auf einen Bruchteil.

Die Veränderung des Mikrobioms kann auch von der Einnahme einzelner Medikamente abhängen, deren Wirkstoffe eine bestimmte Wir-

kung auf die Darmflora haben. Dazu zählt beispielsweise das Medikament Metformin, welches zur Behandlung von Diabetes Typ 2 eingesetzt wird. Metformin ist jedoch nicht das einzige Medikament, welches die Mikroorganismen verändern kann, ein anderes wichtiges Beispiel sind *Antibiotika*. Im Allgemeinen verringern Wirkstoffe, die darauf ausgerichtet sind, Bakterien zu töten, die Anzahl der Darmbakterien um ein Vielfaches. Aus diesem Grund sind Antibiotika umstritten, denn in manchen Fällen erholt sich der Darm kaum von der Wirkung des Medikamentes, das einen Großteil des Mikrobioms auslöscht.

Man kann dem Darm und seinen kleinen Bewohnern einen Gefallen tun, indem man sich ausgewogen ernährt und Lebensmittel, die *Präbiotika* enthalten, zu sich nimmt. Präbiotika sind unter anderem in Spargel, grünen Bananen, Zwiebeln, Knoblauch, Pastinaken, Artischocken, Chicorée oder Lauch enthalten. Für die Darmpflege kann man sich auch *Probiotika* in der Apotheke besorgen. Präbiotika helfen dem Darm, die Vielzahl der Mikroorganismen aufrechtzuerhalten, und Probiotika enthalten Mikroorganismen, die man zu sich nimmt.

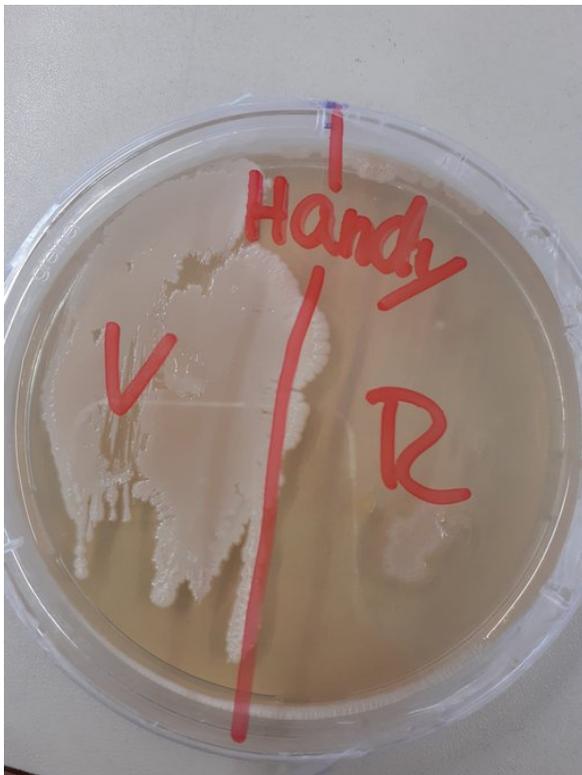


Abbildung 34: Mikroorganismen zweier Handydisplays auf einer Agarplatte

Schimmelplatten

Aufgrund ihrer Größe sind die Mikroorganismen für Menschen nicht sichtbar. Jedoch leben Mikroorganismen fast überall.

Um sie sehen zu können, haben wir Abstriche von verschiedenen Oberflächen genommen und sie auf Agarplatten gestrichen. Agar wird aus Algen gewonnen. Im alltäglichen Gebrauch ist es ein vegetarischer Gelatine-Ersatz. Die Platten wurden für mindestens 24 Stunden in einen Inkubator mit 37 °C gelegt. Dadurch fühlen sich die Mikroorganismen besonders wohl und vermehren sich schnell.

Auf fast jeder Platte vermehrten sich die Bakterien stark. In Abbildung 34 sieht man, dass viele Gegenstände, wie beispielsweise ein Handydisplay, gar nicht so sauber sind, wie man denkt. Außerdem erkennt man in Abbildung 35 die Wirkung des Desinfektionsmittels. Beim Abstrich des Tisches bildeten sich deutlich sichtbar Bakterien (siehe linke Seite der Petrischale), bei der Desinfektion jedoch nicht. Deshalb wird Desinfektionsmittel verwendet, um eine bakterienfreie Oberfläche zu schaffen.



Abbildung 35: Tisch vor (links) und nach (rechts) der Desinfektion

Leber und Galle

Leber

SALOMON OBERSCHMID, VIKTORIA MOTZ

Die Leber ist das größte und auch schwerste Innenorgan des menschlichen Körpers und wiegt zwischen 1,4 und 1,8 Kilogramm. Außerdem ist die Leber die größte Drüse unseres Körpers. Es fließen jede Minute ca. 1,5 Liter Blut durch sie hindurch. Sie liegt im rechten Oberbauch und wird mithilfe des Sichelbands der Leber an ihrem Platz gehalten. Die Leber besteht aus dem größeren rechten Leberlappen und dem etwas kleineren linken Leberlappen. Zwischen diesen Lappen verläuft das oben bereits erwähnte Sichelband der Leber. Unter der Leber liegt die Gallenblase, welche direkt mit der Leber verbunden ist (siehe Abbildung 36).

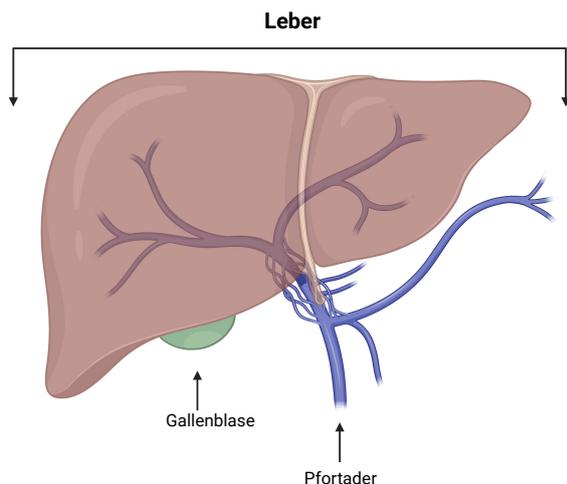


Abbildung 36: Durch die Pfortader gelangt das verunreinigte Blut in die Leber (erstellt mit BioRender).

Die Leber hat viele wichtige Aufgaben. Eine davon ist das Ausscheiden und Umwandeln von Giftstoffen. Dazu kommen die Speicherung von Nährstoffen und die Produktion der Galle.

Ausscheidung von Giftstoffen

Vor der Umwandlung von Giftstoffen wie Alkohol, Herbiziden oder Pestiziden müssen diese Stoffe erstmal in die Leber gelangen. Dafür fließt das Blut der Verdauungsorgane wie dem Magen und dem Darm in der Pfortader zusammen und wird von dort aus weiter in die Leber

gebracht. Hier gelangen die Stoffe in die Leberzellen, welche diese dann mithilfe von Enzymen und biochemischen Reaktionen in brauchbare Stoffe umwandeln können. Wasserlösliche Überreste wandern nach diesem Vorgang über das Blut in die Nieren. Wasserunlösliche Überreste werden mit der Galle in den Darm transportiert.

Speicherung von Nährstoffen

Die Leber speichert lebenswichtige Nährstoffe wie Fette, Eiweißbausteine, Eisen, Vitamine (A, B12, D) und Zucker. Sie kann diese Stoffe bei Bedarf auch wieder an den Körper abgeben, denn die Leber spielt bei der Blutzuckerregulation eine entscheidende Rolle. Genaueres kommt im nächsten Kapitel über die Bauchspeicheldrüse.

Produktion von Galle

Des Weiteren ist die Leber für die Produktion der Gallenflüssigkeit zuständig. Das geschieht in den Leberzellen. Aus dem Abbau von Blutkörperchen entsteht beispielsweise der Gallenfarbstoff Bilirubin, der dem Urin und dem Stuhl seine charakteristische gelbe bzw. braune Farbe gibt. Die Gallenflüssigkeit hilft bei der Verdauung. Um dies zu veranschaulichen haben wir den folgenden Versuch durchgeführt.

