



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

DIPLOMARBEIT

Energieerhaltung im menschlichen Körper für den Physikunterricht der Unter- und Oberstufe

Zur Erlangung des akademischen Grades

Magistra der Naturwissenschaften

im Rahmen des Studiums

Lehramt Unterrichtsfach Physik

eingereicht von

Katharina Zinnecker

Matrikelnummer 0927173

Ausgeführt am Atominstitut der Technischen Universität Wien
unter der Anleitung von

Em. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Badurek

Wien, am _____

(Unterschrift Verfasserin)

(Unterschrift Betreuer)

Erklärung

„Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer andern Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.“

Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wird der Frage nachgegangen, wie das Prinzip der Energieerhaltung anhand des menschlichen Körpers im Physikunterricht alltagsbezogen und gendersensibel unterrichtet werden kann und welche Auswirkungen die Behandlung des Themas „Mensch“ im Zusammenhang mit Energie für den Lernerfolg und die Motivation der Schülerinnen und Schüler haben könnte.

Zuerst werden theoretische Grundlagen für die Beschäftigung mit dem Thema Energieerhaltung erklärt und ein Überblick über den Energiestoffwechsel im menschlichen Körper gegeben. Danach wird auf didaktische Grundsätze, wie die Zielsetzung eines Physikunterrichts zum Thema Energie und allgemeine Bildungsziele eingegangen. Ein Vergleich von Interessensstudien und Leistungsuntersuchungen mit den Lehrplänen und Schulbüchern zeigt dabei, dass der Physikunterricht der mittleren und höheren Schulen derzeit die Interessen vor allem der Mädchen wenig berücksichtigt, oft nicht an den Alltagserfahrungen der Schülerinnen und Schüler ausgerichtet ist und im Vergleich zu anderen OECD-Ländern auch nicht den gewünschten Lernerfolg liefert.

Davon ausgehend werden verschiedene Ideen und Planungen für Unterrichtseinheiten zur Behandlung des Themas Energieerhaltung im Zusammenhang mit dem menschlichen Körper vorgestellt, die aktuelle Ernährungsempfehlungen berücksichtigen. Dazu wurden Stundenbilder und Materialien für den Physikunterricht der Unter- und Oberstufe erstellt, die sich an den Interessen und Alltagserfahrungen sowohl von Mädchen als auch von Buben orientieren und verschiedene Aspekte des Energiebegriffs abdecken. Außerdem werden Möglichkeiten vorgestellt, mithilfe derer die Schülerinnen und Schüler im Zusammenhang mit diesem Thema zur kritischen Betrachtung pseudowissenschaftlicher Inhalte animiert werden können.

Abstract

The aim of this thesis is to find an alternative approach to the principle of conservation of energy for physics lessons in middle and high school. The thesis tries to answer the question if learning about the human body and the transformation and conservation of energy within raises the students' motivation and improves the success of the children.

This paper addresses some theory about energy in mechanics and thermodynamics at first, as well as the basics of transformation of energy in the human body. Furthermore, the thesis explains the most important principles of the didactics of energy. Comparing studies about students' interests and learning success in Austria with the curriculum and schoolbooks shows that currently physics lessons are often not targeted at the girls' interests or students' everyday life in general and do not provide the desired learning success compared to other OECD states.

Therefore, this thesis provides several ideas and concepts for physics lessons of in middle and high school covering the conservation and transformation of energy in the human body. The created teaching material is gender sensitive, close to the pupils' everyday life and based upon current food guidelines. In addition, the thesis shows ideas to get the students to think and talk critically about pseudoscience around energy and the human body.

Vorwort

Aus persönlichem Interesse an Ernährung, dem Energieumsatz im menschlichen Körper und den Gesetzen der Physik, die dahinterstecken, habe ich schon vor meiner Unterrichtstätigkeit an einer AHS in Wien mit dem Gedanken gespielt, eine Diplomarbeit zu diesem Thema zu verfassen. Als ich parallel zu meinem Studium begonnen habe, Physik in der Unterstufe eines Gymnasiums zu unterrichten, habe ich gemerkt, dass das Interesse an Themen des Physikunterrichts, die Biologie und den menschlichen Körper betreffen, auch bei Schülerinnen und Schülern groß ist. Wann immer ich den Menschen, insbesondere Ernährung, zum Thema gemacht habe, schien die Aufmerksamkeit sowohl bei Mädchen als auch bei Buben groß zu sein.

Diesen Eindruck wollte ich einerseits mittels Literaturrecherche prüfen und andererseits mit dem Status Quo der Behandlung des Themas in Schulbüchern und Lehrplänen vergleichen. Außerdem hatte ich im Laufe meiner Unterrichtstätigkeit immer wieder Ideen für die Thematisierung im Unterricht und habe diese nun im praktischen Teil dieser Arbeit gesammelt. Ich hoffe, dass sie anderen Fachkolleginnen und -kollegen als Inspirationsquelle und Anstoß, den menschlichen Körper und das Thema Ernährung auch im Physikunterricht zu behandeln, dienen können.

Ich möchte mich bei allen bedanken, die den langen Prozess des Schreibens dieser Arbeit begleitet und unterstützt haben, die mir mit konstruktiven Vorschlägen zur Seite gestanden sind, und die mich durch aufmunternde oder auch kritische Worte zur Fertigstellung geleitet haben. Insbesondere danke ich allen in meinem familiären und beruflichen Umfeld und auch in meinem Freundeskreis dafür, dass sie mir letzten Endes immer Verständnis entgegengebracht haben und ich mir im Laufe der vergangenen Jahre stets ihrer Unterstützung sicher sein konnte.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	8
2	Theoretische Grundlagen	9
2.1	Der Energiebegriff in der Mechanik.....	9
2.1.1	Mechanische Energieformen.....	9
2.1.2	Der Energiesatz der Mechanik.....	12
2.2	Der Energiebegriff in der Thermodynamik.....	13
2.2.1	Erster Hauptsatz der Wärmelehre	13
2.2.2	Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre	14
2.2.3	Die Entropie.....	16
2.2.4	Dritter Hauptsatz der Wärmelehre	17
3	Energie und der menschliche Körper	17
3.1	Energiezufuhr.....	17
3.2	Energieumsatz	19
3.2.1	Grundumsatz.....	20
3.2.2	Leistungsumsatz.....	23
3.3	Energieumwandlung.....	26
3.4	Energiespeicher.....	28
3.5	Der Energiestoffwechsel im Überblick.....	30
3.6	Entropie im menschlichen Körper	31
4	Aspekte der Physikdidaktik zum Thema Energie	32
4.1	Aspekte des Energiebegriffs.....	32
4.2	Ziele des Unterrichts über Energie	34
4.2.1	Allgemeine Unterrichts- und Bildungsziele.....	35
4.2.2	Lernziele zum Thema Energie	37
4.3	Mädchen im Physikunterricht.....	39
5	Der klassische Zugang zur Energieerhaltung im Physikunterricht	41
5.1	Von der Kraft über die Arbeit zur Energie.....	41
5.2	Ausgangspunkt Wärme.....	43
5.3	Energieerhaltung in Schulbüchern.....	44
5.3.1	Unterstufe.....	44

5.3.2	Oberstufe	46
6	Aktueller Stand der Forschung zum Thema Ernährung und Gewichtsreduktion	47
6.1	Gründe für die Komplexität der Forschung auf dem Gebiet der Ernährungswissenschaft	47
6.2	Ernährungsempfehlungen als Grundlage für den Unterricht zum Thema.....	49
7	Aufbereitung des Themas für den Physikunterricht	52
7.1	Konzept	52
7.2	Unterrichtseinheiten für die Unterstufe	53
7.2.1	Energie zum Essen	53
7.2.2	Wie wir die Kalorien zum Brennen bringen	55
7.2.3	Input – Output = ?	57
7.2.4	Anknüpfung an das Gelernte und Erweiterung auf andere Energieformen	60
7.3	Unterrichtseinheiten für die Oberstufe.....	62
7.3.1	Kalorien – die Tierchen, die nachts die Kleidung enger nähen?	62
7.3.2	Was unser Körper wirklich alles benötigt.....	65
7.3.3	Die Energiedichte und warum nicht egal ist, was wir essen	68
7.3.4	Was die Entropie in unserem Körper sucht	70
7.3.5	Fermi-Aufgaben zum Thema Energie im menschlichen Körper	72
7.4	Unterrichtseinheiten zur kritischen Betrachtung pseudowissenschaftlicher Konzepte.....	73
7.4.1	Werbung für Abnehmprodukte – das steckt hinter den Versprechen.....	74
7.4.2	Lichtnahrung – mit Nulldiät (über)leben?.....	77
8	Fazit.....	81
9	Quellenverzeichnis	83
9.1	Literatur	83
9.2	Internetquellen.....	85
10	Abbildungsverzeichnis	88
11	Tabellenverzeichnis.....	88
12	Anhang.....	88

1 Einleitung

Die Energieerhaltung ist eines der grundlegendsten Prinzipien in der Physik und auch elementarer Bestandteil des Physikunterrichts über beinahe alle Jahrgangsstufen hinweg. Über kaum ein Themengebiet in der Physikdidaktik wird und wurde schon in der jüngeren Vergangenheit heftiger diskutiert, als über eine geeignete Herangehensweise an dieses Prinzip. Während zahlreiche Didaktiker die herkömmliche Methode der Einführung des Themas Energie über den Begriff der Arbeit und Kraftwandlern und ihre Wirksamkeit in der Schule in Frage stellen, setzen neuere Methoden den Begriff der Energie zuerst in den Fokus und behandeln den Begriff der Arbeit erst, wenn der Austausch an Energie vermittelt werden soll. Die meisten dieser Methoden erarbeiten dabei zuerst die beiden mechanischen Energieformen, die potentielle und die kinetische Energie - oftmals anhand eines Pendelversuches oder zum Beispiel im Zusammenhang mit Bewegungen in einer Achterbahn oder dem freien Fall.

Dazu kommt, dass eines der größten Probleme des Physikunterrichts in unserer Zeit das große Geschlechtergefälle – sowohl die Leistung als auch das Interesse an der Physik betreffend – ist. Bei der letzten ausgewerteten PISA-Studie, bei der der Schwerpunkt auf Naturwissenschaften lag (im Jahr 2015), wird sichtbar, dass der Unterschied der Leistungen im Themenbereich Physikalische Systeme zwischen Mädchen und Buben so groß ist, wie in keinem anderen OECD-Land (vgl. Suchan et al. 2016, S. 114). Diese signifikanten Unterschiede treten nicht in allen Bereichen der Naturwissenschaften auf. Bei den Fragen zum Thema Biologische Systeme etwa zum Vergleich gab es 2006 und 2015 wesentlich geringere Unterschiede zwischen den Leistungen der Schülerinnen und Schüler (vgl. Schreiner 2007, S. 27). Schon in den Achtziger- und Neunzigerjahren des vergangenen Jahrhunderts gab es dazu umfassende Studien, die gezeigt haben, dass diese Leistungsunterschiede vor allem an den verschiedenen Interessensgebieten von Mädchen und Buben liegen. Während sich Burschen durchaus für technische Anwendungen der Physik interessieren, liegt das Interesse bei Mädchen am stärksten bei biologischen Fragen, vor allem Fragen den menschlichen Körper betreffend. (vgl. Hoffmann 2002, S. 450 f.)

Diese Umstände haben mich dazu bewogen, mich mit der Möglichkeit eines alternativen Einstiegs in das Thema Energie im Physikunterricht zu beschäftigen, nämlich durch die Auseinandersetzung mit der Energieerhaltung im Körper des Menschen. Das Ziel dieser Arbeit ist es, einerseits die Sinnhaftigkeit einer vermehrten Behandlung des Themas Energie im Kontext des menschlichen Körpers im Unterricht zu untersuchen und andererseits Konzepte für Unterrichtseinheiten zu entwickeln, mithilfe derer diese Inhalte in den unterschiedlichen Klassen der Unter- und Oberstufe im Physikunterricht eingebracht und unterrichtet werden können.

In dieser Diplomarbeit beschäftige ich mich daher zuerst mit den theoretischen Grundlagen zur Energie und dem Energieerhaltungssatz in Mechanik und Thermodynamik. Um die wesentlichen Unterschiede herausarbeiten zu können, behandelt meine Arbeit auch die Umsetzung des klassischen Zugangs im Physikunterricht und die dabei momentan vorherrschende Aufbereitung des Themas in Schulbüchern. Außerdem gehe ich auf die theoretischen Grundlagen der Energieerhaltung im menschlichen Körper ein, auf die sich die Unterrichtseinheiten stützen werden. Anschließend überprüfe ich die Relevanz des Themas für Schülerinnen und Schüler im jugendlichen Alter – insbesondere dabei auch etwaige geschlechterspezifische Unterschiede. Der letzte Teil meiner Diplomarbeit beschäftigt sich dann mit der praktischen Umsetzung im Unterricht. Dabei wird auch auf in Medien auftretende pseudowissenschaftliche Ansätze im Zusammenhang mit Gewichtsreduktion eingegangen und sollen diese kritisch hinterfragt werden.

2 Theoretische Grundlagen

Obwohl der Großteil dieser Arbeit sich um den menschlichen Körper drehen wird und die Möglichkeit, diesen im Physikunterricht stärker zu beleuchten, soll hier trotzdem der herkömmliche Weg gegangen werden und sollen zuerst gewisse theoretische Grundlagen des Energiebegriffes erklärt werden. In diesem Kapitel werden daher die Begriffe Energie und Energieerhaltung in der Mechanik und in der Thermodynamik definiert, sowie wichtige Hauptsätze aus den beiden Themenbereichen näher erläutert.