Der Emulgator-Versuch

Wir haben in einer kleinen Flasche Sonnenblumenöl mit Paprikapulver angefärbt, damit wir die Flüssigkeiten im weiteren Verlauf besser unterscheiden können. Als zweiten Schritt füllten wir Wasser in diese Flasche und schüttelten sie. Aber auch nach starkem Schütteln trennten sich die zwei Flüssigkeiten nach kurzer Zeit wieder. Dies änderte sich, als wir zwei bis drei Spatelspitzen Kartoffelbreipulver hinzugefügt haben und die Flasche erneut schüttelten. Nun konnten wir eine einheitliche Mischung beobachten (siehe Abbildung 37).

Vermischen sich Wasser und Öl, bezeichnet man dies als Emulsion, das Mittel, durch das eine Emulsion entstehen kann, nennt man Emulgator. Bei der Emulsion bindet sich der fettliebende (lipophile) Teil des Emulgators an das Öl und bildet eine Art Hülle um dieses. Auf der



Abbildung 37: Der Emulgator Versuch (links ohne Kartoffelbreipulver, rechts mit Kartoffelbreipulver)

anderen Seite des Emulgators, dem wasserliebenden (hydrophilen) Teil, ordnet sich Wasser an. Den Emulgator kann man sich wie einen Magnet vorstellen, der sich zum Plus beziehungsweise Minuspol ausrichtet (siehe Abbildung 38).

In unserem Fall war der Emulgator das Kartoffelbreipulver. Ein weiteres alltägliches Beispiel für einen Emulgator ist Seife, die uns ermöglicht, unsere fettigen Hände mit Wasser zu reinigen. Diese Aufgabe, Fette in Wasser löslich zu machen und somit ihre weitere Verarbeitung zu gewährleisten, übernehmen im Körper die Bestandteile der Gallenflüssigkeit.

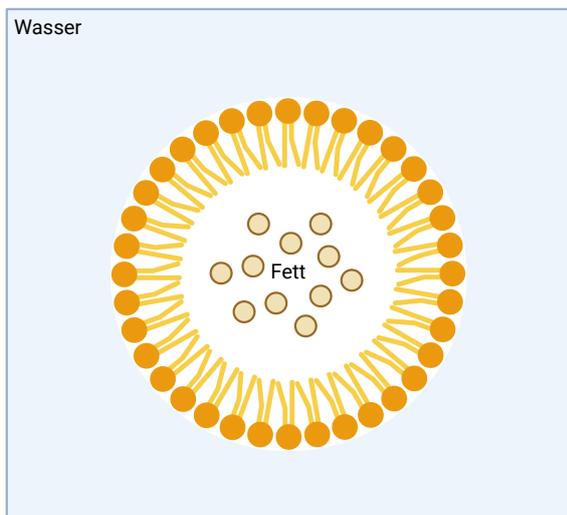


Abbildung 38: Skizze zur Verdeutlichung einer Emulsion (erstellt mit BioRender)

Die Gallenblase

VIKTORIA MOTZ

Da der Emulgatorversuch nur eine Verbildlichung der Funktion der Gallenflüssigkeit war, nahmen wir anschließend das damit verbundene Organ, die Gallenblase, unter die Lupe.

Die Gallenblase ist ein dünnwandiges, birnenförmiges Organ, das sich an der Unterseite der Leber befindet (siehe Abbildung 39). Sie ist etwa 7 bis 10 cm lang und misst an ihrer breitesten Stelle bis zu 5 cm.

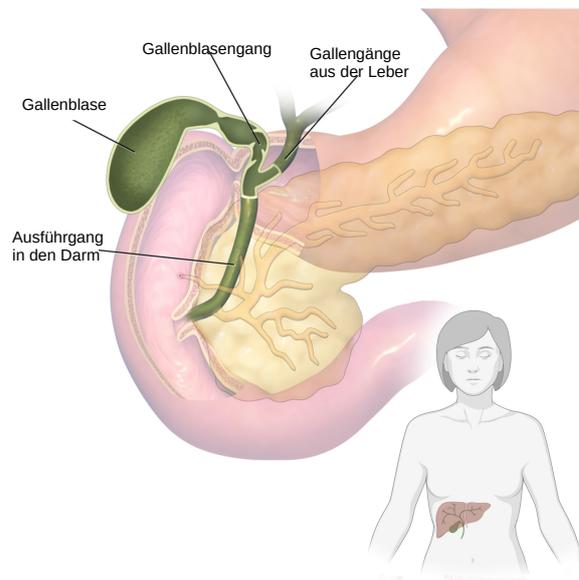


Abbildung 39: Die Gallenblase mit Verbindungen zu Leber und Zwölffingerdarm⁵

Jeden Tag produziert die Leber 800 bis 1000 ml Galle, eine bräunliche bis olivgrüne Flüssigkeit, die über kleine Kanäle in den Hauptgallengang abgegeben wird. Von dort aus gelangt sie entweder in den Darm oder in die Gallenblase. Während einer Mahlzeit wird die Galle direkt in den Dünndarm abgegeben und hilft bei der Fettverdauung. Zwischen den Mahlzeiten, wenn keine Fettverdauung stattfindet, wird der größte Teil der Galle in die Gallenblase geleitet, in der sie eingedickt und gespeichert wird. Nehmen wir fettreiche Nahrung zu uns, zieht sich die mit etwa 30 bis 80 ml Galle gefüllte Gallenblase zusammen und leitet die Galle durch den Gallengang in den Zwölffingerdarm, wo sie dem Nahrungsbrei zugemischt wird.

⁵Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Bruce Blaus, bearbeitet, CC BY-SA 4.0)

Wenn wir etwas Fettiges essen, sammelt sich das Fett in unserem Nahrungsbrei als Fettkügelchen, da es sich aufgrund seiner chemischen Eigenschaften nicht in dem sonst eher wässrigen Nahrungsbrei lösen kann. In diesem Zustand könnte es vom Körper nicht aufgenommen werden. Darum enthält die Gallenflüssigkeit Gallensalze, die große Fettkügelchen aus unserer Nahrung einhüllen, sie damit in kleine Einheiten zerlegen und es den Darmzellen so ermöglichen, die Fette aufzunehmen.

Die Bauchspeicheldrüse

VIKTORIA MOTZ

Die Bauchspeicheldrüse befindet sich im Oberbauch hinter dem Magen. Das Organ ist 12 bis 18 cm lang und setzt sich aus einem Körper und einem spitz zulaufenden Schwanz zusammen. Bei der Verdauung hat es zwei wichtige Aufgaben. Zum einen wird in den exokrinen Drüsenzellen der Bauchspeicheldrüse ein Verdauungssaft mit Enzymen erzeugt. Die Bezeichnung exokrine („nach außen abgebende“) Drüsenzellen kommt vom Transport des Verdauungssafts zum Dünndarm (nach außen).

Zum anderen produzieren die endokrinen Zellen der Bauchspeicheldrüse Hormone wie Insulin und Glucagon. Die endokrinen („nach innen abgebenden“) Zellen, die durch ihre inselartige Anordnung auch Langerhans-Inseln genannt werden, geben die produzierten Hormone direkt ins Blut (nach innen) ab. Im Folgenden wird betrachtet, welche Rolle diese Hormone im Blut spielen.

Nach dem Essen und der Aufnahme von Kohlenhydraten und Zucker steigt die Glucosekonzentration im Blut an. Da der Körper einen konstanten Blutzuckerspiegel braucht, gibt es in der Bauchspeicheldrüse Zellen, die diesen Anstieg bemerken und daraufhin das Hormon Insulin freisetzen. Durch das Insulin nehmen die Körperzellen die sich im Blut befindende Glucose auf. Die überschüssige Glucose wird in der Leber in Glycogen (lange Glucoseketten) umgewandelt. In dieser Form speichert die Leber die Glucose und setzt sie bei Bedarf wieder frei. So normalisiert sich der Blutzuckerspiegel durch das Insulin.

Durch körperliche Aktivitäten, wie beispielsweise Sport, kann der Blutzuckerspiegel sinken. Um dies ohne Nahrungsaufnahme auszugleichen, gibt es ebenfalls in der Bauchspeicheldrüse Zellen, die das Hormon Glucagon ausschütten. Es sorgt dafür, dass das in der Leber gespeicherte Glycogen wieder zu Glucose umgewandelt und ins Blut abgegeben wird, wie man in Abbildung 40 sehen kann. Dadurch normalisiert sich der Blutzuckerspiegel wieder. Den eben beschriebenen Vorgang bezeichnet man auch als „Gegenspielerprinzip“, da Insulin den Blutzuckerspiegel senkt und Glucagon diesen im Gegenzug ansteigen lässt.