2.1 Der Energiebegriff in der Mechanik

2.1.1 Mechanische Energieformen

Die Mechanik kam im historischen Verlauf lange Zeit ohne konkret definierten Energiebegriff aus, nachdem Isaac Newton mit seinen drei Axiomen den Kraftbegriff in den Mittelpunkt der Mechanik gestellt hatte. Von der Kraft ausgehend gelangt man über den Begriff der Arbeit

$$W = \int_{P_1}^{P_2} F \cdot ds = E_{pot}(P_2) - E_{pot}(P_1) \quad (1)$$

schließlich zur mechanischen Energie. Dabei ist Arbeit das Skalarprodukt aus der Kraft F , die an einem Massenpunkt (parallel zum Weg) angreift, und s der Weg, entlang dessen die Arbeit verrichtet wird. Wenn der Massenpunkt dabei vom Punkt

P_1 nach P_2 bewegt wird, ergibt die Summe über alle Wegstücke das Wegintegral in (1). Handelt es sich um ein konservatives (wirbelfreies) Kraftfeld, ist die Arbeit zeit- und wegunabhängig und hängt nur von der Wahl der beiden Punkte ab. In diesem Fall entspricht die Arbeit der Differenz der potentiellen Energie (Lageenergie) in den Punkten P_1 und P_2 . Gleichzeitig hat ein Körper, der über die potentielle Energie E_{pot} verfügt, die Fähigkeit, diese wieder in Arbeit umzuwandeln. Wird an dem Körper Arbeit verrichtet, erhöht sich seine potentielle Energie, während die vom Körper selbst verrichtete Arbeit seine potentielle Energie sinken lässt. Je nach Bezugssystem ist der Ort (also die Höhe), an dem die potentielle Energie Null ist, nach Zweckmäßigkeit frei wählbar (vgl. Demtröder 2008, S. 63). Die potentielle Energie ist damit eine Zustandsgröße, ihre Formel vereinfacht sich für die Lageenergie im Gravitationsfeld einer Masse m in der Höhe h zu

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h. \quad (2)$$

Dabei wird g für Berechnungen das Gravitationsfeld der Erde betreffend als Erdbeschleunigung bezeichnet. Allgemein errechnet sie sich (z.B. für andere Planeten) aus der Gravitationskonstante $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{m^3}{kg \cdot s^2}$, der Masse M des Planeten und seinem Radius R mit der Formel

$$g = \frac{M \cdot G}{R}. \quad (3)$$

In der Mechanik ist darüber hinaus noch die potentielle Energie einer gespannten Feder mit der Federkonstante D von Bedeutung, die aus der Ruhelage auf eine Entfernung s ausgelenkt wird. Sie wird auch Spannenergie E_{Spann} genannt und berechnet sich ebenso über die Spannarbeit aus dem Wegintegral der Federkraft, die entsprechend des Hooke'schen Gesetzes proportional zur momentanen Auslenkung x der Feder ist.

$$F = -D \cdot x \quad (4)$$

$$E_{Spann} = - \int_0^s F(x) dx = \frac{1}{2} D \cdot s^2 \quad (5)$$

Zur *kinetischen Energie* eines Körpers in der Mechanik gelangt man über die Newton'sche Grundgleichung für eine beschleunigte Masse m

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dv}{dt}. \quad (6)$$

Mit $v = \frac{ds}{dt}$ und durch Einsetzen in (1) sowie anschließender Integration über dv erhält man die Beschleunigungsarbeit

$$W = \int_{v_1}^{v_2} m \cdot a \cdot ds = \int_{v_1}^{v_2} m \cdot \frac{dv}{dt} \cdot ds = \int_{v_1}^{v_2} m \cdot v \cdot dv \quad (7)$$

Nachdem die am Körper verrichtete Beschleunigungsarbeit im idealen Fall zur Gänze der Energie des Körpers zu Gute kommt, lässt sich auch hier wieder eine Zustandsgröße definieren, nämlich die kinetische Energie (Bewegungsenergie) des Körpers der Masse m , der sich mit der Geschwindigkeit v bewegt. Unter der Annahme, dass der Körper aus dem Ruhezustand $v_1 = 0$ heraus beschleunigt wurde, vereinfacht sich die Formel damit zu

$$E_{kin} = \frac{m}{2} v^2. \quad (8)$$

Während die kinetische Energie über die Geschwindigkeit direkt an einem Körper beobachtbar ist, ist die potentielle Energie nicht direkt sichtbar, sondern äußert sich nur als die Möglichkeit, wieder Arbeit zu verrichten. In diesem Zusammenhang sind folgende Definitionen von mechanischer Energie gebräuchlich:

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten.

Energie ist gespeicherte Arbeit.

Oder als Kombination dieser beiden:

Energie ist gespeicherte Arbeitsfähigkeit.

Aus dieser Definition geht ebenso noch einmal hervor, dass jeweils die am oder vom Körper verrichtete Arbeit der Änderung seiner Energie entspricht (siehe auch erster Hauptsatz der Thermodynamik). Dabei entscheidet das Vorzeichen darüber, ob dem Körper Energie zugeführt oder entzogen wird. Ein Verrichten von Arbeit *am* Körper (beschleunigen oder anheben) erhöht seine Energie, ein Verrichten von Arbeit *vom* Körper selbst senkt die jeweilige Energieform. Man spricht dementsprechend beim physikalischen Begriff der Arbeit von einer Prozessgröße und bei Energie wie bereits oben erwähnt von einer Zustandsgröße.

Nicht bei jedem Vorgang kommt es allerdings tatsächlich zum Verrichten von Arbeit beziehungsweise zu einem Energieübertrag von einem System auf ein anderes. Oft findet lediglich eine Umwandlung einer Energieform in eine andere statt. Es gilt dann die Erfahrungstatsache der Energieerhaltung.

2.1.2 Der Energiesatz der Mechanik

Die Summe der potentiellen und der kinetischen Energie eines Massepunktes zu einem Zeitpunkt wird mechanische Gesamtenergie E genannt. Allgemein formuliert besagt der Energieerhaltungssatz der Mechanik, dass diese Gesamtenergie in einem konservativen Kraftfeld beziehungsweise einem abgeschlossenen System stets erhalten bleibt (vgl. Demtröder 2008, S. 64). Wenn sich ein Körper in einem konservativen Kraftfeld vom Punkt P_1 zum Punkt P_2 bewegt, kann der Energiesatz kurz formuliert werden mit

$$E_{pot}(P_1) + E_{kin}(P_1) = E_{pot}(P_2) + E_{kin}(P_2) = E_{ges} \quad (9)$$

Zwei klassische Beispiele zur Betrachtung des Energiesatzes der Mechanik sind der freie Fall und die Bewegung eines reibungsfreien Fadenpendels.

Wenn beim freien Fall aus der Höhe h der Körper zu Beginn die Geschwindigkeit $v(h) = 0$ hat, gilt an dieser Stelle auch $E_{kin}(h) = 0$. Zu jedem Zeitpunkt entspricht damit die Gesamtenergie der potentiellen Energie zum Startpunkt in der Höhe h .

$$E_{pot}(h) = m \cdot g \cdot h = E_{ges} \quad (10)$$

Die kinetische Energie in einer bestimmten Höhe $z \leq h$ ist also betragsmäßig gleich der Abnahme der potentiellen Energie beim Fall bis zu dieser Höhe z .

$$E_{kin}(z) = \frac{mv^2}{2} = m \cdot g \cdot (h - z) \quad (11)$$

Nachdem unmittelbar vor dem Aufprall die potentielle Energie $E_{pot}(0) = 0$ ist, gilt aufgrund der konstanten Gesamtenergie

$$E_{pot}(h) = E_{kin}(0) \quad (12)$$

und damit für $v(0)$ und die Starthöhe h

$$m \cdot g \cdot h = \frac{mv^2}{2}. \quad (13)$$

Ähnlich verhält es sich beim harmonischen (also ungedämpft und mit gleichbleibender Frequenz sinusförmig schwingenden) Fadenpendel. Dabei sei y die Auslenkung des Pendels und y_{max} die Amplitude der Schwingung im Umkehrpunkt. Nachdem der Pendelkörper in diesem Punkt die Geschwindigkeit $v = 0$ besitzt, ist dort seine kinetische Energie null. Die potentielle Energie ist im tiefsten Punkt des Pendels bei $y = 0$ null. Dementsprechend gilt analog zu (12) für die beiden Punkte der größten beziehungsweise geringsten Auslenkung

$$E_{pot}(y_{max}) = E_{kin}(0). \quad (14)$$

2.2 Der Energiebegriff in der Thermodynamik

„Die Thermodynamik ist *die* Theorie der Energie“ (Duit 1986, S. 21), schreibt Reinders Duit und bezieht sich dabei auf die drei Hauptsätze der Wärmelehre, die allesamt Aspekte des Energiebegriffs beschreiben. Sie geben dabei Erfahrungstatsachen wieder, die mathematisch nicht beweisbar sind (vgl. Demtröder 2008, S. 316).

2.2.1 Erster Hauptsatz der Wärmelehre

Der erste Hauptsatz der Thermodynamik ergänzt den Energieerhaltungssatz aus der Mechanik. Er beschreibt den Zusammenhang zwischen der Summe aller inneren Energieformen U und den beiden Prozessgrößen, die für den Energieübertrag in der Mechanik und Thermodynamik stehen, nämlich der Arbeit W und Wärme Q . Kurz formuliert lautet er

$$\Delta U = \Delta Q + \Delta W. \quad (15)$$

Die Änderung der inneren Energie eines Systems entspricht der Summe aus zu- oder abgeführter Wärme und vom oder am System verrichteter Arbeit. Dabei wird das Vorzeichen von Arbeit und Wärme in (15) so gewählt, dass ein positives Vorzeichen bei beiden Prozessgrößen einer Erhöhung der Energie des Systems entspricht.

Dementsprechend kann durch zugeführte Wärme entweder die Energie eines Systems erhöht werden, oder vom System (Volumen-)Arbeit verrichtet werden, also ein Volumen gegen einen herrschenden Druck vergrößert werden. Dabei kann die vom System verrichtete Arbeit betragsmäßig nicht höher als die durch die Erwärmung zugeführte Energie sein, weshalb dieser Hauptsatz ein Perpetuum Mobile erster Art unmöglich macht. Dies wäre eine Maschine (allgemein ein System), die Arbeit verrichten könnte ohne äußere Energiezufuhr beziehungsweise ohne Verringerung der eigenen inneren Energie. Ein ebensolches Perpetuum Mobile wird auch für die mechanischen Energieformen ausgeschlossen, und zwar mit dem Energieerhaltungssatz der Mechanik.

Als Energieerhaltungssatz kann der erste Hauptsatz der Thermodynamik auch insofern interpretiert werden, als dass eine betragsmäßig gleich große Energiezu- wie -abfuhr durch Arbeit oder Wärme, eine konstante Summe der im System gespeicherten Energieformen bewirkt. Ob und wie allerdings die Umwandelbarkeit

zwischen mechanischer und thermischer Energie eingeschränkt ist, wird nicht vom ersten, sondern vom zweiten Hauptsatz der Thermodynamik definiert.

2.2.2 Zweiter Hauptsatz der Wärmelehre

Während der erste Hauptsatz der Thermodynamik nur die Tatsache beschreibt, dass bei der Umwandlung von thermischer Energie in mechanische Energie die Gesamtenergie nicht erhöht werden kann, trifft er keine Aussage darüber, in welchem Ausmaß die gesamte zugeführte Wärme in Arbeit umgewandelt werden kann. Es zeigt sich, „dass zwar mechanische Arbeit vollständig in Wärme umgewandelt werden kann (z.B. in Reibungswärme), dass aber beim umgekehrten Prozess nur ein Teil der Wärme in Arbeit umgeformt wird“ (Demtröder 2008, S. 320). Auf den Prozess der Wärmeleitung angewandt, wird der zweite Hauptsatz der Wärmelehre damit oft wie folgt angegeben: Wärme fließt von alleine, d.h. ohne äußeres Zutun, immer nur von einem wärmeren zu einem kälteren Körper (vgl. Demtröder 2008, S. 320).

Der zweite Hauptsatz der Wärmelehre gibt damit die Irreversibilität von Vorgängen und Prozessen in Natur und Technik wieder. Wenn thermische Energie in mechanische Energie umgewandelt werden soll, kann immer nur ein Teil der Wärme in Arbeit verwandelt werden. Wie groß dieser Teil maximal werden kann, zeigt das Beispiel der Carnot-Maschine. Sie ist ein Gedankenexperiment aus dem Jahr 1824 und stammt von Nicolas Léonard Sadi Carnot. Er hat eine fiktive Maschine konstruiert, die ein ideales Gas reversibel „durch Expansion und nachfolgende Kompression zwei isotherme und zwei adiabatische Prozesse durchlaufen lässt“ (Demtröder 2008, S. 320), und damit schließlich wieder in den Ausgangszustand versetzt. Für die isotherme Expansion muss das System, das die Ausgangstemperatur T_1 hat, die Wärmemenge ΔQ_1 aufnehmen und verrichtet dabei Ausdehnungsarbeit. Danach folgt eine adiabatische Expansion, bis das Gas auf die Temperatur T_2 abgekühlt ist. Beim adiabatischen Expansionsprozess wird genau gleich viel Arbeit verrichtet, wie im letzten Schritt, nämlich der adiabatischen Kompression, wieder in das System hineingesteckt werden muss. (Die Arbeit ist jeweils so groß, wie die Differenz der inneren Energien zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 , welche sich ja während der isothermen Phasen nicht verändern.) Damit heben sich diese beiden Phasen in der Arbeitsbilanz auf. Im dritten Schritt, nämlich der isothermen Kompression, muss Arbeit am System verrichtet werden und dafür wird dem System die Wärmemenge ΔQ_2 entzogen, welche im Allgemeinen verloren geht.

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein p-V-Diagramm und ein T-S-Diagramm des Carnot'schen Kreisprozesses. (Für die Erklärung zur Entropie S siehe nächstes Kapitel.) Die umschlossene Fläche im ersten Bild entspricht der Arbeit W .

$$W = \oint p dV \quad (16)$$

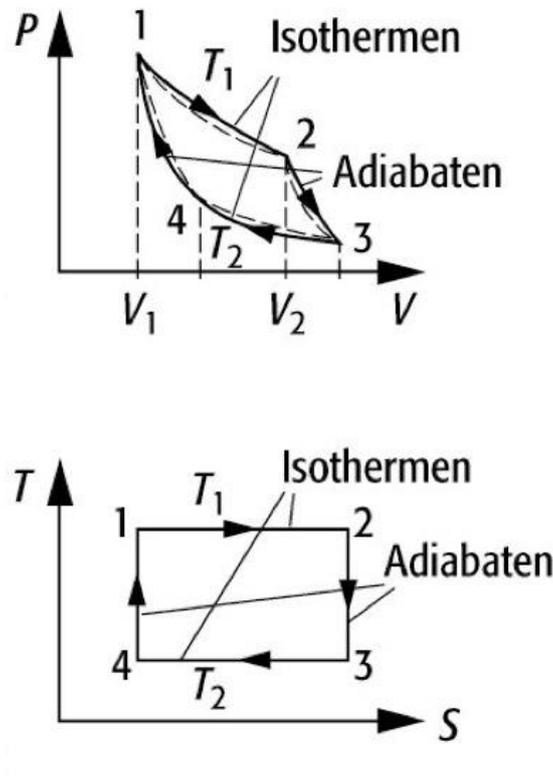


Abbildung 1: Carnotscher Kreisprozess (Spektrum der Wissenschaft, 1998)

Der Wirkungsgrad η einer Maschine berechnet sich allgemein aus genutzter Energie dividiert durch die dafür aufgewendete Energie. Im Fall der Carnot-Maschine wird demnach der Quotient der Arbeitsbilanz $\Delta W < 0$ und der im ersten Schritt zugeführten Wärmemenge ΔQ_1 gebildet. Es zeigt sich, dass dieser Quotient von der Ausgangs- und Endtemperatur abhängt.

$$\eta = \left| \frac{\Delta W}{\Delta Q_1} \right| = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \quad (17)$$

Nachdem, wie der dritte Hauptsatz der Thermodynamik feststellt, $T_2 = 0$ nicht möglich ist, ist der Wirkungsgrad η immer kleiner als 1. Es kann also nicht die gesamte zugeführte Wärmemenge als Arbeit verrichtet werden.

Da in oben genanntem Gedankenexperiment Faktoren wie Reibung komplett vernachlässigt wurden, liegt der Wirkungsgrad von realistischen, so genannten Wärmekraftmaschinen stets unter dem der Carnot-Maschine.

Eine hypothetische Maschine, die periodisch durch Abkühlung eines Wärmereservoirs thermische Energie aufnehmen, diese dann zur Gänze in mechanische Energie umwandeln könnte, ist dementsprechend unmöglich (vgl. Demtröder 2008, S. 323). Sie würde als Perpetuum Mobile zweiter Art bezeichnet werden.

2.2.3 Die Entropie

Der Begriff der Entropie ermöglicht eine weitere, mathematisch elegante Form der Definition des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre, birgt aber gleichzeitig mögliche Verständnisschwierigkeiten. Diese beruhen vor allem auf der Tatsache, dass die Entropie eines Systems als Zustandsgröße schwer vorstellbar ist. Sie wird oft als „Maß für die Unordnung eines Systems“ beschrieben, was aber missverständlich sein kann, da der Begriff der Unordnung aus dem Alltagsgebrauch eine eigene und teils konträre Bedeutung hat. Für die Erklärung des zweiten Hauptsatzes der Wärmelehre wird allerdings nicht der absolute Betrag der Entropie S als Zustandsgröße benötigt, sondern ihre Änderung ΔS , welche im Falle des Carnot'schen Kreisprozesses als „reduzierte Wärmemenge“ wie folgt definiert ist.

$$\Delta S = \frac{\Delta Q}{T} \quad (18)$$

In einem reversiblen Kreisprozess würde die Entropie konstant bleiben, da

$$\frac{\Delta Q_1}{T_1} = -\frac{\Delta Q_2}{T_2} \quad (19)$$

(vgl. Demtröder 2008, S. 324).

Abnehmen kann die Entropie in abgeschlossenen Systemen generell nicht, sie kann allerdings zunehmen. In diesem Fall ist der Prozess irreversibel, was bedeutet, dass die Umkehr nicht ohne äußere Energiezufuhr geschehen kann. Um noch einmal die Umwandlung der beiden Energieformen aus dem ersten Hauptsatz aufzugreifen, steigt also die Entropie bei der Umwandlung von mechanischer in thermische Energie (also zum Beispiel bei der Erwärmung auf Grund von Reibung) – in die entgegengesetzte Richtung sinkt die Entropie.

Damit ist der zweite Hauptsatz auch ein Satz über die Möglichkeit der Entwertung von Energie. Reinders Duit schreibt sogar von der Unvermeidlichkeit der Energieentwertung. „Der ‚Verwendungswert‘ der Energie [...] nimmt bei jedem realen Vorgang insofern ab, als die am Ende des Vorgangs vorliegende Energie nicht mehr so frei verfügbar ist, wie am Anfang.“ (Duit 1986, S. 31) Dies ist eine wichtige Ergänzung

zum ersten Hauptsatz der Wärmelehre, gegen den alleine ein gedankliches Perpetuum Mobile zweiter Art eben nicht verstoßen würde.

2.2.4 Dritter Hauptsatz der Wärmelehre

Der dritte Hauptsatz der Wärmelehre soll nur kurz erwähnt werden. Er besagt, dass der absolute Temperaturnullpunkt nicht erreichbar ist. Der Nullpunkt wäre ein Zustand größtmöglicher Ordnung und der Grenzwert der Entropie damit 0.

$$\lim_{T \rightarrow 0} S(T) = 0 \quad (20)$$

3 Energie und der menschliche Körper

Jedes Lebewesen braucht für den Aufbau und die Aufrechterhaltung seines Körpers und dessen Funktionen Energie. Bei den Lebensvorgängen im Organismus wird die Energie selbstverständlich nicht verbraucht, sondern nur von einer Energieform in eine andere umgewandelt. Pflanzen können dazu auf die Strahlungsenergie der Sonne zurückgreifen und diese über die Photosynthese in für sie nutzbare Energieformen umwandeln. Tiere, und damit auch der Mensch, sind dazu nicht in der Lage. Sie brauchen dafür zum größten Teil chemische Energie, die sie in Form von Nahrung dem Körper zuführen müssen. Diese chemische Energie kann dann zum Beispiel in thermische Energie – also zum Erhalt der Körpertemperatur – umgewandelt werden. Außerdem wird mit der zugeführten Energie von den Muskeln Arbeit verrichtet, Körperzellen aufgebaut, das Herzkreislaufsystem aufrechterhalten und vieles mehr.

Woraus sich die Energiezufuhr und der Energiebedarf eines menschlichen Körpers im Detail zusammensetzen, sollen die nächsten Kapitel genauer erläutern.

3.1 Energiezufuhr

Die Nahrung des Menschen setzt sich größtenteils aus den vier Elementen Wasserstoff (H), Sauerstoff (O), Kohlenstoff (C) und Stickstoff (N) zusammen, welche ihrerseits wiederum die drei Hauptnahrungsstoffe Kohlenhydrat, Fett und Eiweiß (oder Protein) aufbauen. Sie bilden gemeinsam mit Alkohol die vier Stoffklassen, die der Mensch zur Energieumwandlung nützen kann. Ethanol (oder auch Ethylalkohol oder Äthanol) stellt einen einwertigen Alkohol dar, der als Trinkalkohol oder Weingeist bekannt ist. Dieser wird zwar oft im Zuge der Auflistung der Brennwerte verschiedener Nahrungsmittel vergessen oder vernachlässigt, stellt aber einen

beträchtlichen Energieträger dar, der vor allem in Realität nicht selten eine entscheidende Rolle im Energiehaushalt einnimmt.

Um den Energiegehalt von Nahrungsmitteln feststellen zu können, werden die Nahrungsmittel in einem sogenannten Bombenkalorimeter verbrannt, und die freiwerdende thermische Energie gemessen. Die nachfolgende Tabelle zeigt den sogenannten physiologischen Brennwert der oben genannten Nährstoffe. Dieser Brennwert stellt einen Durchschnittswert über die verschiedenen Arten der Nahrungsbestandteile zusammen und variiert daher auch leicht von Literatur zu Literatur. Generell gilt, dass der physiologische Brennwert nicht exakt dem physikalischen Brennwert, also der vom Bombenkalorimeter bei vollständiger Verbrennung des Lebensmittels gemessenen Wärmeenergiemenge, entspricht. Im physiologischen Brennwert wird berücksichtigt, welchen Teil des Nährstoffes der Körper nicht komplett abbauen und damit durch die Verbrennung nicht in Energie umwandeln kann. Dieser Anteil ist vor allem bei Proteinen beträchtlich. Sie können vom Körper nicht zur Gänze abgebaut werden, sondern werden zum Teil als Harnstoff vom Körper ausgeschieden (vgl. Apolin 2014, S. 56).

Nährstoff	Physiologischer Brennwert
Kohlenhydrate	17 kJ/g
Fette	39 kJ/g
Proteine	17 kJ/g
Ethanol	30 kJ/g

Tabelle 1: Brennwerte der Nährstoffe (vgl. Klinke et al. 2010, S. 488)

Der Brennwert wird prinzipiell entweder massen- oder volumenbezogen angegeben, das heißt entweder pro Gramm oder Kilogramm oder zum Beispiel pro Liter oder Kubikmeter. Die Einheit Kalorie (cal) ist eine eigentlich veraltete Energieeinheit, die angeben soll, welche Wärmemenge nötig ist, um ein Gramm Wasser um 1 Kelvin zu erwärmen, entspricht also gewissermaßen der spezifischen Wärmekapazität, die aber natürlich temperaturabhängig ist. Als Näherungswerte wurden daher einerseits der Durchschnittswert bei der Erwärmung zwischen 0°C und 100°C ermittelt und auch der Wert, der genau einer Temperatur von 20°C und damit der Standardtemperatur vieler Lebensmittel entspricht, wurde herangezogen (vgl. Hargrove 2006).

Es gelten heute die folgenden Umrechnungsfaktoren entsprechend der spezifischen Wärmekapazität von Wasser:

$$1 \text{ cal} = 4,182 \text{ J} \quad \text{sowie} \quad 1 \text{ kcal} = 4,182 \text{ kJ} \quad (21)$$

Das Tausendfache einer Kalorie, nämlich die Einheit Kilokalorie (kcal) hält sich aber im Lebensmittelbereich hartnäckig, und das obwohl in der EU (beziehungsweise

EWG) seit 1990 eine zumindest gleichwertige Beschriftung in der Einheit Kilojoule (kJ) vorgeschrieben ist (vgl. Rat der Europäischen Gemeinschaften 1990, S. 6). Dazu kommt, dass bei der umgangssprachlichen Verwendung der veralteten Energieeinheit kcal oft fälschlicherweise auf die Vorsilbe „Kilo“ verzichtet wird.

Die Verdauung der zugeführten Nährstoffe beginnt prinzipiell im Mund, die Zerlegung der Nahrung bis auf molekulare Ebene sowie die Aufnahme ins Blut („Resorption“) geschehen im Magendarmtrakt. Die Kohlenhydrate werden dazu in verschiedene Zuckermoleküle aufgespalten, die von der Leber zu Glukose (Traubenzucker) umgewandelt werden, und entweder direkt in den Muskelzellen verwendet (siehe *Energieumwandlung*) oder als Glykogen gespeichert werden (siehe *Energiespeicher*). Die Proteine werden in die sogenannten Aminosäuren aufgespalten, von denen es 20 verschiedene gibt, wobei acht davon für den Körper essenziell, das heißt nicht selbst herstellbar, sind. Sie dienen vor allem als Bau- und Reparaturstoff für die Zellen. Die aufgenommenen Fette, genauer gesagt Fettsäuren und Glyceride, werden ebenfalls im Darm resorbiert und dann zur Energieumwandlung oder -speicherung verwendet. Die genaueren Vorgänge diesbezüglich werden unten noch weiter erläutert.

Der Vollständigkeit halber soll noch gesagt sein, dass die Nahrungsaufnahme, also die Zufuhr von chemischer Energie, nicht als alleinige Energiequelle des menschlichen Körpers angesehen werden kann. Theoretisch stellt auch die Wärmeübertragung, wie sie zum Beispiel durch die innere Energie in Speisen (z.B. heißer Tee), durch Wärmestrahlung der Sonne oder Wärmeleitung über die Haut (z.B. heißes Bad) erfolgt, eine Energiezufuhr für den Körper dar (vgl. Jaros 2007, S. 44).

3.2 Energieumsatz

Der menschliche Körper benötigt Energie für folgende Prozesse (vgl. Klinka et al. 2010, S. 484):

- Aufrechterhaltung der Grundfunktionen (z.B. Herzkreislauf, Atmung, Verdauung)
- Wachstum
- Wärmeregulierung
- Verrichten von Arbeit (Motorik)

Die Menge der insgesamt benötigten Energie wird „Energieumsatz“ genannt und hängt von vielen verschiedenen Faktoren ab. Um bessere und allgemeingültige Aussagen treffen zu können, wird der Energieumsatz eines Menschen meist in „Grundumsatz“ und „Leistungsumsatz“ unterteilt.

3.2.1 Grundumsatz

„Der Grundumsatz stellt den Energiebedarf des Menschen unter standardisierten Bedingungen dar: morgens, in Ruhe, nüchtern, normale Körpertemperatur, Indifferenzaußentemperatur.“ (Kunsch et al. 2007, S. 87) Letztere bezeichnet einen Temperaturbereich zwischen 27°C und 32°C, bei dem ein neutrales Temperaturempfinden des Körpers vorliegt. Der Grundumsatz wird in der Literatur oft in Kilojoule pro Stunde pro Kilogramm Körpergewicht angegeben, tatsächlich korreliert er jedoch wesentlich besser mit der Körperoberfläche als mit dem Körpergewicht. Der Grund dafür liegt vor allem an der Wärmeabgabe des Körpers, die direkt proportional zur Oberfläche ist (vgl. Klinka et al. 2010, S. 486). Es soll in weiterer Folge kurz auf beide Möglichkeiten zur Berechnung des Grundumsatzes eingegangen werden. Abgesehen von der oben genannten Abhängigkeit, sind für den Grundumsatz außerdem das Geschlecht und das Alter entscheidend. Im Allgemeinen gilt: Je jünger eine Person ist, umso höher ist ihr Grundumsatz (das gilt vor allem in der Wachstumsphase). Außerdem haben Männer einen im Schnitt um 10 Prozent höheren Grundumsatz, was mit dem höheren Anteil an Muskelgewebe im durchschnittlichen männlichen Körper zusammenhängt. Die untenstehende Abbildung soll diesen Zusammenhang verdeutlichen.

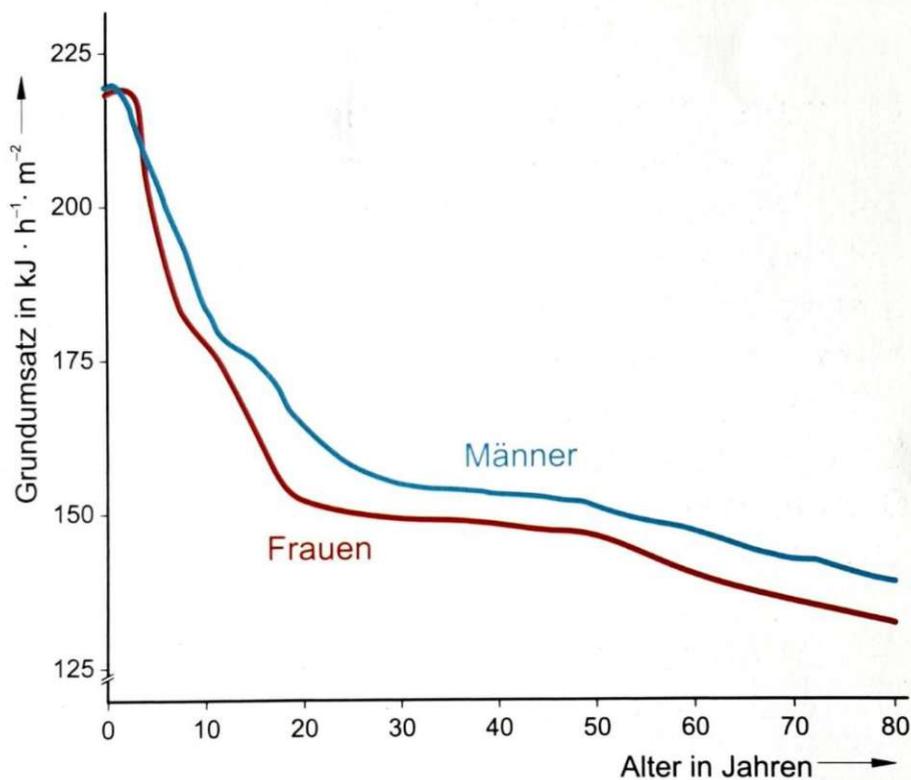


Abbildung 2: Grundumsatz in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht (Jaros 2007, S. 17)

Die Energiemenge, die pro kg Körpergewicht in einer Stunde umgesetzt wird, wird in der Literatur oft mit 4,2 kJ/kg (und damit rund 100 kJ/kg pro Tag) für Männer und 3,8 kJ/kg (rund 90 kJ/kg pro Tag) für Frauen beziffert (vgl. Kunsch et al. 2007, S. 87). Dies ist aber in jedem Fall ein Richtwert, da der Grundumsatz, wie schon oben angesprochen, vor allem vom Verhältnis des Körpergewichts zur Körpergröße und damit von der Körperoberfläche abhängt.

Der entsprechende Faktor für die Berechnung des Grundumsatzes mithilfe der Körperoberfläche kann der obigen Grafik (Abb. 2) entnommen werden. So beträgt der Grundumsatz zum Beispiel für eine Frau im Alter von 30 Jahren etwa $150 \frac{kJ}{h \cdot m^2}$. Daraus kann mit bekannter Oberfläche ein weitaus genauerer, das heißt persönlicherer Wert ermittelt werden. Offensichtlich stellt in diesem Fall jedoch das größte Problem dar, dass das Maß der Körperoberfläche nicht als bekannt vorausgesetzt werden kann. Zur Bestimmung wird daher eine Näherungsformel benötigt, wie zum Beispiel die „Dubois-Formel“ eine ist, welche auch in der Strahlentherapie Anwendung findet. Formeln dieser Art haben gemeinsam, dass sie aus Körpergröße und Körpermasse die Körperoberfläche hinreichend genau abschätzen lassen. Die Dubois-Formel lautet:

$$A = 0,20247 \cdot m^{0,425} \cdot h^{0,725} \quad (22)$$

A ... Körperoberfläche [m²]
 m ... Körpermasse [kg]
 h ... Körpergröße [m]
 (vgl. Jaros 2007, S. 17)

Sie wurde 1916 von den US-Amerikanern Delafield Dubois und Eugene Dubois beschrieben. Die Formel liefert zum Beispiel für eine Frau mit 65 kg Körpermasse und 1,70 m Körpergröße eine Oberfläche von rund 1,75 m².