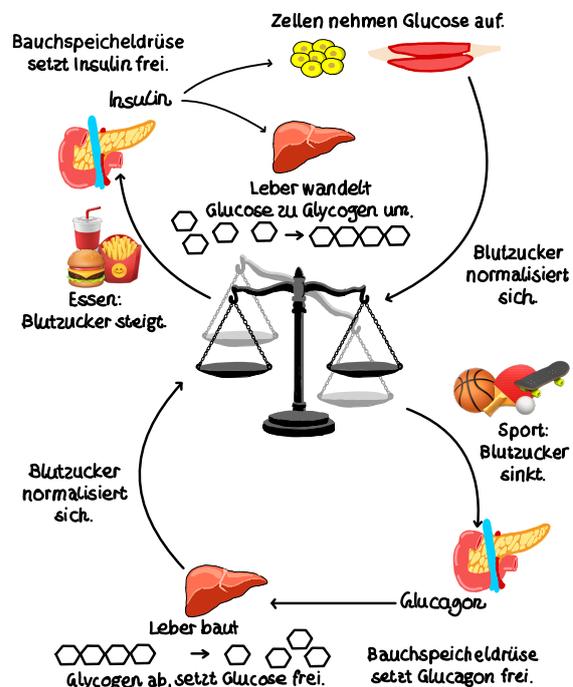


Abbildung 40: Der Blutzuckerspiegel wird mithilfe von Insulin und Glucagon reguliert.

Oraler Glucosetoleranztest

ELISABETH HERGET

Um unser Wissen über die Hormone der Bauchspeicheldrüse, Insulin und Glucagon, nun anzuwenden, führten wir ein Experiment durch. Bei diesem erklärten sich unsere Kursleiterinnen Anna und Johanna sowie unser Schülermentor Fabian als Versuchspersonen bereit. In dem Experiment standen uns 24 Teststreifen mit einigen Blutzuckermessgeräten zur Verfügung,

um den Blutzucker zu verschiedenen Zeitpunkten zu messen. In der Versuchsplanung legten wir fest, wann wir jeweils den Blutzuckerwert bei unseren drei Probanden messen würden. Zuerst bestimmten wir bei allen dreien den Ausgangswert des Blutzuckers, bei dem Johannes Blutzuckerwert vergleichsweise niedrig war, weil dieser gemessen wurde, als sie nüchtern war. Das bedeutet, dass sie zuvor nichts gegessen hatte. Annas und Fabians Blutwerte lagen höher, da Anna und Fabian wie gewohnt gefrühstückt hatten. Somit lag der Blutzucker bei den beiden eher höher. Anschließend tranken Anna und Johanna einen großen Becher mit in Wasser gelöster Glucose. Daraufhin maßen wir bei allen drei Personen noch jeweils sieben Mal den Blutzucker innerhalb von 120 Minuten.

In der Grafik 41 haben wir drei Kurven von unseren Kursleiterinnen und unserem Schülermentor erstellt, die den Blutzuckerspiegel in Abhängigkeit von der Zeit zeigen. Aus den Kurven ist herauszulesen, dass Johannes Blutzuckerspiegel im Vergleich zu Annas stärker ansteigt. Das liegt daran, dass bei Anna wegen ihres Frühstücks schon Insulin im Blut vorhanden war. Dadurch musste die Insulinausschüttung nicht erst in Gang gesetzt werden.

Bei beiden fängt der Blutzuckerspiegel nach etwa einer halben Stunde aufgrund der einsetzenden Insulinwirkung an zu sinken. Fabians Kurve stellt einen typischen Verlauf eines Menschen mit natürlichen Blutzuckerschwankungen, zum Beispiel durch Sport, dar. Da sich bei allen dreien der Blutzuckerwert nach geraumer Zeit wieder normalisierte, können wir bei Anna, Johanna und Fabian von funktionierenden Regelkreisläufen ausgehen.

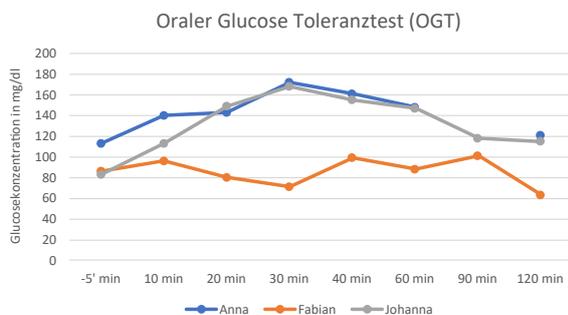


Abbildung 41: Fabians, Annas und Johannes Graph des oralen Glucosetoleranztests

Was jedoch geschehen kann, wenn manche Vorgänge beim Regulieren des Blutzuckerspiegels nicht funktionieren, wird im nachfolgenden Text zum Thema Diabetes mellitus erläutert. Viele der Nachfolgenden Informationen haben wir in einem Interview mit Conny, einer Diabetes-Patientin, am Eröffnungswochenende erhalten.

Diabetes mellitus Typ 1

JULIUS OTT

Funktioniert die Regulation des Blutzuckerspiegels nicht, kann die meistverbreitete Zuckerkrankheit Deutschlands, Diabetes mellitus, vorliegen. Man unterscheidet dabei zwischen Diabetes Typ 1 und Diabetes Typ 2. Beim Diabetes Typ 1 kann die Bauchspeicheldrüse kein Insulin mehr produzieren. Dieses wird jedoch benötigt, um Zucker aus unserem Blut in die Körperzellen zu transportieren. Erkrankten Menschen an Diabetes Typ 2, entwickelt sich eine Insulinresistenz der körpereigenen Zellen.

Ein deutlich verstärktes Durstgefühl, häufiger Harndrang, Müdigkeit, Unwohlsein, sowie starke, ungewollte Gewichtsabnahme können auf diese Erkrankung hindeuten. Unbehandelt führt Diabetes zu einem starken Anstieg der Glucosemenge im Blut, da diese nicht mehr in den Zellen aufgenommen werden kann, was zu einer Ohnmacht und im schlimmsten Fall zum Tod der Erkrankten führen kann. Unter ärztlicher Behandlung ist die Einstellung von Diabetes jedoch gut möglich, sodass Betroffene ein nahezu normales Leben führen können.

Bis heute ist die Ursache für Diabetes Typ 1 nicht endgültig geklärt. Eindeutig kann jedoch gesagt werden, dass bei einer Erkrankung mit Diabetes Typ 1 die insulinproduzierenden β -Zellen von körpereigenen Prozessen zerstört werden und daher kein Insulin mehr produzieren können. Die Veranlagung dazu kann vererbt werden, aber ob die Krankheit dann tatsächlich ausbricht oder nicht, hängt von vielen weiteren Faktoren ab. Es besteht der Verdacht, dass virale Infekte den Ausbruch der Krankheit begünstigen, das Immunsystem überreagiert und die Bauchspeicheldrüse angreift. Diabetes Typ 1 betrifft jedes Alter. Auch Kinder

erkranken an dieser Krankheit. Oft können sie damit sogar besser umgehen als erwachsene Betroffene. Methoden zur Behandlung sind das Spritzen von synthetisch hergestelltem Insulin, verbunden mit dem regelmäßigen Messen des Blutzuckerspiegels (siehe Abbildung 42).

Das Messen des Blutzuckerspiegels kann zwischenzeitlich mit einem am Oberarm angebrachten Sensor, der die Blutzuckerwerte kontinuierlich misst, ohne „Fingerstechen“ erfolgen. Die Daten werden anschließend direkt auf die dazugehörige App übertragen. Dieser Sensor wird von den Betroffenen eigenständig alle 14 Tage gewechselt.

Es gibt viele Möglichkeiten, dem Körper Insulin zuzufügen. Die Insulinabgabe kann mittels eines Insulinpens durch mehrmalige Abgabe von Einzeldosen über den Tag verteilt zu jedem Essen und zwei Gaben langwirksamen Insulins am Abend und am Morgen erfolgen. Auch mit einer Insulinpumpe kann die Erkrankung behandelt werden. Mittlerweile kommt diese immer öfter zum Einsatz. Sie gibt die für den Grundbedarf an Insulin benötigte Menge automatisch ab. Dabei wird meist schnell wirksames Insulin verwendet, welches schon nach wenigen Minuten wirkt. Bei jeder Mahlzeit muss zusätzlich die Kohlenhydratmenge möglichst genau berechnet werden, sodass die entsprechende Insulinmenge zur Mahlzeit verabreicht werden kann.