Eine andere derartige Formel ist die Mosteller-Formel, welche 1987 vom Mediziner Robert Mosteller (USA) aufgestellt wurde. Sie lautet:

$$A = \sqrt{\frac{h \cdot m}{3600}} \quad (23)$$

A ... Körperoberfläche [m²]
 m ... Körpermasse [kg]
 h ... Körpergröße [cm]
 (Medizinische Hochschule Hannover, zitiert nach Mosteller 1987, S. 1098 f.)

Sie liefert für dieselben Annahmen den gleichen (gerundeten) Wert von 1,75 m² für die Körperoberfläche der Frau. Obwohl die Formel im Allgemeinen (aber vor allem

auch für Kinder) exaktere Ergebnisse liefert und auch aufgrund ihrer Einfachheit zunehmend an Beachtung gewinnt, wird dennoch in der Medizin meist auf die Dubois-Formel zurückgegriffen.

Soll nun der Grundumsatz dieser genannten Person berechnet werden, ergibt sich mit dem aus der Grafik abgelesenen Faktor von $150 \frac{kJ}{h m^2}$ eine Leistung von

$$P \approx 150 \frac{kJ}{h m^2} \cdot 1,75 m^2 \approx 263 \frac{kJ}{h} \quad (24)$$

und damit ein Energiebedarf aufgrund des Grundumsatzes für einen Tag von

$$E \approx 263 \frac{kJ}{h} \cdot 24 h \approx 6300 kJ. \quad (25)$$

Die Werte für den gesamten Grundumsatz beziehungsweise den Energiebedarf eines Tages wurden hier gerundet, was sinnvoll erscheint, da bereits die Berechnung der Körperoberfläche eine Näherung darstellt und der Grundumsatz zusätzlich von einigen anderen Faktoren abhängt, die weiter unten näher erläutert werden sollen.

Eine andere verbreitete Formel, die für die Berechnung des Grundumsatzes die Parameter Körpergröße, Masse und Alter verwendet, ist die „Harris-Benedict-Formel“. Sie wurde 1918 von James Arthur Harris und Francis Gano Benedict im Zuge einer Studie aufgestellt und gilt immer noch als gute Näherung des Ruheenergiebedarfs. Sie lautet umgewandelt in die Einheit kJ/24h für Männer

$$G_m = 278,42 + 57,36 \cdot m + 20,93 \cdot h - 28,47 \cdot t \quad (26)$$

und für Frauen

$$G_w = 2742,35 + 40,19 \cdot m + 7,54 \cdot h - 19,68 \cdot t \quad (27)$$

G ... Grundumsatz [kJ/Tag]

m ... Körpermasse [kg]

h ... Körpergröße [cm]

t ... Alter [a]

(vgl. Harris et al. 1918, S. 370-373)

Verglichen mit den oben angeführten Berechnungen, für die zuerst die Körperoberfläche ermittelt wurde, ergibt sich für eine Frau mit 65 kg Körpermasse und 170 cm Körpergröße je nach Alter ein unterschiedlicher Grundumsatz. Für eine 30-jährige Frau ergäbe sich ein Ruheenergiebedarf von rund 6046 kJ, für eine 60-jährige ein Umsatz von nur noch 5456 kJ.

In jedem Fall hat sich eine Unterscheidung zwischen den Geschlechtern als sinnvoll erwiesen, was auch die große Differenz innerhalb der ersten Summanden beider Formeln erklärt. Wie die Studie von Harris und Benedict zeigt, ist der Einfluss der Körperstatur, also Masse und Größe, auf den Grundumsatz im Durchschnitt bei Männern größer als bei Frauen, weshalb sich die Faktoren um bis zu eine Zehnerpotenz voneinander unterscheiden (vgl. Harris et al. 1918, S. 370-373).

Bei allen angeführten Formeln zur Berechnung des Grundumsatzes wurde zur besseren Lesbarkeit auf die Division durch die jeweilige Einheit nach dem Einsetzen der Größe, Masse oder Alter verzichtet und stattdessen in der Legende angeführt, in welcher Einheit die jeweils berechnete Größe erhalten wird. Alle Formeln sind empirisch ermittelte Näherungsformeln, abhängig von Größen, die sich als praktisch in der Messbarkeit erwiesen haben, und können daher ohnehin nicht hergeleitet werden.

3.2.2 Leistungsumsatz

Der im vorigen Unterkapitel berechnete Wert für den Grundumsatz stellt den Energiebedarf des Körpers in vollständiger Ruhe, ohne körperliche Arbeit dar. Alle Tätigkeiten des Körpers darüber hinaus erhöhen den Energiebedarf um den sogenannten Leistungs- oder Arbeitsumsatz. Es gilt

$$\text{Gesamtumsatz} = \text{Grundumsatz} + \text{Leistungsumsatz} \quad (28)$$

wobei der Leistungsumsatz selbst wiederum aus drei Teilbereichen besteht, nämlich dem Energiebedarf für Verdauungstätigkeiten, für zusätzliche Wärmeregulation und nicht zuletzt natürlich für körperliche Arbeit.

$$\text{Gesamtumsatz} = \text{Grundumsatz} + \text{Wärmeregulation} + \text{Verdauung} + \text{körperliche Aktivität} \quad (29)$$

Wie groß der Wert für den gesamten Leistungsumsatz für jeden einzelnen ist, variiert von Person zu Person sehr stark und lässt sich pauschal nicht festhalten. Er liegt meist zwischen 40 und 85 Prozent des Grundumsatzes (Apolin 2014, S. 96), wobei der untere Wert einer Person mit ausschließlich sitzender (Berufs-)Tätigkeit ohne sportlicher Freizeitaktivität entspricht, und der obere Wert für eine Person mit überwiegend gehender Tätigkeit gilt, wie KellnerInnen oder HandwerkerInnen. Bei LeistungssportlerInnen oder Personen mit körperlich sehr anstrengenden Berufen wie BauarbeiterInnen oder LandwirtInnen kann der Wert sogar gleich groß oder größer als der Grundumsatz sein.

Zumindest der Energiebedarf für die Verdauung, auch thermischer Effekt der Nahrung genannt, lässt sich einigermaßen pauschalisieren. Er liegt bei etwa 10 Prozent des

Gesamtumsatzes einer erwachsenen Person bei durchschnittlicher Ernährungsweise (Apolin 2014, S. 96). Der Mythos, dass es dadurch Lebensmittel gibt, die beim Verzehr und bei der Verdauung mehr Kalorien verbrennen, als dem Körper an Energie zugeführt wird – und damit eine negative Energiebilanz verursachen – stimmt jedoch nicht. Zwar haben viele Gemüsesorten mit hohem Wasser- und Ballaststoffanteil einen sehr niedrigen Energiegehalt und benötigen dafür einen vergleichsweise hohen Energieaufwand bei der Verdauung, jedoch beträgt dieser Wert nie 100 Prozent oder sogar mehr. Der Durchschnitt an Energie, die pro zugeführtem Lebensmittel zur Verdauung des Lebensmittels selbst aufgewendet werden muss, liegt zwischen nur etwa 2 Prozent bei Fett und 30 Prozent bei Proteinen. Nur falls der Grundumsatz über die Zeitdauer des Essens mitgerechnet werden würde, könnte der Brennwert eines zugeführten Lebensmittels unterhalb des Umsatzes beim Essen liegen.

Die über den Grundumsatz hinausgehende Wärmeregulation hängt natürlich von der Umgebungstemperatur und damit von der Jahreszeit, dem Aufenthaltsort und von der Wärmeisolierung durch Kleidung ab. In der Regel macht er allerdings den geringsten Anteil am Energiebedarf aus und beträgt nur um die 5 Prozent des gesamten Aufwandes. Interessanterweise war dieser Aspekt der ausschlaggebende für den deutschen Arzt und Physiker Julius Robert von Mayer bei der Entdeckung der Energieerhaltung. Auf einer Schiffsfahrt nach Indien um 1840, bei der er als Schiffsarzt tätig war, bemerkte er, dass das Venenblut der Besatzung ungewöhnlich hell war. Er schloss daraus, dass „bei hohen Temperaturen der Oxidationsprozess im Blut weniger intensiv abläuft, weil ein Teil der vom Körper benötigten Wärme von der Umgebung bereitgestellt wird, dass also Menschen für die gleiche Arbeit in den Tropen weniger Energie aufwenden müssen als in kühleren Gefilden“ (Graz University of Technology, 2016). Damit erkannte er den Zusammenhang zwischen Arbeit und Wärme und wurde später von Hermann von Helmholtz als der erste bezeichnet, der das Prinzip von der Erhaltung der Energie erfasst hätte.

Den größten Anteil im Leistungsumsatz macht jedenfalls die körperliche Arbeit und Bewegung aus. In der Literatur finden sich zahlreiche Tabellen darüber, welchen Energiebedarf bestimmte Aktivitäten verursachen, jedoch unterscheiden sich die Werte teilweise deutlich voneinander. Dies beruht darauf, dass die einzelnen Tätigkeiten auf sehr verschiedene Arten und Weisen ausgeführt werden können und dass die Körpergröße und das Gewicht einer Person großen Einfluss auf den Energiebedarf haben. Dennoch sollen in der nachfolgenden Tabelle einige Tätigkeiten und zugehörige Richtwerte angeführt werden.

Tätigkeit	Leistung in W
sitzen	50
stehen	80
gehen	200
leichte körperliche Arbeit	200
schwere körperliche Arbeit	300
mäßiger Sport	400
laufen	600

Tabelle 2: Brennwerte der Nährstoffe (vgl. Jaros 2007, S. 19)

Die Beträge für die Leistung verstehen sich exklusive Ruheleistung, da der Leistungsumsatz zum Grundumsatz addiert werden muss. Die Ruheleistung beträgt je nach Geschlecht, Gewicht und Körpergröße (s. oben) etwa 85 Watt.

Aus den oben angeführten Richtwerten für die Leistung bei den verschiedenen Tätigkeiten lässt sich nun der Energiebedarf zusätzlich zum Grundumsatz berechnen. Für eine Stunde leichte körperliche Arbeit würde sich zum Beispiel folgender Leistungsumsatz ergeben:

$$W = P \cdot t = 200W \cdot 3600s = 720\,000J = 720\,kJ \quad (30)$$

Zur Vereinfachung der Berechnung des Leistungsumsatzes für einen ganzen Tag und damit des gesamten Energieumsatzes wurde der sogenannte PAL-Faktor eingeführt. Damit wird dem Maß der körperlichen Aktivität eines Menschen („physical activity level“) ein Wert zwischen etwa 1,2 und 2,4 zugeordnet. Mit diesem Faktor muss anschließend der Grundumsatz multipliziert werden, um auf den Gesamtenergiebedarf pro Tag zu kommen. Der PAL-Faktor ist von der Lebensgestaltung der Person und dabei bei Erwachsenen vor allem vom Beruf abhängig. Die nachfolgende Tabelle gibt konkret dazu einige Beispiele an. Je nach Freizeitgestaltung können bei besonders anstrengenden Aktivitäten oder sportlicher Betätigung (zum Beispiel 45 min, 5 mal die Woche) bis zu 0,3 Einheiten zum PAL-Faktor addiert werden.

PAL-Faktor	Beispiele
1,2 – 1,3	gebrechliche, bettlägerige Personen (ausschließlich sitzend oder liegend)
1,4 – 1,5	Büroangestellte(r), Feinmechanike(r) (vor allem sitzend)
1,6 – 1,7	LaborantIn, FließbandarbeiterIn (zeitweilig stehend oder gehend)
1,8 – 1,9	VerkäuferIn, KellnerIn, MechanikerIn (vor allem gehend und stehend)
2,0 – 2,4	BauarbeiterIn, LandwirtIn, LeistungssportlerIn (körperlich sehr anstrengend)

Tabelle 3: Beispiele für PAL-Faktoren (vgl. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. 2015a, S. 5)

Damit ist für körperlich extrem aktive Personen sogar eine Steigerung des Energiebedarfs im Vergleich zum Grundumsatz um über 100 % möglich. Jedenfalls stellt der PAL-Faktor nur eine grobe Abschätzung dar, und Berechnungen auf seiner Basis führen vor allem aufgrund von falscher Selbsteinschätzung oft zu Fehlern.

Abschließend lässt sich zum Leistungsumsatz also sagen, dass er pauschal nicht festgemacht werden kann. Er ist nicht nur von jeder einzelnen Person, sondern vor allem vom Tagesablauf, Beruf, Freizeitgestaltung und ganz allgemein dem Aktivitätslevel abhängig. Einige weitere Abschätzungen der Berechnung des Leistungsumsatzes wie auch des Grundumsatzes werden im praktischen Teil dieser Arbeit versucht.

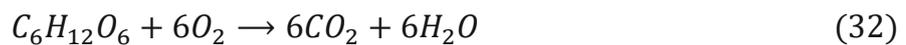
3.3 Energieumwandlung

Nachdem schon näher darauf eingegangen wurde, wofür der menschliche Organismus Energie benötigt und wie dieser Energiebedarf gedeckt wird, soll nun der Versuch unternommen werden, die komplizierten chemischen Vorgänge bei der Energieumwandlung im menschlichen Körper kurz zu erläutern. Für diese Umwandlung ist ein hochkomplexes Zusammenspiel aus katabolem und anabolem Stoffwechsel und der biologischen Energieträger im Körper nötig. Unter Katabolismus versteht man Stoffwechselfvorgänge, bei denen freie Enthalpie entsteht, durch die der Körper Arbeit verrichten kann. Anabolismus bezeichnet Vorgänge, bei denen Zellsubstanz aufgebaut und Energie gespeichert wird (vgl. Rehner et al. 2010, S. 275). Der Begriff der Enthalpie H bezeichnet die Summe aus der inneren Energie eines Stoffes und dem Produkt aus seinem Druck und Volumen (vgl. Demtröder 2008, S. 318).

$$H = U + p \cdot V \quad (31)$$

Der wichtigste Energieträger des Organismus ist das Molekül Adenosintriphosphat (ATP). Es setzt sich aus einer Base (Adenin), einem Zuckeranteil (Ribose) und drei Phosphatgruppen zusammen und wird in den Mitochondrien der Zellen hergestellt. In diesen Mitochondrien laufen die wichtigsten chemischen Prozesse der Atmungskette ab. Diese Zellatmung ist in die Teilprozesse Glykolyse, Zitratzyklus und Atmungskette unterteilt, wobei insgesamt energiereiche Stoffe mit dem Oxidationsmittel Sauerstoff zu energiearmen Molekülen oxidiert werden. Die dabei auftretende Änderung der freien Enthalpie ermöglicht die Bildung des Energieträgers ATP (vgl. Claus 2009, S. 49 f.).

Als energiereicher Stoff wird dabei hauptsächlich das Glukosemolekül $C_6H_{12}O_6$, auch Traubenzucker genannt, verwendet. Es wird entweder direkt als Nahrungsbestandteil zugeführt, von der Leber aus anderen Kohlehydraten oder auch aus Fetten umgewandelt, oder aus seiner Speicherform „Glykogen“ (siehe *Energiespeicher*) gewonnen. Nachdem bei dieser Zellatmung Sauerstoff als Oxidationsmittel benötigt wird, spricht man von „aerober“ Zellatmung.