Menschen, die an Diabetes mellitus Typ 1 erkrankt sind, können alle Nahrungsmittel zu sich nehmen, die auch ein gesunder Mensch essen kann, da sie das benötigte Insulin für jede Mahlzeit ganz individuell anpassen können. Wird zu viel Insulin gespritzt, müssen die Betroffenen Glucose (häufig in Form von Traubenzuckerbonbons) oder andere zuckerhaltige Lebensmittel zu sich nehmen, sodass der Blutzuckerspiegel wieder ansteigt. Meist setzt dies nach kurzer Zeit ein. Außerdem muss darauf achtgegeben werden, wie viel Sport die betroffene Person treibt, da auch Sport den Blutzuckerspiegel zusätzlich senken kann. Gegebenenfalls muss die kontinuierliche Insulinabgabe für diese Zeit reduziert werden oder vor dem Sport zusätzlich Kohlenhydrate gegessen werden. Da der Mensch nicht programmierbar

ist wie ein Computer und es immer wieder zu einem unerklärlichen Blutzuckerabfall kommen kann, sollten Menschen mit Diabetes Typ 1 immer Traubenzucker dabei haben.



Abbildung 42: Mithilfe des Blutzuckermessgeräts und einem Tropfen Blut kann der Blutzucker gemessen werden.

Diabetes mellitus Typ 2

GRACE ALHELO

Diabetes Typ 2 ist genau wie Diabetes Typ 1 eine Zuckerkrankheit, jedoch liegt das Problem nicht bei der Insulinproduktion, sondern bei der Aufnahme von Insulin.

Wie entsteht Diabetes Typ 2?

Diabetes Typ 2 entsteht durch die Entwicklung einer Insulinresistenz der Körperzellen. Wenn unsere Körperzellen ständig mit viel Insulin umgeben sind, werden sie dem Insulin gegenüber immer weniger empfindlich, woraufhin unser Körper eine immer größere Menge von Insulin produziert, das jedoch nicht mehr so gut wirkt. Das Insulin wird jedoch benötigt, damit Glucose in unsere Körperzellen aufgenommen wird. Gelangt nicht mehr genug Zucker in die Zellen, sammelt es sich im Blut, sodass der Blutzuckerspiegel rasant ansteigt. Zudem fehlt den Zellen die Energie, die sie normalerweise aus der Glucose ziehen.

Welche Ursachen und Symptome hat Diabetes Typ 2?

Auch wenn die Ursachen sich sehr unterscheiden, treten beim Diabetes Typ 2 ähnliche Symptome wie beim Typ 1 auf. Der Lebensstil einer

Person hat einen großen Einfluss auf die Entstehung von Diabetes Typ 2. Neben erblichen Faktoren tragen Bewegungsmangel, Übergewicht, Rauchen und eine zuckerreiche, fettreiche und ballaststoffarme Ernährung zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit bei.

Die Symptome für Diabetes sind unter anderem ständiger Durst, weil man andauernd auf die Toilette gehen muss, um den Zucker auszuscheiden. Auch Müdigkeit, Konzentrationsstörungen, Sehstörungen und ein geschwächtes Immunsystem können auftreten. Letzteres macht sich vor allem in Form von längeren und häufigeren Infektionen bemerkbar. Es gibt allerdings auch langfristige Symptome, wie beispielsweise die Verengung der Blutgefäße. Diese kann zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen wie Herzinfarkten oder Schlaganfällen führen. Außerdem können Hautinfektionen und Geschwüre durch eine gestörte Wundheilung ausgelöst werden und eine vollkommene Erblindung durch die Schädigung des Sehnervs auftreten. Die Symptome können schwerwiegend sein und sogar lebenslang bestehen, wenn sie nicht rechtzeitig behandelt werden!

Welche Therapiemöglichkeiten gibt es?

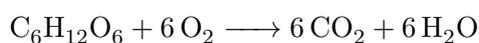
Wenn ein Diabetes Typ 2 erkannt wird, besteht eine erste Behandlungsoption in der Änderung des Lebensstils. Die Patient*innen müssen bspw. ihre Ernährung so umstellen, dass sie ballaststoffreich, fettarm und zuckerarm ist. Wenn dies nicht ausreicht, kann mit Medikamenten eingegriffen werden.

Energiegewinnung in der Zelle

GRACE ALHELO, JAKOB WANGERIN

Die Energiegewinnung in der Zelle, auch Zellatmung genannt, ist einer der essentiellen Vorgänge unseres Körpers, um aus unserer Nahrung Energie zu gewinnen und damit z. B. Muskelbewegungen zu ermöglichen.

Zusammenfassende Gleichung



Insgesamt wird bei der Zellatmung ein Glucosemolekül mithilfe von sechs Sauerstoffmo-

lekülen in sechs Kohlenstoffdioxid- und sechs Wassermoleküle abgebaut. Dabei wird Energie in Form von ATP (Adenosintriphosphat) erzeugt. ATP ist eine universelle „Energiewährung“ in unseren Zellen. Sie ermöglicht den Zellen viele wichtige Aufgaben wie z. B. Muskelbewegungen, den Transport von Materialien durch unsere Zellen oder von Stoffen gegen ein Konzentrationsgefälle über Zellmembranen, den Aufbau unserer DNA und viele weitere Prozesse, bei denen Energie vonnöten ist.

Die Zellatmung kann in drei Schritte unterteilt werden, die in unterschiedlichen Bereichen in der Zelle stattfinden (siehe Abbildung 43). Den ersten Schritt nennt man Glycolyse, der zweite ist der Citratzyklus und der letzte Schritt wird als Atmungskette bezeichnet. Um diese Schritte zu durchlaufen, muss das Glucose-Molekül zunächst einmal in die Zelle gelangen.

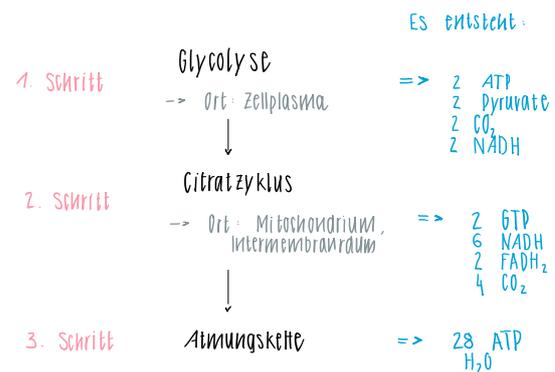


Abbildung 43: Die drei Schritte der Zellatmung

Wie kommt das Glucose-Molekül in die Zelle?

Um die Zellmembran zu überwinden, muss das Molekül durch einen Proteinkanal geschleust werden. Das Hormon Insulin wird benötigt, um die Kanäle in die Membran einzubauen. Zum Transport der Glucose in die Zelle wird somit Insulin benötigt, sodass dieser Vorgang durch die Insulinproduktion geregelt werden kann.

Was passiert in der Zelle?

Wenn das Molekül in der Zelle angekommen ist, befindet es sich im Zellplasma, wo der erste Schritt der Zellatmung, die Glycolyse, stattfindet. Dabei wird in zehn Reaktionsschritten

Glucose mit sechs Kohlenstoffatomen in zwei Pyruvate abgebaut. Pyruvate sind Moleküle mit jeweils drei Kohlenstoffatomen. Außerdem entstehen zwei Nicotinamidadenindinukleotide, kurz 2 NADH, zwei elektrisch positiv geladene Wasserstoffatome, kurz 2H^+ , und zwei 2 ATP. Das NADH dient hierbei als Speicher für Elektronen, die bei den Glucoseabbau-Reaktionen frei werden. Die gespeicherten Elektronen werden später im letzten Schritt – der Atmungskette – weiterverwendet.

Die beiden Pyruvate werden unter Abgabe von CO_2 in Acetyl-CoA umgebaut. Jedes Acetyl-CoA besteht aus je zwei Kohlenstoffatomen. An diesem Punkt der Zellatmung können auch Fette und Proteine zur Energiegewinnung beitragen, da auch diese in Acetyl-CoA abgebaut werden. Pro Pyruvat wird außerdem ein NAD^+ -Molekül in ein NADH-Molekül umgebaut.