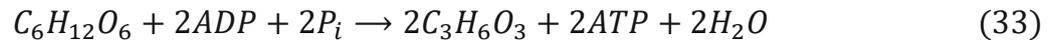
Die Summengleichung dieser Reaktion zeigt, dass die Glukosemoleküle vollständig zu Kohlenstoffdioxid und Wasser oxidiert werden. Bei dieser Oxidation, auch biologische Knallgasreaktion genannt, wird genügend Energie frei, sodass die Bereitstellung von bis zu 36 mol ATP je mol Glukose ermöglicht wird.

Das vorhandene ATP kann in der Zelle anschließend mit Wasser durch Abspalten einer Phosphatgruppe zu Adenosindiphosphat (ADP) reagieren. Bei dieser Spaltung wird Energie frei, mit der in der Zelle chemische Arbeit (z.B. die Spaltung von Glukose zu Beginn des Stoffwechselprozesses), mechanische Arbeit (z.B. die Kontraktion der Muskelzelle) oder osmotische Arbeit (z.B. Stofftransport durch Zellmembranen gegen ein Konzentrationsgefälle) verrichtet werden kann (vgl. Rehner et al. 2010, S. 275 ff.).

Die so bereitgestellte Energie reicht jedoch nur kurze Zeit aus. Eine normal arbeitende Muskelzelle setzt zum Beispiel ihren gesamten ATP-Vorrat etwa einmal pro Minute um. Dementsprechend muss ATP laufend regeneriert werden, ein Vorgang, der Phosphorylierung (= Anhängen einer Phosphatgruppe) genannt wird, und für den das Abbauprodukt ADP, eine Phosphorgruppe und natürlich Energie benötigt werden.

Sinkt bei hoher körperlicher Anstrengung der Sauerstoffgehalt im Blut, können Muskelzellen auch auf eine andere Art und Weise, nämlich durch die sogenannte Milchsäuregärung, ATP herstellen. Diese Art der Energiebereitstellung wird als anaerobe Atmung bezeichnet, da für sie kein Sauerstoff notwendig ist. Dabei entsteht

jedoch Milchsäure (Laktat) als Abbauprodukt, was bei längerer Belastung zur Übersäuerung des Körpers führen kann. (vgl. Clauss 2009, S. 143)



Wie aus der Summenformel ersichtlich, werden bei der Milchsäuregärung in den Muskelzellen zwei Moleküle ATP aus ADP und zwei freien Phosphaten regeneriert, indem diese mit Glukose zu zwei Laktatmolekülen ($C_3H_6O_3$) und 2 Molekülen Wasser reagieren. Im Gegensatz zur aeroben Atmung ist die Menge an regeneriertem ATP bei der Milchsäuregärung aber nur sehr gering.

Zusammengefasst findet also die Energieumwandlung in den Mitochondrien in Form zweier Prozesse statt. Bei endergonischen Reaktionen (also unter Energiezufuhr) wird die chemische Energie der Nahrung dazu verwendet, ADP zu ATP zu „phosphorilieren“. Bei einer exergonischen Reaktion wird dieses energiereichere ATP dann zu ADP (+ P) aufgespaltet, wobei die freiwerdende Energie zum Beispiel als mechanische Arbeit nutzbar ist.

Bei dieser Energieumwandlung wird gleichzeitig auch Wärmeenergie frei, und zwar wenn durch exergonische Reaktionen mehr Energie umgewandelt wird, als von einem ADP bei der Regeneration zu ATP aufgenommen werden kann. Damit sind die Mitochondrien auch die Bestandteile der Zelle, die den Hauptanteil an der Aufrechterhaltung der Körpertemperatur haben. Diese Umwandlung in Wärmeenergie ist zwar wichtig, nicht immer jedoch im entsprechenden Ausmaß erwünscht. Bei sportlicher Betätigung zum Beispiel steigt durch die erhöhte ATP-Umwandlung auch (spürbar) die abgegebene Wärmeenergie, die nicht genutzt werden kann und verloren geht (vgl. Clauss 2009, S. 51).

3.4 Energiespeicher

Adenosintriphosphat (ATP) dient zwar, wie im letzten Kapitel beschrieben, beim Katabolismus (den Stoffwechselfvorgängen, bei denen Energie freigesetzt werden soll) der kurzzeitigen Speicherung von Energie in der Zelle während des Umwandlungsprozesses, eignet sich allerdings nicht als langfristiger Energiespeicher für den Organismus, da er nach wenigen Muskelkontraktionen aufgebraucht ist. Die Speicherung von Energie muss daher im Körper auf andere Arten erfolgen, was immer dann geschieht, wenn eine große ATP-Konzentration vorliegt (vgl. Rehner et al. 2010, S. 275 f.).

Das momentane Verhältnis von ATP zu ADP (und Adeninmonophosphat AMP) wird Energieladung der Zelle genannt und kennzeichnet den Energiezustand des Systems.

Darüber wird das im vorherigen Kapitel angesprochene Umschalten zwischen den katabolen und anabolen Stoffwechselprozessen gesteuert. Durch Enzyme, die den Katabolismus hemmen, wird bei einem hohen Energiezustand (also großer Verfügbarkeit von Energie in ATP-Molekülen), der Anabolismus aktiviert, und damit der Aufbau körpereigener Stoffe initiiert.

Diese Stoffe, durch die Energie längerfristig gespeichert und verfügbar gemacht werden kann, sind Kreatin, Glykogen, Fett und Eiweiß. Auf sie soll nachfolgend jeweils kurz eingegangen werden.

Kreatin liegt im Muskel in Form des Speichermoleküls Kreatinphosphat vor. Aus ihm wird die Phosphatgruppe gewonnen, die bei der Umwandlung von ADP zu ATP benötigt wird. Aus diesem Speicher kann für einige Sekunden Energie für die Regeneration des ATP und damit für die Bewegungsarbeit gewonnen werden. „Die ATP-Resynthese aus dem Kreatinphosphatpool liefert sofort Energie für kurze, sehr intensive Belastungen. Dies geschieht ohne Sauerstoff, und es wird kein Laktat produziert“ (Güllich et al. 2013, 72).

Glykogen dient der mittelfristigen Speicherung von Glukose im menschlichen Körper und wird bei ausreichender Zufuhr von Kohlenhydraten über die Nahrung in Muskel- und Leberzellen gespeichert. Ein kleiner Teil der aufgenommenen Kohlenhydrate wird außerdem direkt als Glukose im Blut gespeichert. Bei der sogenannten Glykolyse wird das Glykogen zu einem Zwischenprodukt namens Pyruvat verarbeitet (Salz der Brenztraubensäure), das anschließend gleich weiter umgewandelt wird. Bei niedriger körperlicher Belastung kann mit diesem Pyruvat in den Mitochondrien der Zelle der aerobe Kohlenhydratstoffwechsel stattfinden. Bei höherer Intensität oder bei Sauerstoffmangel kommt es wie oben beschrieben zum anaeroben Laktatstoffwechsel, um die Muskelzelle bei der ATP-Produktion zu versorgen. Insgesamt reichen die Kohlenhydratreserven für bis zu zwei Stunden intensive körperliche Belastung, dann muss auf Fettdepots zurückgegriffen werden (vgl. Güllich et al. 2013, S. 69 ff.).

Fette haben im Vergleich zu den anderen Makronährstoffen einen sehr hohen Brennwert und die Fettdepots im Körper können den Energiegehalt der Kohlenhydratspeicher auch in einem durchschnittlich gebauten Menschen um das 100-Fache übersteigen. Das sogenannte Speicher- oder Depotfett liegt vor allem in der Unterhaut (subkutan) aber auch in der Bauchhöhle zwischen den Organen (viszeral), wo es zwar auch zum Schutz der Eingeweide dient, in großem Ausmaß aber ein noch höheres Risiko für Diabetes, Herz-Kreislaufkrankungen oder Krebs darstellt (vgl. Harvard Health Publishing 2019). Zu einem kleinen Teil befinden sich auch Fettzellen im Muskel selbst, sie werden intramuskuläres Fett genannt. Diese große Gesamtenergiemenge, die zur Verfügung steht, kann aber für intensive Belastung

kurzfristig nicht genutzt werden, da die ATP-Resyntheserate beim aeroben Stoffwechsel prinzipiell schon geringer ist, als beim anaeroben Stoffwechsel, und beim Fettstoffwechsel im Vergleich besonders langsam ATP resynthetisiert wird. Die maximale Durchflussrate wird außerdem nur bei sehr langanhaltender Belastung erreicht, da davor der Bedarf größtenteils über den Kohlenhydratstoffwechsel gedeckt werden kann (vgl. Güllich et al. 2013, S. 71 ff.).

Eiweiß beziehungsweise seine Einzelbausteine, die Aminosäuren, können wie Kohlenhydrate in Pyruvat für den aeroben Stoffwechsel oder direkt in Glukose umgewandelt werden. Der in Eiweiß enthaltene Stickstoff reagiert dabei in der Leber zu Ammoniak und Kohlendioxid, woraus Harnstoff entsteht, der mit dem Urin ausgeschieden wird. Der Eiweißstoffwechsel beträgt aber normalerweise weniger als fünf Prozent des Gesamtenergieumsatzes, da die Aminosäuren als wichtiger Zellbaustein für das Körpergewebe, insbesondere die Muskulatur, unerlässlich sind (vgl. Güllich et al. 2013, S. 72). Bei Nahrungsunterversorgung setzt zwar zu Beginn tatsächlich ein deutlicher Proteinabbau ein, der vor allem zu Lasten des Muskelgewebes geht, der aber bei länger anhaltenden Hungerperioden zum Schutz des Körpers wieder gedrosselt wird. Diese geringere Proteinkonzentration im Blut kann allerdings negative Auswirkungen auf das Immunsystem haben. Je nach Körpergewicht würde nach ungefähr 40 Tagen ohne Nahrungszufuhr oder wenn ein Drittel der körpereigenen Proteine abgebaut wäre, eine lebensgefährliche Grenze erreicht sein.

3.5 Der Energiestoffwechsel im Überblick

Zusammengefasst ist die ursprüngliche Energiequelle für das Leben auf der Erde natürlich die Strahlungsenergie der Sonne. Sie muss aber, um für unseren Körper – außer als Wärmequelle – nutzbar zu sein, zuerst von unseren Nahrungsquellen, im Allgemeinen Tieren und Pflanzen, chemisch gespeichert werden.

Die chemische Energie wird in Form von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen (und Ethanol) dem Körper zugeführt. Die Nahrung wird im Verdauungsapparat in seine Bestandteile zerlegt und ins Blut aufgenommen. Der Kohlenhydratbestandteil Glukose wird gemeinsam mit Sauerstoff bei der aeroben Atmung zur ATP-Herstellung in den Zellen benötigt. Wenn nicht genügend Sauerstoff vorhanden ist, kann die Zellatmung auch anaerob verlaufen. Das ATP dient als kurzzeitiger Energiespeicher und wird bei der Umwandlung in mechanische Energie in der Muskelzelle verwendet.

Andere Nahrungsbestandteile können entweder von der Leber ebenfalls zu Glukose umgewandelt werden (Fette und Kohlenhydrate) oder werden hauptsächlich als

Baustoffe für die Zellen verwendet (Proteine). Wenn mehr Energie zugeführt wird, als im Moment zur Zellatmung benötigt wird, kann Fett in bestimmten Regionen des Körpers und Glukose als Glykogen in den Muskeln und der Leber gespeichert werden. Auf Eiweiß als Energiequelle wird zu einem größeren Anteil nur in Hungerperioden zurückgegriffen.

Insgesamt stellt der Energiestoffwechsel des Körpers also einen Energieumwandlungsprozess von chemischer in mechanische Energie dar. Dabei muss der Körper nicht im mechanischen Sinne Arbeit verrichten, das heißt sich parallel zu beziehungsweise gegen eine Kraft bewegen. Bereits ein statischer aber angespannter Muskel setzt ATP und damit Energie um. Die kinetische Energie der Muskelkontraktion kann natürlich anschließend in andere Energieformen umgewandelt werden (thermische Energie, potentielle Energie, ...), beziehungsweise geschieht das zum Beispiel bei der thermischen Energie parallel zur Bewegung.

3.6 Entropie im menschlichen Körper

Wie bereits im dritten Kapitel festgehalten wurde, wird der Entropiebegriff verwendet, um die Irreversibilität von Vorgängen zu beschreiben. Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik besagt, dass die Entropie im abgeschlossenen System immer zunimmt, die Unordnung eines Systems also steigen muss. Dies könnte auf den ersten Blick einigen Prozessen unseren menschlichen Körper und die Evolution betreffend widersprechen. Zum Beispiel entwickelt sich der Mensch im Wachstum zu einem immer komplexeren Konstrukt und degeneriert nicht laufend zu mehr Unordnung. Auch die Evolution als Ganzes hat immer besser entwickelte Lebewesen hervorgebracht und nicht für einen stetigen Anstieg an Chaos auf der Erde gesorgt. Tatsächlich benutzen Anhänger des Kreationismus und der „Intelligent-Design-Theorie“ zum Teil die Entropie als scheinbares Gegenargument zur Evolution und als Begründung dafür, dass jedes Leben und jede komplexe Entwicklung so in dieser Form „erschaffen“ sein müsse.

Bei dieser Argumentation werden allerdings einige Fehler gemacht. Zum einen ist die Erde kein abgeschlossenes System, in dem plötzlich Leben und immer höher entwickelte Lebewesen entstanden sind, sondern ist dies nur durch Energiezufuhr in Form von Sonneneinstrahlung möglich. Zudem bedeutet höhere Komplexität, wie wir den Begriff verstehen, nicht unbedingt dasselbe wie eine größere Ordnung, wie sie für den Entropiebegriff verwendet wird. Stattdessen bedeutet die Verwendung von Energie zur Entwicklung komplexeren Lebens automatisch eine Verringerung der Verfügbarkeit dieser Energie.

Angewandt auf den Körper des Menschen bedeutet dies, dass ständig Energie in Form von entropieärmer Nahrung zugeführt werden muss. Diese wird zwar zur Gänze in andere Energieformen umgewandelt, die für den Körper nutzbare Energieform, die chemische Energie in Form von ATP, ist allerdings geringer als die zugeführte chemische Energie. Die Differenz, durch Abstrahlung und Konduktion von Wärme hervorgerufen, ist weniger gut verfügbare, entropiereichere thermische Energie. Auch die Pflanze verwertet entropiearmes, energiereiches Sonnenlicht bei der Photosynthese zu Glukose, wobei nicht die gesamte Strahlungsenergie umgewandelt und gespeichert werden kann und die Verfügbarkeit der Energie sinkt.

Eine Energieumwandlungskette vom Photon von der Sonne bis hin zu kinetischer Energie durch die Muskelkontraktion des Menschen über Pflanzen und Tiere erzeugt also immer komplexere Speichermöglichkeiten von Energie, gleichzeitig aber auch einen immer größer werdenden Anteil an entropiereicher Wärmestrahlung, die für die Umwandlung nicht weiter nutzbar ist. Zusammengefasst ist die Erhaltung aller lebenserhaltenden Vorgänge nur möglich, wenn geordnete Energie aufgenommen und weniger geordnet wieder abgegeben werden kann (vgl. Eidemüller 2016).