→ *Es entstehen zwei CO_2 und zwei NADH.*

Nachdem die Acetyl-CoA-Moleküle entstanden sind, gehen sie durch einen Kanal, der in ein Mitochondrium führt (siehe Abbildung 44). Die Mitochondrien bestehen aus zwei Membranen. Der Bereich zwischen den beiden Membranen wird als Intermembranraum, der innerste Teil als Matrix bezeichnet.

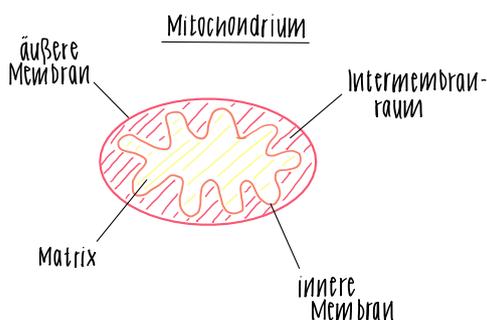


Abbildung 44: Die Mitochondrien spielen eine wichtige Rolle in der Energiegewinnung.

Der nächste Schritt der Zellatmung ist der Citratzyklus, welcher im Intermembranraum stattfindet. In diesem Zyklus wird Acetyl-CoA in CO_2 abgebaut. Des Weiteren entstehen Flavin-Adenin-Dinucleotide, kurz FADH_2 , 2 NADH und Guanositriphosphate, kurz GTP (ein Molekül, das ATP ähnelt). NADH und FADH_2 sind Moleküle, die Elektronen aufneh-

men und abgeben können. Wie bereits erklärt, hat ein Acetyl-CoA-Molekül zwei Kohlenstoffatome. Nun werden sie durch den Citratzyklus zu 2CO_2 abgebaut.

→ *Es entstehen 6 NADH, 2 FADH_2 , 4 CO_2 und 2 GTP im Intermembranraum.*

Die NADH-Moleküle wandern durch einen Kanal vom Intermembranraum in die Matrix (siehe Abbildung 45). Dort geben die NADH-Moleküle jeweils zwei Elektronen an den ersten Komplex der Atmungskette ab ($\text{NADH} \rightarrow \text{NAD}^+ + 2\text{e}^- + \text{H}^+$). Insgesamt gibt es vier dieser Komplexe, I, III, IV und V, die zusammen als Elektronentransportkette bezeichnet werden.

Während die Elektronen auf den ersten Kanal übergeben werden, wandern vier Protonen (H^+) durch den ersten Kanal in den Intermembranraum. Ein Elektron springt vom ersten Kanal zum dritten und ermöglicht dabei 2H^+ den Durchgang durch den Komplex III. Nun wandert das Elektron nochmals zum vierten Kanal und lässt ein weiteres H^+ hindurchgehen. Am vierten Kanal endet der Weg der Elektronen. Zwei Elektronen werden auf zwei Protonen und ein Sauerstoffmolekül übertragen, sodass Wasser entsteht.

Im Intermembranraum befinden sich nun viele H^+ . Das Bestreben der Natur, Konzentrationsunterschiede auszugleichen, haben wir ja bereits im Osmose-Kapitel kennengelernt. Auch hier führt es zu einem Bestreben, die Anzahl der H^+ in den beiden Räumen (Matrix und Intermembranraum) auszugleichen. Dies wird nun an der inneren Seite des fünften Kanals von der ATP-Synthase ausgenutzt. Ähnlich einer Wassermühle wandelt sie die Energie der strömenden H^+ in eine für den Körper nutzbare Form, das ATP, um. Hierbei entstehen 28 ATP-Moleküle pro abgebautem Glucose-Molekül.

→ *Es entsteht H_2O und 28 ATP.*

Wie viel ATP wird insgesamt von einem Glucose-Molekül produziert?

Im ersten Teil der Glycolyse werden 2 ATP-Moleküle produziert. Im zweiten Teil, dem Citratzyklus, 2 GTP, die schlussendlich auch in ATP umgewandelt werden. Im letzten Teil der

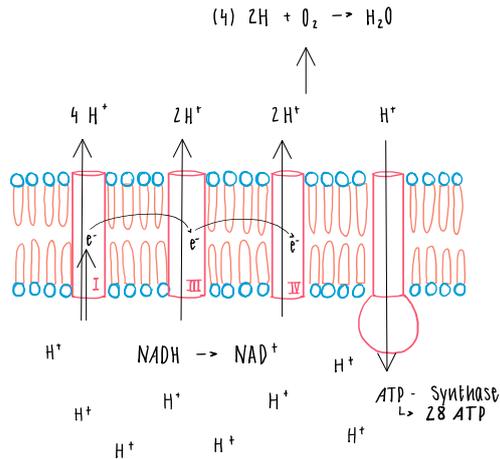


Abbildung 45: Die Atmungskette stellt den letzten Schritt der Zellatmung dar.

Atmungskette werden 28 ATP produziert. Somit werden insgesamt 32 ATP-Moleküle aus nur einem einzelnen Glucose-Molekül hergestellt.

Nieren

LEA SCHILLINGER UND RICA
MATTHÄUS

Nun ist der Weg der festen Nahrung abgeschlossen. Aber was geschieht mit Flüssigkeiten, und wie kommt unser Urin zustande?

Dafür sind die Nieren verantwortlich, zwei paarig angelegte Bauchorgane, die rechts und links der Wirbelsäule liegen (siehe Abbildung 46).

Eine Niere wiegt etwa 150–250 g und ist ca. 12 cm lang und 5 cm breit. Wie auch bei vielen anderen Organen variiert die Größe je nach Alter, Körpergröße und Gewicht. Die Hauptaufgabe der Nieren liegt darin, Blut zu reinigen und zu filtern. Das ist auch der Grund, weshalb sie oft „Klärwerke des menschlichen Körpers“ genannt werden. Trotz ihrer geringen Größe fließen innerhalb von 24 Stunden ca. 1500 Liter Blut durch die Nieren. Dabei werden Giftstoffe und Fremdstoffe zusammen mit der überschüssigen Flüssigkeit aus dem Blut herausgefiltert und schlussendlich über den Urin ausgeschieden. Für den Körper wichtige Substanzen wie beispielsweise Eiweißstoffe oder Mineralien werden hingegen von den Nieren zurückgehalten und wieder dem Blut zugeführt.

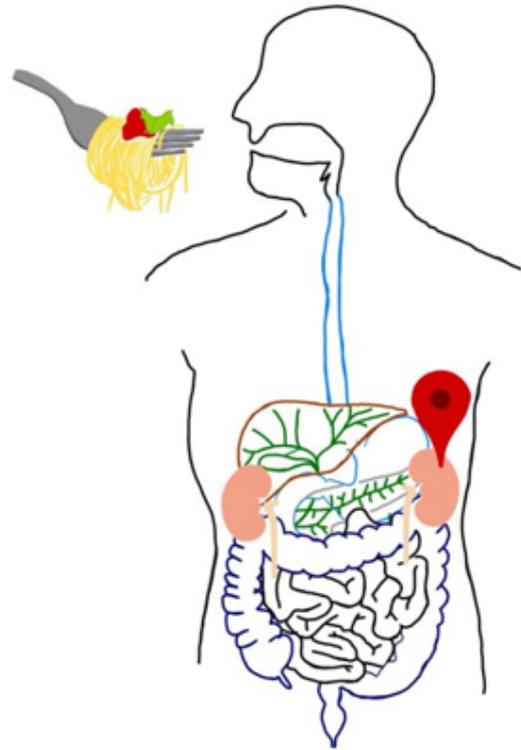


Abbildung 46: Die Nieren im Körper (erstellt mit BioRender)

Darüber hinaus erfüllen die Nieren noch weitere wichtige Aufgaben wie die Regulation des Salz- und Wasserhaushaltes, des Blutdruckes und des pH-Wertes des Blutes. Zusätzlich sind die Nieren auch für die Produktion verschiedener Hormone zuständig, wie zum Beispiel Erythropoetin, das zur Bildung roter Blutkörperchen benötigt wird.

Um das theoretische Wissen zum Aufbau und zur Funktion der Nieren besser nachvollziehen zu können, seziierten wir Schweinenieren. Da diese unseren menschlichen Nieren sehr ähnlich sind, kann man an ihnen den Weg des Blutes durch das Filtersystem und den Weg des Urins nachverfolgen (siehe Abbildung 47). Das Blut gelangt durch die Nierenarterie, die von unserer Hauptschlagader abgeht, in die Nieren. Dort fließt es zunächst durch die Nierenstrukturen der Nierenrinde, die äußerste Schicht der Niere, bis hin zu den Nierenpyramiden, wo es filtriert wird. Dort tropfen die überschüssige Flüssigkeit, Giftstoffe und Fremdstoffe in das Nierenbecken, von wo sie durch den Harnleiter in Richtung der Blase fließen. Der Abfluss des gereinigten Blutes erfolgt über die Nierenvene,

die zur Hohlvene führt. Diesen Weg des Blutes durch die Niere kann man auch in der Abbildung 47 anhand unserer seziierten Niere gut nachvollziehen.

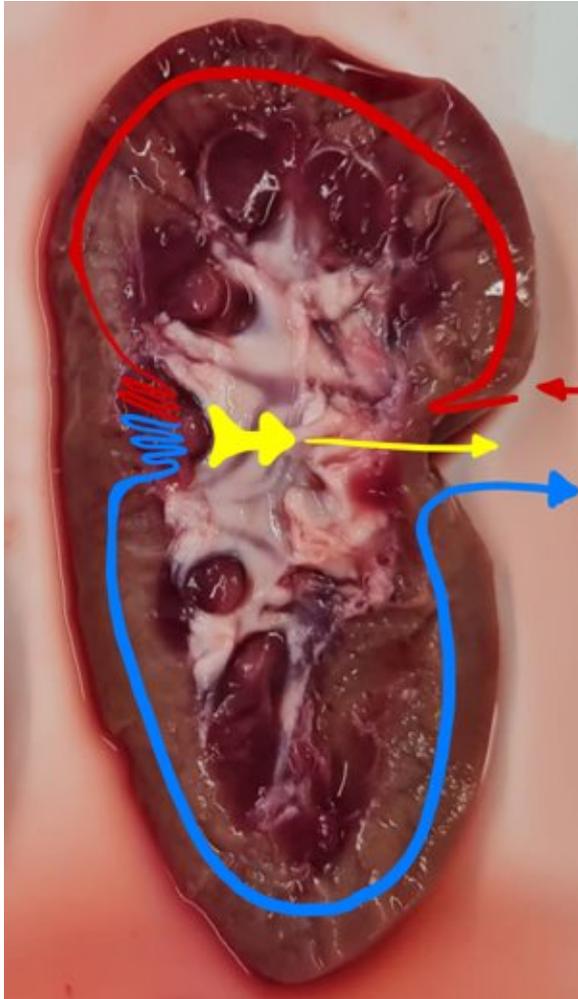


Abbildung 47: Der Weg des Blutes durch die Niere. Arterie in rot und Vene in blau. Die gelben Pfeile stellen den Weg des Urins dar.

Es ist durchaus möglich, dass Menschen auch mit nur einer Niere ein uneingeschränktes Leben führen können. Eine Niere kann die Funktion zweier Nieren ersetzen. Das größte Problem dabei ist, dass man im Falle einer Nierenerkrankung oder Entzündung keine zweite „Reserve-Niere“ mehr besitzt. Sollte dies der Fall sein, gibt es mehrere Möglichkeiten: zum einen die Hämodialyse, bei der das Blut mehrmals pro Woche in ein sogenanntes Dialysegerät geleitet wird, das dann die Aufgaben der Nieren erfüllt.

Es besteht auch die Möglichkeit einer Transplantation. Dabei wird nicht die kranke Nie-

re von einer gesunden Niere ersetzt, sondern die neue Niere in die Beckengrube gelegt. Die Gründe dafür sind das größere Platzangebot in der Beckengrube und die Komplexität der Lage der Nieren neben der Wirbelsäule und hinter all den Verdauungsorganen.

Tatsächlich gibt es auch Menschen, die mit mehr als zwei Nieren geboren werden. Da dies aber meistens keine Symptome oder Auffälligkeiten mit sich bringt, bleibt es oft unentdeckt.

Nun hat unser Herbert sowohl seine feste als auch seine flüssige Nahrung verdaut, und wir lassen ihn in Ruhe auf das Klo gehen, um dort sein Geschäft zu machen. Ob es ersteres oder letzteres ist, werden wir aus Datenschutzgründen nicht preisgeben.



Wer alles Herberts Klogang ermöglicht hat und jetzt von Informationen und Stoff gesättigt ist, sind die folgenden Personen, die nun in Hülle und Fülle genauer beschrieben werden.

Unser Kurs

Grace ist eine sehr neugierige und wissbegierige Person. Wenn mal Stille herrschte, hatte sie immer was zu sagen oder zu fragen. Auch ihr Verlangen, jede noch so kleine Information, die es gibt, mitzuschreiben, drückt ihre Wissbegierde aus. Sie ist sehr temperament- und humorvoll. Am liebsten hat sie Kaffee, ohne diesen geht laut ihren Worten „gar nichts“. Obwohl sie ihren Kaffee liebt, hat sie auch einen guten Geschmack, was Tee angeht. Von dem Pfirsich-Tee, den sie mitgebracht hatte, konnten die Teetrinker in unserem Kurs nicht genug haben. Was außerdem sehr bewundernswert

an Grace ist, ist ihr Ehrgeiz, sie hat es nämlich hier in die Akademie geschafft, obwohl sie 2015 noch nicht einmal Deutsch sprechen konnte.

Hendrik sorgte stets dafür, dass die Snackbar aufgefüllt war, wofür wir ihm alle sehr dankbar sind. Bekannt ist er für seinen Doppeltgürtel mit Sonnenbrille, außerdem trat er sehr selbstbewusst auf, weshalb er oft humorvoll als Diktator bezeichnet wurde. Vor allem an Diskussionen während unserer Mahlzeiten beteiligte er sich eifrig, dadurch hob er besonders vor Präsentationstagen die Stimmung, was einige von uns unter Stress stark benötigten. Seine Stärken liegen insbesondere in der Informatik, dadurch konnte er seine Fähigkeiten bei Formatierung und Layouten bei digitalen Texten und Präsentationen sehr gut einbringen.

Gabi, unsere super strukturierte Zeitmanagerin, kümmerte sich immer darum, den vorgeschriebenen Zeitplan einzuhalten. Bei spannenden Diskussionen war sie immer diskussionsfreudig bei der Sache. Ihre fröhliche und lustige Art steckte jeden aus dem Kurs an und zeigte, wie humorvoll sie ist. Auch sportlich gesehen war sie immer ganz vorne und mit großem Spaß dabei.

Luis, der Schlagzeuger unseres Kurses, war stets höflich und motiviert. Er galt als treuer Vertreter Hendriks, sowohl während der Diskussionen als auch in ihrer Band. Anfangs etwas schüchtern, blühte er innerhalb der zwei Wochen auf und wurde von Tag zu Tag offener und selbstbewusster.

Elisabeth ist ein sehr freundliches Mädchen, das sich für alles interessiert. Außerdem ist sie sehr sportlich und auch musikalisch begabt, was sie im Akademie-Orchester unter Beweis stellte. Glücklicherweise hatte sie mitten in der Sommerakademie Geburtstag, was uns einen Gratis-Kuchen bescherte. Ihre geschmackliche Vorliebe hat sich die japanische Kultur schon ergattert. Aber Sushi liegt ihr nicht so sehr am Herzen, ganz im Gegenteil zu unserem Kursthema.

Rica konnte mit ihrer fröhlichen, hilfsbereiten Art unseren Kurs immer wieder motivieren. Sie braucht immer etwas zu tun, so ist

sie sehr musikalisch und dazu auch noch sportlich. In der mittäglichen KüA-Schiene spielte sie im Orchester Klarinette, während sie in den abendlichen KüA-Schienen vor allem Volleyball spielte und an der Tanz-KüA teilnahm. Beim allmorgendlichen Check-up versuchte sie meist mit Erfolg, ihren müden und (verständlicherweise) demotivierten Kurs zu motivieren.