4 Aspekte der Physikdidaktik zum Thema Energie

Der Energiebegriff ist ohne Zweifel einer der zentralen Begriffe der Physik, hat aber auch in vielen anderen Bereichen der Wissenschaft und des alltäglichen Lebens eine große Bedeutung. Trotz der Wichtigkeit des Energiebegriffes, zählt jener zu den am wenigsten greifbaren, vor allem für die Schüler und Schülerinnen der Unterstufe. Oft wird der Energiebegriff in den unterschiedlichen Themenbereichen – in der Unterstufe vor allem in Mechanik und Thermodynamik – völlig neu und losgelöst von bisher Gelerntem unterrichtet und erarbeitet. Die unterschiedlichen Bedeutungen der Energie überschneiden sich aber in fünf wesentlichen Bereichen, die Reinders Duit die fünf grundlegenden Aspekte des Energiebegriffes nennt, und die vor allem für die Zielsetzungen des Unterrichts über Energie eine große Rolle spielen, weshalb sie näher betrachtet werden sollen (vgl. Duit 1986, S. 282).

4.1 Aspekte des Energiebegriffs

Insgesamt führt Duit fünf zentrale Punkte des Energiebegriffes auf, wobei der erste davon die Grundlage sein soll, auf den die anderen vier Aspekte beruhen. Er fasst die fünf Aspekte grafisch folgendermaßen zusammen:

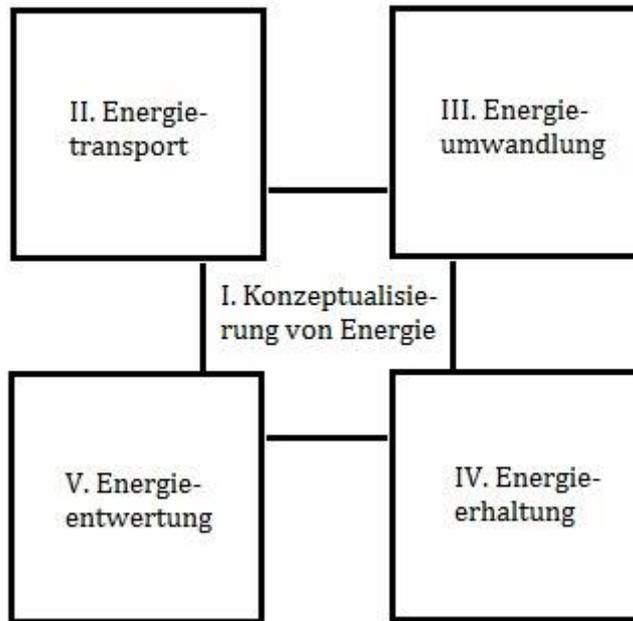


Abbildung 3: Die fünf Aspekte des Energiebegriffs (vgl. Duit 1986, S. 96)

Der erste Aspekt, die Konzeptualisierung von Energie, bezeichnet die Notwendigkeit einer Grundidee, also einer Vorstellung, auf der die weiteren Eigenschaften von Energie beruhen können. Als Beispiele hierfür nennt Duit Energie als die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten, Energie als universellen Treibstoff oder Energie als etwas abstrakt-mathematisches, also eine Art Bilanzierungsgröße. Das gewählte Konzept muss alle anderen vier Aspekte des Energiebegriffs stützen und erklärbar machen.

Mit dem Begriff „Energietransport“, dem zweiten Aspekt des Energiebegriffes, ist die Fähigkeit der Energie zusammengefasst, sich bei einer Wechselwirkung zweier Systeme von einem auf das andere zu übertragen (vgl. Duit 1986, S. 96). Inwieweit für diesen Energieübertrag dann ein neuer Begriff verwendet wird, hängt von dem zugrunde liegenden Energiekonzept ab, beziehungsweise natürlich von dem Wissensstand und Alter der Schülerinnen und Schüler. Prinzipiell wird aber im Bereich der Energieformen (siehe auch im nachfolgenden Absatz) zwischen Zustands- und Prozessgrößen unterschieden, was diesen zweiten Aspekt des Energiebegriffes noch verdeutlicht.

Aspekt Nummer drei, nämlich die Energieumwandlung, ist keineswegs so trivial wie sie oft behandelt, oder in Definitionen vorausgesetzt wird. Je nach Konzeptualisierung sollte sie nämlich gar nicht unbedingt im Vordergrund des Unterrichts über Energie stehen. Wenn die Energie nämlich mathematisch als unveränderliche Bilanzierungsgröße interpretiert wird, ist es nicht sinnvoll, die verschiedenen Energieformen in den Fokus der Betrachtung zu stellen. Wenn jedoch der „Treibstoff“-Begriff im Vordergrund steht, können unterschiedliche Vorgänge, bei denen die Energie entsprechend einer Metapher in verschiedenem Gewand (Strahlung,

Bewegungsenergie, thermische Energie, ...) auftritt, wesentlich für das Verständnis sein.

Die beiden verbleibenden Aspekte, nämlich der vierte, die Energieerhaltung, und der fünfte, die Energieentwertung, wirken auf Anhieb eher wie zwei Gegenpole oder zwei Eigenschaften, die sich gegenseitig ausschließen. Jedoch sind sie vielmehr untrennbar miteinander verbunden. Während der Energieerhaltung beziehungsweise dem ersten Hauptsatz der Thermodynamik und zentralen Gesetz in der Mechanik gerade im Unterricht große Aufmerksamkeit geschenkt wird, spielt die Entwertung oft eine untergeordnete Rolle. Dabei ist sie in den Köpfen der Schülerinnen und Schüler allgegenwärtig, vor allem bei dem Energiekonzept des universellen Treibstoffes und in der Schülervorstellung, die Energie als etwas Stoffliches ansieht, das für einen Vorgang gebraucht und damit verbraucht wird. Wenn unterrichtet wird, dass Energie nicht vernichtet werden kann, sondern im abgeschlossenen System immer erhalten bleibt, sollte zur Relativierung der Aspekt der Energieentwertung nicht ausgelassen werden, sondern betont werden, dass nicht alle Energieformen gleich nutzbar sind. Gleichzeitig wird mit diesem fünften Aspekt der Entropie Rechnung getragen, die als zweiter Hauptsatz der Thermodynamik oft losgelöst von jedem Energiebegriff unterrichtet, und nur auf den Wärmeübertrag angewendet wird, jedoch eng mit dem fünften der zentralen Aspekte der Energie verknüpft ist (vgl. Duit 1986, S. 100).

Insgesamt gilt es nun also, mit dem Unterricht zum Thema Energie einen Energiebegriff zu ermöglichen, der alle fünf Aspekte des Themas umschließt. Damit müssen gleichzeitig auch alle unterschiedlichen Unterrichtsziele zum Thema Energie, also zum Beispiel der Themenbereich Energie im Alltag, aber auch die Energieversorgung, erreicht werden können, worauf ebenfalls näher eingegangen werden soll.

4.2 Ziele des Unterrichts über Energie

Die Frage nach Lehr- beziehungsweise Lernzielen des Unterrichts über Energie stellt durchaus eine Herausforderung dar, weil die Ziele des Unterrichts zum Thema Energie nicht einzeln definiert werden können. „Sie müssen vielmehr eingegliedert werden in die Ziele des gesamten Physikunterrichts, diese wiederum müssen auf der Basis von Zielen für Schule überhaupt diskutiert werden“ (Duit 1986, S. 101). Gerade letztere betreffend, führt kein Weg am Lehrplan für Physik der Unter- und Oberstufe, und dabei insbesondere dem ersten, allgemeinen Teil vorbei.

4.2.1 Allgemeine Unterrichts- und Bildungsziele

In den Lehrplänen der AHS-Unter- und -Oberstufe nimmt der Lehrstoff selbst nur einen geringen Bereich ein. Der größere erste Teil umfasst unter anderem die didaktischen Grundsätze, auf denen jeder Unterricht basieren sollte, und die allgemeinen Bildungsziele, die über das fachliche Wissen, das im jeweiligen Unterrichtsgegenstand vermittelt wird, hinausgehen und „eine Grundlage für die fächerverbindende und fächerübergreifende Zusammenarbeit“ (Bundesministerium für Bildung 2004, S. 3) darstellen.

In diesem Teil des Lehrplans finden sich die nachfolgenden Grundsätze und Ziele, die unterschiedlich eng mit dem Thema der Energie im Physikunterricht zusammenhängen, jedenfalls aber interessant im Zusammenhang mit dem Thema dieser Arbeit sind.

Zu den bereits erwähnten, einheitlich für alle Unterrichtsfächer geltenden, didaktischen Leitvorstellungen gehört, dass sich der Unterricht nicht nur an wissenschaftlichen Erkenntnissen orientieren soll, sondern „auch an den Erfahrungen und Möglichkeiten, die die Schülerinnen und Schüler aus ihrer Lebenswelt mitbringen“ (Bundesministerium für Bildung 2004, S. 2). Speziell durch die Berücksichtigung fächerübergreifender und fächerverbindender Aspekte „soll den Schülerinnen und Schülern bei der Bewältigung von Herausforderungen des täglichen Lebens“ (ebd.) geholfen werden. Beide Grundsätze legen nahe, entweder einen Zugang zu physikalischen Begriffen zu wählen, der den Lernenden aus ihrem alltäglichen Leben oder aus anderen Unterrichtsgegenständen bekannt ist, oder jedenfalls im Zuge des Erarbeitens eines Themas speziell auf solche Inhalte einzugehen. Um Aspekte des Energiebegriffs wie die Energieumwandlung oder die Energieentwertung zu erarbeiten, scheint unter diesem Gesichtspunkt daher der Weg über den menschlichen Körper durchaus geeignet. Außerdem kann der gesellschaftliche Druck, vermeintlichen Schönheitsidealen zu entsprechen, der auch an der Nachfrage nach verschiedensten Hilfsmitteln zur Gewichtsreduktion erkennbar ist, für Jugendliche und auch Erwachsene als Herausforderung des alltäglichen Lebens interpretiert werden. Und nicht zuletzt müssen die gesundheitlichen Folgen, die mit Übergewicht einhergehen, in jedem Fall als gesellschaftliche Problematik und zu bewältigende Herausforderung für die Gesellschaft erachtet werden.

Der allgemeine Lehrplan nennt zudem fünf große Bildungsbereiche, zu denen fächerübergreifend beizutragen ist. Von diesen sind im Zusammenhang mit dem Thema der Energie im Physikunterricht vor allem „Mensch und Gesellschaft“, „Natur und Technik“ sowie „Gesundheit und Bewegung“ relevant. Dabei ist der zweite so formuliert, dass laut Lehrplan „alle wesentlichen Anliegen des Bildungsbereiches“

(Bundeskanzleramt 2017, S. 94) durch die Aufgaben des Physikunterrichts unterstützt werden. Auf die anderen beiden – möglicherweise nicht auf den ersten Blick fachverwandten Bereiche – soll aber genauer eingegangen werden.

Zum ersten Bildungsbereich „Mensch und Gesellschaft“ finden sich im Lehrplan gleich drei Formulierungen, die direkt mit dem Thema Energie zusammenhängen. Der Physikunterricht soll nämlich den verantwortlichen Umgang mit energetischen Ressourcen vermitteln, die Schülerinnen und Schüler zu Kritikfähigkeit bei Problemen des Alltags und der Gesellschaft erziehen und ein Erkennen von und Auseinandersetzen mit unwissenschaftlichen sowie technikfeindlichen Ansichten ermöglichen (vgl. Bundeskanzleramt 2017, S. 94). Während das erste Lehrziel stark mit dem Begriff der Energieentwertung zusammenhängt, und dabei doch weit vom menschlichen Körper entfernt ist, können die anderen beiden allerdings sehr wohl in Zusammenhang mit den oben beschriebenen gesellschaftlichen Problemen gebracht werden. Gerade anhand vermeintlicher Diät-Wunder oder pseudowissenschaftlicher Themen wie der „Lichtnahrung“ kann das kritische Hinterfragen und Argumentieren geübt werden.

Beim Thema „Gesundheit und Bewegung“ wird sehr stark auf die Biomechanik bei Bewegungsvorgängen und bei Sportgeräten eingegangen, jedoch nicht explizit auf das Thema Energie im und rund um den menschlichen Körper. Es findet sich jedoch im Lehrplan der Oberstufe die Formulierung „Grundlagen für gesundheitsförderndes Verhalten verstehen“ (Bundeskanzleramt 2017, S. 179). In diesem Zusammenhang scheint der Unterricht zum Thema der Energieerhaltung im menschlichen Körper mehr als geeignet, um dieses Unterrichtsziel zu erfüllen. Dennoch findet sich auch in der überarbeiteten, semestrierten Version von 2017 derzeit kein Verweis darauf.

Im zweiten Teil des allgemeinen Lehrplans geht es um sogenannte didaktische Grundsätze, die bei der Planung und Durchführung jedes Unterrichts von der Lehrperson zu berücksichtigen sind. Von diesen sollen drei näher betrachtet werden.

Zwei Grundsätze, die sehr eng miteinander zusammenhängen und große Relevanz in Bezug auf das Thema besitzen, sind das „Anknüpfen an die Vorkenntnisse und Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler“ und das „Herstellen von Bezügen zur Lebenswelt“ (Bundesministerium für Bildung 2004, S. 5). Sie sind von besonderer Bedeutung, wenn es um die Wahl des richtigen Kontextes geht, in den das jeweilige Stoffgebiet eingebettet wird und können damit über Erfolg oder Misserfolg des Unterrichts entscheiden. Eine großangelegte Interessensstudie des Instituts für Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) hat dazu ergeben, dass „die Anbindung physikalischer Inhalte an alltägliche Erfahrungen und Beispiele aus der Umwelt [...] für Schülerinnen und Schüler Interesse fördernd [ist]“ (Häußler & Hoffmann 1995, zitiert nach Kircher 2007, S. 565). Allgemein kann festgehalten werden, dass Interesse

am Unterrichtsfach Physik und Sachinteresse am jeweiligen Thema nicht unbedingt korrelieren müssen. „Wenn Schülerinnen und Schüler das Fach Physik uninteressant finden, dann bedeutet das nicht, dass sie an physikalischen Themen kein Interesse haben. [...] Zwischen beiden gibt es erstaunlicherweise nur einen geringen Zusammenhang. Dies lässt sich auch als Indiz für die geringe Passung von Unterrichtsangebot und Interessen deuten.“ (ebd.) Diesem Problem könnte durch eine bessere Orientierung an Vorkenntnissen und Alltag der Schülerinnen und Schüler entgegengewirkt werden, denn wo bereits Erfahrungen gemacht wurden, können auch Fragen gestellt und Neugierde geweckt werden.

Weitere Ergebnisse der zitierten Interessensstudie widmen sich dem Genderaspekt im Physikunterricht, der wiederum mit dem dritten relevanten didaktischen Grundsatz zusammenhängt, nämlich der „bewusste[n] Koedukation und geschlechtssensible[n] Pädagogik“ (Bundesministerium für Bildung 2004, S. 7). Aufgrund der besonderen Wichtigkeit dieses Grundsatzes im Physikunterricht im Allgemeinen und der Tatsache im Speziellen, dass die Motivation der Mädchen einer der Beweggründe zur Wahl dieses Themas waren, soll dies im Anschluss an das Kapitel über die Lernziele separat und ausführlicher behandelt werden.

4.2.2 Lernziele zum Thema Energie

Nachdem nun einige fächerübergreifende und grundlegende Unterrichtsziele näher betrachtet wurden, sollen natürlich nun auch die fachlichen Lehr- und Lernziele behandelt werden. Wie schon eingangs erwähnt, fußen diese auf den fünf Aspekten des Energiebegriffs, die ja durch den Unterricht zu diesem Thema alle vermittelt werden sollen.