Tibor betrat mit „Tibor-grünem“ Pulli und einem Lächeln den Kursraum, von Anfang an war er sehr am Thema interessiert und motiviert und für die Witze der anderen zu haben. Auch zwischen den Kursen lag Tibor nicht auf der faulen Haut und probte im Sommer sehr fleißig auf dem Saxophon und dem Klavier für den genialen Hausmusikabend und fand dennoch Zeit, um Volleyball zu spielen und eine Programmier-KüA anzubieten.

Viktoria sticht durch ihre Kreativität und Hilfsbereitschaft heraus. Auch beim Morgensport war sie begeistert und motiviert dabei. Sie hilft allen, vor allem wenn es ums Zeichnen geht. Deshalb erklärte sie sich auf der Stelle bereit, unseren wunderschönen Kurspulli zu gestalten. Sie ist sehr interessiert und strebt nach neuem Wissen, vor allem in Chemie. Das neue Wissen kann sie dann gekonnt anwenden.

Salomon, unser Badboy, der sich Mozart am liebsten anhört, während er den Regen aus seinem Fenster beobachtet. Liefert die besten Sprüche, die es gibt, trotz der Tatsache, dass er relativ ruhig ist. Seine Vorlieben sind so unerwartet, dass sie jeden dazu bringen, ihn mehr zu mögen. Wie zum Beispiel seine Präferenz, einen lavendelfarbenen Kurspulli zu tragen, der Wunsch, die Herrschaft von Norwegen an sich zu reißen und der größte Fanboy Fabians zu sein. Sorgen muss man sich über Salomon nicht machen, solange er fünf Minuten vor dem Ende des Frühstückes da ist.

Julius war zu allen im Kurs und anderen Teilnehmern immer höflich und hilfsbereit. Bei allen Gesprächen brachte Julius sich mit ein und diskutiere munter mit uns. Zu jedem Thema, egal ob im Kurs oder beim Mit-

tagessen, lieferte er Aussagen und Sprüche, die uns alle zum Lachen brachten. Mit seiner positiven und humorvollen Art steckte er uns direkt an. Am Ende hat er alle beim Hausmusikabend als Pianist überzeugt.

Lea, auch Material Girl oder Dancing Queen genannt, konnte in der Sommerakademie leider erst ein paar Tage später anreisen, was man aber gar nicht merkte. Es war so, als sei sie schon die ganze Zeit dabei gewesen. Sie war immer sehr offen, hilfsbereit und höflich, sodass auch Vergleiche mit einer Golden-Retriever-Persönlichkeit aufkamen, was – das denken wir – ihre Freundlichkeit am besten beschreibt. Sie kannte sich ziemlich gut mit Nieren aus und wird wohl irgendwann einmal die nächste neue plastische Chirurgin.

Jakob wurde von anderen Kursen wegen seines Selbstbewusstseins und seiner Ironie auch „Lord Voldemort“ genannt. Er war häufig beim Volleyballspielen und im Kurs vor allem von Johannas energiegeladenen Spielen begeistert. Er fing gerne Diskussionen mit anderen Teilnehmer*innen an und liebte (wie seine Kurs-Kamerad*innen) die Süßigkeiten an der Snackbar der „Bios“.

Anna unterstützt den Kurs sehr mit ihren guten Erklärungen, ihrem breiten Wissen an Biochemie und ihrem guten Humor. Durch ihr Institut, dem EMBL Heidelberg, konnte sie uns mit verschiedensten Geräten, wie dem Fluoreszenzmikroskop, ausstatten. Abends mutierte sie jedoch oft zu einem Känguru und unterhielt die ganze Akademie bei der Gute-Nacht-Geschichte von Marc Uwe Kling. Zudem achtete sie darauf, dass wir alles richtig verstanden haben, und beantwortete uns jede Frage.

Johanna ist eine sehr engagierte Medizinerin, die uns jede noch so schwierige Frage sehr verständlich beantwortete. Sie ging gemeinsam mit Anna sehr oft mit uns hinaus, um unseren Teamgeist zu fördern. Sie hatte eine Leidenschaft für Spiele und unseren Abschlussabend, in dem sie immer motiviert auftrat. Mit Anna zusammen versuchte sie, uns beizubringen, dass Enzyme nicht sterben, sondern denaturieren. Wer von uns

dies behauptete, sollte einen Kuchen backen. Doch sie versprach sich einmal selbst, und so durften wir ihre wunderbaren Backkünste in Form von Scones genießen. Außerdem kann sie nicht genug davon bekommen, Dynein und Kinesin beim Fortbewegen durch die Zelle „Watscheln“ zu sehen.

Fabian war der beste Schülermentor, den man haben kann. Nicht nur Salomon ist sein Fanboy, sondern der gesamte Biokurs ist seine Fanbase. Er hat sich für uns durch das Sportfest durchgeschlagen, trotz der Tatsache, dass er fälschlicherweise den Eimer des Gegners mit Wasser gefüllt hat. Einen solchen Ehrenmann kann man nicht wiederfinden, da keiner so bereit wäre, für seinen Kurs (trotz Regen) Süßigkeiten zu kaufen und natürlich auch gesunde Snacks vorzubereiten. Er hat für uns alles gegeben und auch schwere körperliche Leistungen erbracht. Durch all seine Taten, die er für uns gemacht hat, sind wir 100 % sicher, dass er der beste Hausarzt werden wird!

Herbert, der Torso, unser treuestes Kursmitglied und unser Patient, war immer sehr ruhig und litt unglücklicherweise einmal an einer Erkrankung namens „Appendizitis“, einer Entzündung des Wurmfortsatzes. Zum Glück konnten wir sein Wehwehen diagnostizieren, und Herbert ging es schnell wieder gut. Er half uns dabei, komplexe Vorgänge in unserem Körper genauer anzuschauen und gab uns ausreichend Motivation, weiterzumachen. Er ist sehr bescheiden, jedoch liebt er es, nach längerer Zeit wieder im Mittelpunkt zu stehen.

Zitate

Johanna: „Amöbe, Amöbe!“

Ganzer Kurs: „Amöbe, Amöbe!“

Johanna: „Boom Chicka Boom“

Alle: „Boom Chicka Boom“

Fabian: „Wir sind Biologie!“

Alle: „Verdaut unseren Sieg!“

Anna: „Enzyme sterben nicht!“

Rica zu Jakob: „Machst du Kampfsport?“

Jakob: „Ne, aber ich hab’ vier Brüder.“

Hendrik als Diktator: „Abgelehnt!“

Hendrik: „Der Kurs, das Volk.“

Lea zu Rica beim Spielen: „Darf ich dich schubsen?“

Jakob: „Lea, wie geht es dir?“

Lea: „Was willst du?“

Grace: „Soll ich rausgehen?“

Kurs: „Ja.“

Hendrik: „ $C_3H_5N_3O_9$ “

Jakob: „Johanna hat's gegessen.“

Quellen

https://de.wikibooks.org/wiki/Organische_Chemie_für_Schüler/_Lactose-Nachweis
Letzter Zugriff: 29.09.2022, 19:30 Uhr

Enders, Giulia: Darm mit Charme
Ullstein-Verlag, 28. Auflage, Berlin 2014.

Nelson und Cox: Lehninger Biochemie
Springer, 4. Auflage

Georg Schwedt: Experimente mit Supermarktprodukten
Wiley-VCH, 3. Auflage



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 19. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht und in besonderem Maße zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Schwarz-Stiftung, die Hopp-Foundation und den Förderverein der Science Academy unterstützt. Dafür möchten wir allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken Frau Anja Bauer, Abteilungspräsidentin der Abteilung 7 – Schule und Bildung des Regierungspräsidiums Karlsruhe, der Leiterin des Referats 75 – Allgemein bildende Gymnasien, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, und Herrn Jan Wohlgemuth, Regierungsschuldirektor und Stellvertretender Leiter des Referats 35 – Allgemein bildende Gymnasien am Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg.

Dieses Jahr konnte sich die Regierungspräsidentin Sylvia M. Felder bei ihrem Besuch der Science Academy von der Begeisterung der Teilnehmenden überzeugen. Sie wollte sich ein Bild dieser Form der Begabtenförderung machen. Bei ihrem Rundgang war sie von dem hohen Niveau der Kurse und dem außergewöhnlichen Engagement der gesamten Akademieleitung beeindruckt.