Im Physiklehrplan der zweiten Klasse Unterstufe wird der Energiebegriff nicht explizit erwähnt, fließt aber in das Kapitel „Die Welt, in der wir uns bewegen“ ein und wird auch in diesem Zusammenhang oft schon in der zweiten Klasse gemeinsam mit dem Begriff der Arbeit unterrichtet. Außerhalb der zweiten Klasse kommen nämlich im Lehrplan der Unterstufe nur noch die Wärmeenergie in der dritten Klasse und die elektrische Energie in der dritten und vierten Klasse vor - die mechanischen Energieformen scheinen nicht explizit auf. Jedenfalls geben die Lehrpläne der ersten beiden Lernjahre vor, dass die Schülerinnen und Schüler ein „Verständnis der Bewegungsmöglichkeiten, der Bewegungsursachen und der Bewegungshemmungen von belebten und unbelebten Körpern ihrer täglichen Erfahrungswelt sowie des eigenen Körpers“ (Bundeskanzleramt 2017, S. 179) und „der thermischen Vorgänge“ (ebd.) in eben diesen gewinnen sollen. Diese Lernziele sind sehr weit gefasst und sicherlich eine Herausforderung was ihre Überprüfbarkeit durch die Lehrperson anbelangt. In jedem Fall soll ein umfassendes Verständnis erreicht werden, das wiederum Einsicht in die Zusammenhänge zwischen diesen Themen voraussetzt.

Um diesen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Kapiteln, in denen über die Energie gesprochen wird, wie zum Beispiel in den Themenbereichen Mechanik und Thermodynamik, herstellen zu können, ist wiederum ein besonderer Fokus auf den Aspekt des Energie-Konzeptes zu legen. Laut Reinders Duit ist nämlich ein wichtiges Ziel des Unterrichts über Energie, dass „am Ende des Weges eine Konzeptualisierung des Energiebegriffs steht, die in wesentlichen Punkten mit dem abstrakten physikalischen Energiebegriff übereinstimmt“ (Duit 1986, S. 113). Damit soll verhindert werden, dass in jedem Lernjahr das Kapitel der Energie auf eine andere Art und Weise, also über ein anderes Energiekonzept, unterrichtet wird, und stattdessen ein Anknüpfen an und Verknüpfen mit bereits Gelerntem ermöglichen. Dies ist außerdem von großer Bedeutung, wenn die Aspekte Energietransport und Energieumwandlung vermittelt werden sollen.

Wenn nun das Thema Energie im Zusammenhang mit dem menschlichen Körper unterrichtet wird, spielen dabei sowohl mechanische Energieformen und der Begriff der Arbeit als auch die Thermodynamik eine große Rolle. Dadurch werden nicht nur die im Lehrplan angeführten Lernziele erfüllt, sondern auch die Aspekte Energieumwandlung und Energietransport behandelt. Selbstverständlich wird gerade bei diesem Thema auch intensiv der Aspekt der Energieerhaltung behandelt, wobei allerdings nicht die ebenso wichtige Energieentwertung außer Acht gelassen werden sollte. Diese ist gerade dann ein wichtiges Lernziel, wenn es um eine andere gesellschaftliche Problematik, nämlich die Energieversorgung und „Energieknappheit“ geht. Wenn im Unterricht über Energie und Energieerhaltung die Entropie beziehungsweise die „Entwertung“ der Energie vernachlässigt wird, könnte es, was dieses Unterrichtsziel und damit auch wiederum den Bildungsbereich „Mensch und Gesellschaft“ betrifft, Schwierigkeiten geben.

Im neuen, semestrierten Lehrplan der Oberstufe ist der Lehrstoff kürzer und konkreter formuliert. Hier finden sich in der fünften Klasse (beziehungsweise sechsten Klasse im Gymnasium) die Schlagwörter Energie, Energieerhaltung, Entropie sowie die thermodynamischen Hauptsätze und das Thema nachhaltiger Umgang mit Energie. Dementsprechend scheint hier die fünfte Klasse als weitere Möglichkeit geeignet, um noch einmal das Thema Energie im Zusammenhang mit dem menschlichen Körper zu unterrichten. Gerade in der Oberstufe ist eine umfassende Beschäftigung mit den Begriffen Energieerhaltung und Energieentwertung von großer Bedeutung, um eine kritische Auseinandersetzung mit den wichtigen Themen der Energieversorgung und alternativen Energiebereitstellung (im ersten Semester der siebenten Klasse) zu ermöglichen.

4.3 Mädchen im Physikunterricht

Zahlreiche internationale Interessensstudien der letzten Jahre zeichnen ein Bild, das vor allem in Hinblick auf die Motivation der Mädchen im Physikunterricht Besorgnis erregend ist. Überall dort, wo Physikunterricht abgewählt werden kann, entscheiden sich viele Mädchen bewusst gegen die Physik. Auch in anderen Schulen wird Physik, wenn Schulfächer nach der Beliebtheit gereiht werden müssen, vor allem von den Mädchen oft einem der letzten Plätze zugeordnet (vgl. Häußler et al. 2002, S. 870-872).

Tatsächlich existieren nicht nur bloße Interessensunterschiede zwischen Buben und Mädchen, sondern auch zunehmend divergierende Ergebnisse die Leistung im Geschlechtervergleich betreffend. Bereits im Volksschulalter in der vierten Schulstufe schneiden Buben in den Naturwissenschaften und in der Mathematik tendenziell besser ab, im Laufe der Schulzeit verstärken sich diese Unterschiede dann noch, wobei Österreich deutlich über dem Durchschnittswert aus allen Ländern liegt. Sowohl in der Naturwissenschaftlichen Gesamtwertung als auch im Teilbereich „Physikalische Systeme“ gab es in Österreich beim PISA-Test im Jahr 2015 sogar den größten Unterschied aller OECD-Staaten zwischen dem Ergebnis der Mädchen und dem der Buben (vgl. Suchan et al. 2016, S. 114).

Sieht man sich die Ergebnisse im Detail an, wird erkennbar, dass das Ausmaß dieser Unterschiede stark vom Themenbereich der Frage abhängig war. Während es bei Fragen, die dem Teilbereich „Biologische Systeme“ zugeordnet werden können, 2006 keine signifikanten Unterschiede in den Leistungen von Buben und Mädchen gab, und 2015 nur geringe Unterschiede, schnitten Mädchen vor allem bei technischen Fragestellungen im Durchschnitt schlecht ab (vgl. Schreiner 2007, S. 27; vgl. Suchan et al. 2016, S. 114). Dies gilt insbesondere bei solchen, wo dezidiert auf physikalisches Fachwissen aus dem Schulunterricht zurückgegriffen werden musste (vgl. Schreiner et al. 2007, S. 191).

Die Ursachen für diese Ergebnisse sind breitgefächert, wobei tatsächliche Unterschiede in den kognitiven Leistungsfähigkeiten von Mädchen und Buben mittlerweile ausgeschlossen werden (vgl. Kircher 2007, S. 560). Viel eher dürften Geschlechterstereotype eine Rolle spielen, und zwar sowohl in der Erziehung durch Eltern und Gesellschaft, als auch in der Schule durch die Lehrperson. Buben werden im Allgemeinen in der Kindheit häufiger dazu angeregt, sich mit physikalischen Vorgängen und technischen Gegenständen zu beschäftigen, was dazu führt, dass sie mit mehr Vorerfahrung auf diesem Gebiet in die Schule eintreten (vgl. Kircher 2007, S. 561). Diejenigen Aufgaben, die Fachwissen aus dem Unterricht voraussetzten und dabei von den Mädchen im Durchschnitt deutlich schlechter gelöst werden konnten als von den Buben, legen nahe, dass jene durch die Unterrichtsmethode des fragend-

entwickelnden Unterrichts, wie er in Österreichs Physikunterricht vorherrscht, benachteiligt werden (vgl. Schreiner et al. 2007, S. 192). Buben beteiligen sich aufgrund ihrer Vorerfahrungen bei dieser Art des Unterrichts oft mehr als Mädchen und erhalten dementsprechend auch mehr Aufmerksamkeit und Anerkennung von der Lehrperson, was das Selbstvertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit im Fach Physik beeinflusst. Vor allem die daraus resultierende unterschiedliche subjektive Einschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit in Physik ist ausschlaggebend für den Erfolg oder Misserfolg in einer Prüfungssituation.

Neuere Erkenntnisse legen außerdem nahe, dass vor allem der Kontext, in den ein physikalisches Thema im Unterricht gebettet wird, entscheidend für den Lernerfolg – vor allem von Mädchen – sein kann. Vor allem wenn noch wenig Interesse für das Unterrichtsfach als solches existiert, ist dieser Faktor entscheidend. Studien zeigen, dass vor allem Mädchen sehr sensibel auf eine Änderung des Kontextes im Unterricht reagieren. Im Durchschnitt zeigen Mädchen besonders hohes Interesse, wenn es um die praktische Anwendung theoretischer Inhalte, um gesellschaftlich relevante Themen oder um einen Bezug zum sozialen Leben geht. Zum Beispiel steigt das Interesse der Mädchen an physikalischen Fragestellungen, wenn der Kontext der Humanbiologie, Medizin oder Naturphänomene gewählt wird (vgl. Hoffmann 2002, S. 451).

Was zudem interessant und wesentlich für die Umsetzung im Schulunterricht erscheint, ist, dass sich die Interessensbereiche zwischen Buben und Mädchen zumindest insofern überschneiden, dass Buben fast immer Inhalte und Unterrichtsmethoden auch als interessant empfinden, die für Mädchen zugeschnitten sind. Umgekehrt ist dies offensichtlich nicht der Fall (vgl. Häußler et al., 2002, S. 872). Dementsprechend scheint es tatsächlich sinnvoll, sich als Lehrperson öfters gezielt an den Mädchen und deren Interessen zu orientieren, was die Wahl eines geeigneten Kontextes im Physikunterricht betrifft.

Einige Richtlinien, die laut Studien zur Steigerung des Interesses der Mädchen (und gleichzeitig auch der Buben) am Physikunterricht führen können, sollen nun angeführt werden. Geeignet erscheinen diesbezüglich Themen und Kontexte, die...

- ... „Aha-Effekte“ und Staunen ermöglichen,
 - ... an Vorerfahrungen anknüpfen,
 - ... selbst erfahrbar sind,
 - ... sich mit der gesellschaftlichen Relevanz von Physik beschäftigen,
 - ... anwendungsorientiert sind,
 - ... Bezug zum menschlichen Körper herstellen,
 - ... den Nutzen von quantitativen Methoden in der Physik aufzeigen
- (vgl. Häußler et al. 2002, S. 873).

Insgesamt kann der Physikunterricht in der Schule natürlich nicht alle gesellschaftlichen Unterschiede und Benachteiligungen von Mädchen wettmachen. Er sollte dennoch diese nicht – wie das im Moment in Österreich Realität ist – noch verstärken, sondern versuchen, Ungleichheiten so gut es geht abzubauen, Schwächen auszugleichen und individuelle Begabungen zu erkennen und zu fördern.

5 Der klassische Zugang zur Energieerhaltung im Physikunterricht

Der Energiebegriff taucht im Physikunterricht der AHS in unterschiedlichen Kontexten auf. Die Erarbeitung dieses Begriffes und das Kennenlernen der Energie als Erhaltungsgröße erfolgt im Prinzip zweimal – im Kapitel der Mechanik und im Kapitel der Thermodynamik – und das auf zwei unterschiedliche Arten. Natürlich lernen die Schülerinnen und Schüler in weiterer Folge auch noch andere Formen von Energie (elektrische Energie, Strahlungsenergie, etc.) kennen, dies aber meist isoliert von dem Energiebegriff der Unterstufe, passend für den jeweiligen Kontext, und ohne den Fokus auf die Erhaltung der Energie zu legen.

5.1 Von der Kraft über die Arbeit zur Energie

Erstmals für gewöhnlich in der zweiten Klasse Unterstufe, also im ersten Lernjahr der Physik, wird nach dem Kennenlernen diverser Kräfte, das Verrichten von Arbeit besprochen. In neueren Physikbüchern treten die Begriffe Arbeit und Energie zum Teil aber auch erst in der dritten Klasse auf. Die Definition des Arbeitsbegriffs ist für das Alter der Schülerinnen und Schüler erfahrungsgemäß nicht leicht zu verstehen. Das liegt vor allem an der großen Diskrepanz zum Alltagsbegriff „Arbeit“, und an (notwendigen) Details in der Formulierung, wie dem Zurücklegen des Weges und der Parallelität der Kraftkomponente.

Wenn eine Masse von einer Kraft \vec{F} entlang eines Weges \vec{r} bewegt wird, so ist die Arbeit W in der Physik definiert als das Skalarprodukt

$$W = \vec{F} \cdot \vec{r} . \quad (34)$$

In der vektoriellen Schreibweise scheint einleuchtend, dass eine Bewegung normal zur Kraft keiner Arbeit entspricht, da das Skalarprodukt in diesem Fall null ergibt. Auf diese Information kann aber beim Erarbeiten des Themas in der Unterstufe nicht zurückgegriffen werden. Deshalb wird die Definition der Arbeit immer noch um einen

zusätzlichen Satz ergänzt, der entweder beschreibt, dass nur die Kraft(-komponente) zur Berechnung herangezogen werden darf, die in Wegrichtung zeigt, oder nur der Teil des Weges eingesetzt werden darf, der parallel zur Kraft ist. Dazu muss gesagt werden, dass die Kräftezerlegung in Komponenten zu diesem Zeitpunkt meist schon unterrichtet wurde, aber für Schülerinnen und Schüler keinesfalls trivial ist. Dies steht meiner Erfahrung nach auch in wenig Zusammenhang mit dem Verständnis der Kräfteaddition, die meist deutlich einleuchtender erscheint. Oft werden daher nur die Fälle „parallel“ oder „normal“ unterrichtet, und wie oben angedeutet eher der Weg in Komponenten zerlegt als die Kraft.

Dass von allen kennengelernten Kräften meist die Gewichtskraft herausgepickt wird, um die Arbeit zu definieren und zu erklären, birgt noch ein weiteres Problem. Schnell wird jede waagrechte Bewegung als keine Arbeit abgestempelt. Natürlich ist dazu der Beisatz, dass die Bewegung reibungsfrei ablaufen muss, nötig, was für Schülerinnen und Schüler aber oft untergeht, und dann eine Bewegung gegen Luftwiderstand oder sogar Haft- und Gleitreibung als keine Arbeit im physikalischen Sinne eingelernt wird. Aus dem Alltagsverständnis heraus noch problematischer ist jedes Beispiel oder jedes anschauliche Experiment den eigenen Körper betreffend. Denn auch ohne den Menschen und seinen Energieumsatz auch nur zu thematisieren, stellen sich viele Lernende rasch die Frage, warum aber das bloße Halten eines schweren Gegenstandes oder eben ein waagrechtes Tragen sehr wohl anstrengend für den Körper sind, und gewissermaßen einen spürbaren „Energieverbrauch“ im Körper darstellen. Hier wäre es nötig, von der Spannung im Muskel zu sprechen, deren Aufrechterhaltung laufende Energiezufuhr benötigt (was meist daran scheitert, dass der Energiebegriff ja noch nicht erarbeitet wurde, beziehungsweise dieser auf dem Begriff der Arbeit fußen soll). Jedenfalls sollte man vorsichtig mit pauschaler Kategorisierung sein, um keine zusätzliche Verwirrung in den Köpfen der Kinder zu schaffen.