In Gesprächen erfuhr Frau Felder, wie nachhaltig diese Akademie wirkt. Es entstehen Freundschaften mit Gleichgesinnten, und gemeinsam werden weitere Herausforderungen bei Wettkämpfen oder anderen Akademien gesucht. Einige ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen als Schülermentoren und Kursleiter gerne wieder nach Adelsheim. Frau Felder konnte bei ihrem Besuch die Freude und den Eifer der hochmotivierten Jugendlichen spüren und erahnen, dass hier alle vom „Akademiefieber“ angesteckt sind.

Koordiniert und unterstützt werden die JuniorAkademien von der Bildung & Begabung gGmbH in Bonn, hier gilt unser Dank der Koordinatorin der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien Frau Ulrike Leithof, der Referentin für die Akademien Dorothea Brandt sowie dem gesamten Team.

Lange war nicht klar, in welchem Format die Akademie in den Zeiten der Pandemie stattfinden kann. Umso mehr hat es uns gefreut, dass wir uns dieses Jahr wieder in Präsenz in Adelsheim treffen

konnten. Dort waren wir wie immer zu Gast am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU). Für die herzliche Atmosphäre und die idealen Bedingungen auf dem Campus möchten wir uns stellvertretend für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums Herrn Oberstudiendirektor Martin Klaiber sowie dem Abteilungsleiter des LSZU Herrn Studiendirektor Christian Puschner besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Leiterinnen und Leiter der Kurse und der kursübergreifenden Angebote gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Engagement und Vertrauen ganz herzlich bedanken.

Bildnachweis

Seite 11, Abbildung Krebsnebel:

Hubblesite, <https://hubblesite.org/contents/media/images/2005/37/1823-Image.html>
 NASA, ESA, J. Hester und A. Loll (Arizona State University)

Seite 12, Darstellung Schwarzes Loch:

NASA, <https://www.jpl.nasa.gov/images/pia16695-black-holes-monsters-in-space-artists-concept>
 NASA/JPL-Caltech

Seite 13, Darstellung des Himmelsglobus:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equatorial_coordinates.svg
 Wikimedia User Cmglee, basierend auf einer Version von Ulrich Fuchs und Sverdrup
 CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 16, Abbildung GOCE-Satellit:

ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/08/The_satellite_on_the_edge_of_space

Seite 16, Bild der New Horizons-Sonde:

NASA, <https://www.nasa.gov/image-feature/new-horizons-spacecraft-in-the-clean-room-at-nasas-kennedy-space-center>

Seite 17, Darstellung des Anflugs von DART auf Dimorphos:

NASA, <https://www.nasa.gov/specials/pdco/images/mitigate.jpg>
 NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben

Seite 17, Rückkehrkapsel Spionagesatellit Zenit:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zenit_space_vehicle.jpg
 Maryanna Nesina
 CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode>)

Seite 18, Darstellung von Weltraumschrott um unsere Erde:

ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/03/Weltraumschrott_in_der_erdnahen_Umlaufbahn_LEO_-_ueber_dem_Nordpol

Seite 18, Bild Einschlagskrater in Solarpanel:

ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/04/Hubble_solar_cell_impact_damage

Seite 19, Darstellung von ClearSpace 1:

ESA, https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2020/11/clearspace-1_captures-vespa/22334324-1-eng-GB/ClearSpace-1_captures_Vespa_pillars.jpg

Seite 21, Diagramm Umlaufzeiten der Planeten:

Astrokramkiste, <https://astrokramkiste.de/planeten-geschwindigkeit>
 Zur Nutzung freigegeben

Seite 22, Abbildung Mineralienablagerungen auf der Oberfläche Europas:

NASA, <https://europa.nasa.gov/resources/29/europas-stunning-surface>
 NASA/JPL-Caltech/SETI Institute

Seite 26, Schema zur Funktionsweise eines Flüssigtriebwerks:

Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplified_diagram_of_RS-25_rocket_engine\(SSME\)_,_Jan_2021_.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplified_diagram_of_RS-25_rocket_engine(SSME)_,_Jan_2021_.png)
 Wikimedia-User Abcde1248163264, eigene Bearbeitung
 CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 29, Absorptionsspektrum:

Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectral-lines-absorption.svg>
 Wikimedia User Stkl
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 30, Schema Massenspektrometer:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wienscher_geschwindigkeitsfilter_massenspektroskopie.svg

- Wikimedia User Sgbeer
CC BY 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode>)
- Seite 30, Abbildung Geophon:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geophone_SM-24.jpg
Wikimedia User Balajijagadesh
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 34, Hauptbestandteile unserer Nahrungsmittel:
Erstellt mit BioRender
- Seite 43, Aufbau der pflanzlichen Zelle:
Erstellt mit BioRender
- Seite 44, Aufbau der Geschmacksknospe:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1402_The_Tongue.jpg
Wikimedia-User OpenStax, Ausschnitt, bearbeitet
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)
- Seite 45, Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops:
EMBL Science Education and Public Engagement Team
CC BY-NC-ND 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>)
- Seite 46, Human oesophagus (Darstellung der Speiseröhre):
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_oesophagus;_A.E._Schaffer_Wellcome_L0022090.jpg
A. E. Schaffer. Wellcome Collection, bearbeitet
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)
- Seite 49, Abbildung Darm:
Erstellt mit BioRender
- Seite 49, Dünndarmstoma:
Wikimedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Ileostomy_2017-02-20_5349.jpg
Wikimedia-User Salicyna
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 53, Abbildung Leber:
Erstellt mit BioRender
- Seite 54, Abbildung Emulsion:
Erstellt mit BioRender
- Seite 54, Gallenblase:
Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gallbladder_\(organ\).png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gallbladder_(organ).png)
Wikimedia-User BruceBlaus, bearbeitet
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 60, Die Nieren im Körper:
Erstellt mit BioRender
- Seite 54, Warming Stripes:
ShowYourStripes, <https://showyourstripes.info/s/globe>
Ed Hawkins, University of Reading
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)
- Seite 100, Schematischer Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fluoreszenzmikroskopie_2017-03-08.svg
Krzysztof Blachnicki, Bearbeitungen Henry Mühlpfordt, Wikimedia-User Dietzel65
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 109, Trolley-Problem:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trolley_Problem.svg
Wikimedia-User McGeddon, Zapyon
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 111, Büste Sokrates:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Socrates_Louvre.jpg
Eric Gaba
CC BY-SA 2.5 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode>)
- Seite 113, Büste Aristoteles:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aristotle_Altemps_Inv8575.jpg

Wikimedia-User Jastro, Ludovisi Collection
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 115, Büste Zenon:

Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_Monti_-_Servizio_fotografico_\(Napoli,_1969\)_-_BEIC_6353768.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_Monti_-_Servizio_fotografico_(Napoli,_1969)_-_BEIC_6353768.jpg)
 Paolo Monti
 CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 117, Portrait Augustinus:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Augustine_Portrait.jpg
 Directmedia, The Yorck Project
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 118, Anselm von Catebury:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anselm_of_Canterbury.jpg
 Unbekannter Maler
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 120, Gemälde Kant:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kant_gemaelde_3.jpg
 Gemälde von Johann Gottlieb Becker
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 122, Portrait-Photo Rawls:

Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Rawls_\(1971_photo_portrait\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Rawls_(1971_photo_portrait).jpg)
 Aufnahme von Alec Rawls
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 124, Organspendeausweis:

BZgA, <https://www.bzga.de/presse/presse motive/organspende>
 © Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA), Köln

Seite 133, Opazität der Atmosphäre für elektromagnetische Strahlung:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity-de.svg
 Wikimedia-User Mysid/Ariser, Originalbild NASA
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 135, Abbildung der Fraunhoferlinien:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fraunhofer_lines_DE.svg
 Wikimedia-User Saperaud
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 139, Kennlinie einer Diode mit Bestimmung der Schwellspannung:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dioden-Kennlinie_1N4001_differentiell.svg
 Wikimedia-User Stündle
 Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 155, Start der Artemis-1-Mission:

NASA, <https://www.nasa.gov/image-feature/we-are-going-artemis-i-launches>
 NASA/Bill Ingalls

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.

Bearbeitungen von Bildern unter einer CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.

Abbildungen der Europäischen Weltraumagentur (ESA) werden gemäß der ESA Standard License für Bildungszwecke verwendet: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Copyright_Notice_Images

Abbildungen der National Aeronautics and Space Administration (NASA) können für Schulen und Lehrbücher ohne explizite Erlaubnis verwendet werden: <https://www.nasa.gov/multimedia/guidelines/index.html>