Vom Begriff der Arbeit ausgehend, wird dann meist der Zusammenhang zur potentiellen Energie hergestellt. Dabei wird, wenn man einen Blick in Schulbücher wirft, nicht immer auf die Lebensrealität der Schülerinnen und Schüler Rücksicht genommen. Der Bogen von der Arbeit zur potentiellen Energie wird in der 2012 überarbeiteten Auflage von „Lehrbuch der Physik. 3. Klasse“ zum Beispiel so gespannt: „Du kennst sicher Uhren, die man immer wieder aufziehen muss. [...] Physikalisch gesehen wird beim Aufziehen jeder Uhr Arbeit verrichtet. Diese Arbeit wird im gehobenen Gewichtsstück oder in der gespeicherten Feder als Energie gespeichert.“ (Gollenz et al. 2012, Lehrbuch der Physik. 3. Klasse, S. 7)

Im Allgemeinen wird Energie dann, wie schon im ersten Kapitel erwähnt, als gespeicherte Arbeit definiert. Gleichzeitig wird Energie meist als die Fähigkeit bezeichnet, Arbeit zu verrichten – eine Definition, die eigentlich die Energie an erste

Stelle setzt, und damit die Frage aufkommen lässt, woher ursprünglich die Energie genommen wurde, um die oben beschriebene Arbeit verrichten zu können.

Nach der potentiellen Energie wird meist die kinetische besprochen und im Zuge dessen diverse Beispiele für die Umwandlung dieser mechanischen Energieformen ineinander, wie zum Beispiel das Pendel, oder das Anheben und anschließende Fallenlassen eines Gegenstandes. Dies ist auch meist der Kontext, in dem die Erhaltung der Energie zum ersten Mal eine Rolle spielt – gleich aber natürlich eingeschränkt um den Faktor der (Luft-)Reibung.

Dass Energie noch in ganz anderen Formen auftreten kann, wird nicht immer gleich im Zuge des Erlernens des Energiebegriffes thematisiert. So werden andere Arten von Energie meist erst im jeweiligen Kapitel in den weiteren Lernjahren angesprochen. Das kann dazu führen, dass der Grundsatz der Energieerhaltung zwar auswendig gelernt wird und möglicherweise auch auf ein so isoliertes Beispiel wie ein Fadenpendel angewendet werden kann, die Relevanz des Themas für die gesamte Physik sowie die Möglichkeit der Umwandlung in ganz andere Energieformen oder das Thema der Energieentwertung aber nicht erfasst werden.

5.2 Ausgangspunkt Wärme

Meist im zweiten Lernjahr, also der dritten Klasse Unterstufe, wird der Fokus im Physikunterricht auf die Wärmelehre gelegt. Dabei wird, wenn zum ersten Mal die Thermodynamik unterrichtet wird, meist nicht auf den Unterschied zwischen einer Zustands- und einer Prozessgröße eingegangen, sondern Wärme schlicht als eine Form der Energie definiert. Natürlich wird anschließend auf die unterschiedlichen Arten von Wärmeübertragung eingegangen, aber normalerweise der Fokus nicht darauf gelegt, ob die Energie eines Körpers zu- oder abnimmt, sondern nur der Weg der Wärme verfolgt.

Erst in der Oberstufe wird mit Wärme nur noch der Prozess der Energieübertragung bezeichnet und damit auch die Äquivalenz zur Arbeit aus der Mechanik aufgezeigt. Ab dann wird auch mit den Hauptsätzen der Thermodynamik auf die innere Energie eines Systems und über die Entropie auf die Irreversibilität von Vorgängen in der Physik eingegangen. Erst wenn klar ist, dass Wärme lediglich eine Prozessgröße darstellt, und stattdessen die thermische Energie eines Körpers betrachtet werden muss, beziehungsweise der Übertrag von thermischer Energie eines Systems auf ein anderes, kann die Energieerhaltung in der Thermodynamik sinnvoll thematisiert werden. Dementsprechend spielt diese im Unterricht der Wärmelehre in der dritten Klasse normalerweise auch keine Rolle.

Was in der Unterstufe sehr wohl schon ein Begriff ist, ist die kinetische Energie und normalerweise auch der Aufbau der Materie, weshalb schon von Anfang an klargestellt werden kann, dass es sich bei thermischer Energie um die Bewegungsenergie der Teilchen handelt. Dies legt eigentlich nahe, hier noch viel mehr an bereits Gelerntes anzuknüpfen.

Das Problem an der üblichen Herangehensweise zur thermischer Energie und die Bezeichnung dieser als „Wärme“ in der Unterstufe liegt damit aus meiner Sicht darin, dass für die Schülerinnen und Schüler nicht Schritt für Schritt ein zentraler Energiebegriff aufgebaut wird, sondern viel mehr die beiden Kapitel der Mechanik und der Thermodynamik komplett isoliert voneinander betrachtet werden. Umso schwieriger fällt es den Lernenden dann später, wenn über den ersten Hauptsatz der Thermodynamik in der Oberstufe sehr wohl ein Zusammenhang hergestellt wird. Außerdem wird so die Chance verpasst, die Umwandlung von mechanischer in thermische Energie beziehungsweise von thermischer in andere Energieformen, zu thematisieren, was auch ohne Kenntnis über genaue Eigenschaften von zum Beispiel elektromagnetischer Strahlung oder eben der Vorgänge im menschlichen Körper, möglich wäre.

5.3 Energieerhaltung in Schulbüchern

In Anbetracht der verschiedenen Aspekte des Energiebegriffs in der Schule, scheint es sinnvoll, noch weiter zu überprüfen, welche der Zugänge zur Energie und Energieerhaltung in gängigen Schulbüchern aufgegriffen werden, und insbesondere ob der Energiestoffwechsel des menschlichen Körpers eine Rolle spielt. Dazu werden exemplarisch jeweils zwei häufig verwendete Schulbuchreihen für die Unter- sowie die Oberstufe untersucht.

5.3.1 Unterstufe

Für die Unterstufe wurden exemplarisch die Bücher der oft im Unterricht verwendeten Schulbuchreihen „Prisma – Physik“ (Barmeier et al.) und „Lehrbuch der Physik“ (Gollenz et al.) des öbv-Verlages herangezogen. In beiden Lehrbuchreihen tritt der Begriff „Energie“ erstmalig in der zweiten Klasse auf, und ebenfalls in beiden Büchern wird zuerst die physikalische Arbeit definiert und erklärt. Darüber hinaus gibt es aber doch nennenswerte Unterschiede. Im „Lehrbuch der Physik 2“ von Gollenz et al. wird die Energie ganz klassisch als „gespeicherte Arbeit“ eingeführt und definiert. Die unterschiedlichen Energieformen sowie die Energieerhaltung werden kurz erklärt, der Energieumsatz im menschlichen Körper wird jedoch nicht erwähnt.

In „Prisma – Physik 2“ wird der Treibstoff-Vergleich zur Einführung des Energiebegriffs herangezogen. Der menschliche Körper wird als Beispiel genannt und der Zusammenhang von Arbeit und Energie mithilfe eines Hochspringers erklärt: „Über die Nahrung hat der Sportler Energie aufgenommen. Mithilfe dieser Energie verrichten seine Muskeln die Arbeit die notwendig ist, um seinen Körper anzuheben“ (Barmeier et al. 2008, Prisma – Physik 2, S. 82). Außerdem findet sich im Buch eine anschauliche Grafik zur indirekten Nutzung der Sonnenenergie, in der unter anderem auch der Weg über die Nahrung eingezeichnet ist.

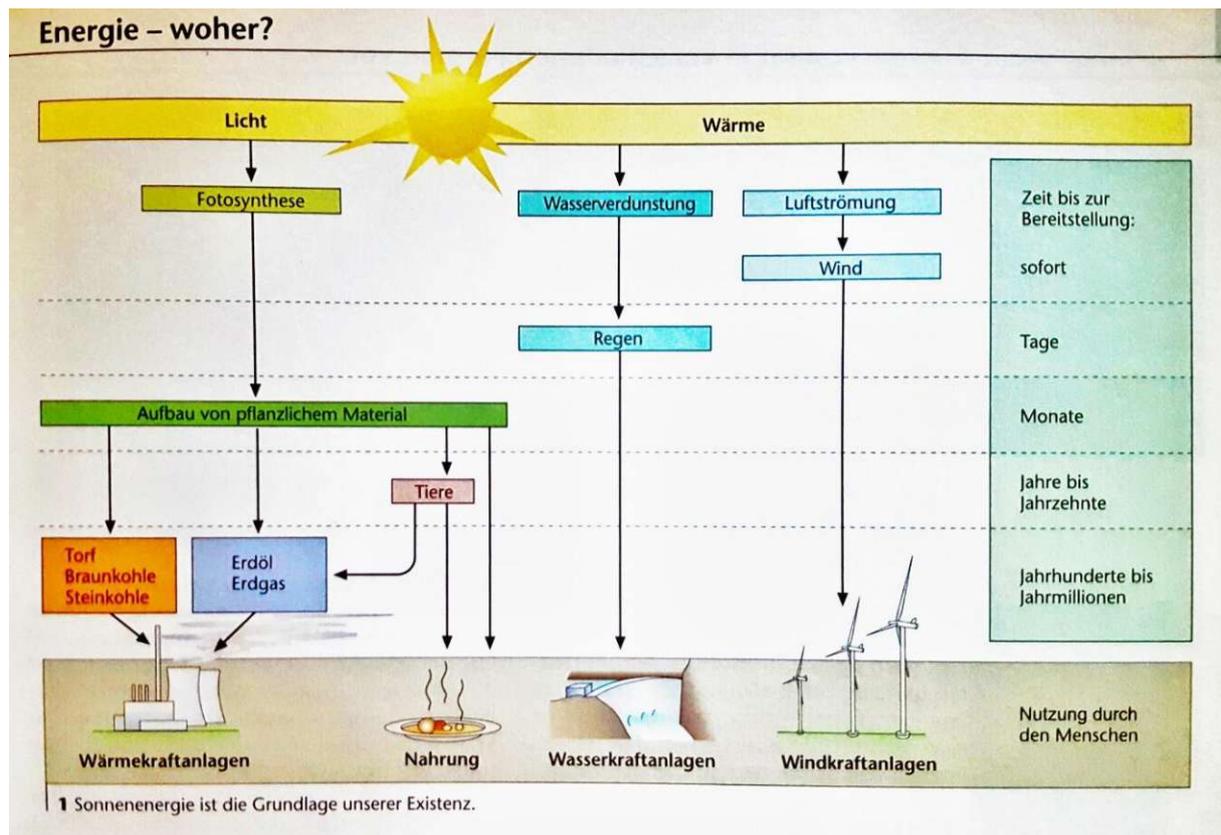


Abbildung 4: Die Nutzung der Sonnenenergie (Barmeier et al. 2008, Prisma-Physik 2, S. 83)

Interessanterweise wird sogar der Brennwert der Nahrung indirekt erwähnt, indem über die gute Brennbarkeit von Schokolade nach einem LKW-Unfall berichtet wird.

In den Büchern für die dritte Klasse derselben Reihen wird im Zuge des Kapitels zur Wärme jeweils noch einmal auf das Thema Energie eingegangen. Im Buch von Gollenz werden die Energie und ihre verschiedenen Arten sehr ausführlich besprochen, jedoch findet sich bei der Energieumwandlung und -erhaltung kein Verweis oder Beispiel zum menschlichen Körper. Erst im Zuge des Kapitels zum Heizwert wird auf den Nährwert von Speisen eingegangen. Hierzu gibt es im Buch auch zwei Tabellen zu den Durchschnittswerten vom Brennwert vieler Lebensmittel sowie dem

Energiebedarf einiger Tätigkeiten. Erklärungen zur Energieerhaltung in diesem Zusammenhang oder Berechnungen zur Energiebilanz existieren aber keine.

Im Buch für die 3. Klasse der Reihe „Prisma – Physik“ wird auf die verschiedenen Energieformen nicht mehr genau eingegangen, sondern nur noch die thermische Energie behandelt. Jedoch findet sich im Buch eine Seite zum Thema Energie für den menschlichen Körper inklusive einiger Tabellen zu Nährwerten und Energiebedarf. Außerdem wird in diesem Buch auf den Zusammenhang zwischen Energiezufuhr und Energiebedarf eingegangen: „Wird dem Körper zu viel Energie zugeführt, (...) wird der Überschuss in Fettdepots angelegt. Erhält der Körper zu wenig Energie, werden vorhandene Fettdepots abgebaut“ (Barmeier et al. 2008, Prisma – Physik 3, S. 19).

5.3.2 Oberstufe

Als Buchreihen für die Oberstufe wurden „Big Bang“ von Martin Apolin sowie „Sexl – Physik“ von Roman U. Sexl et al. zur genaueren Betrachtung und zum Vergleich herangezogen. In beiden Schulbuchreihen kommen die Themenbereiche Energie und Wärme in den ersten beiden Bänden für die 5. und 6. Klasse (beziehungsweise nur für die 6. Klasse im Gymnasium, WRG oder ORG) vor. Die Bücher von Sexl behandeln den Energiebegriff auf eine sehr klassische Art. Zunächst wird die physikalische Arbeit definiert, dann folgen die mechanischen Energieformen sowie die Energieerhaltung mit und ohne Betrachtung der Reibung. Zur chemischen Energie als „Muskeltreibstoff“ findet sich im Buch exakt ein Satz, was in Relation zu insgesamt zwölf A4-Seiten zum Thema steht. Im Band für die 6. Klasse, der die Wärmelehre beinhaltet, wird dem Thema Ernährung und Energieumsatz im Zusammenhang mit Verbrennungsprozessen zumindest eine halbe Seite gewidmet. Dabei sucht man aber Tabellen zum Energiebedarf für verschiedene Tätigkeiten oder Erklärungen zur Energiebilanz und dem Verhältnis von Energiezufuhr und Energieaufwand vergebens. Auch Rechenbeispiele oder andere Aufgaben, denen in der Buchreihe durchaus viel Aufmerksamkeit geschenkt wird, behandeln ausschließlich den Heizwert verschiedener Brennstoffe oder andere Themen der Wärmelehre.

In der Schulbuchreihe „Big Bang“ von Martin Apolin findet sich das Thema im Band für die 5. Klasse. Hier wird ihm ein ganzes Kapitel gewidmet mit dem Titel „Die Sache mit der Sachertorte. Der Energiesatz und der Mensch“ (Apolin 2007, S. 96). Auf drei A4-Seiten befinden sich Informationen zum Energiegehalt verschiedener Nährstoffe und zum Leistungsumsatz bei unterschiedlichen Tätigkeiten. Ein großer Teil des Kapitels beschäftigt sich mit dem Ab- und Zunehmen und damit direkt mit dem Energieerhaltungssatz. Apolin schreibt, „wenn Input und Output einander die Waage halten, dann bleibt auch deine Masse gleich groß [...]. Wenn der Input größer ist, dann nimmst du zu, wenn der Output größer ist, ab“ (Apolin 2007, S. 97). Natürlich stellt diese Aussage eine gewisse Vereinfachung dar, dennoch wird damit das Wesentliche

auf den Punkt gebracht und das wichtigste Prinzip im Bereich Gewichtsverlust genannt. Außerdem nimmt Apolin Stellung zu dem scheinbaren Widerspruch, was körperliche Arbeit im physikalischen Sinne und Tätigkeiten wie dem Halten eines schweren Gegenstandes in einer gewissen Höhe betrifft. So erklärt er, dass sich die Muskelfasern bei äußerer Kraft innerhalb des Muskels sehr wohl bewegen, also kontrahieren, damit chemische Energie benötigen, und der Energiesatz natürlich nicht verletzt wird. Diese Energie verschwindet nicht einfach, sondern wird in Wärme umgewandelt, was für den Menschen beim Betreiben von Sport auch tatsächlich spürbar ist (vgl. Apolin 2007, S. 96 ff.).

6 Aktueller Stand der Forschung zum Thema Ernährung und Gewichtsreduktion

6.1 Gründe für die Komplexität der Forschung auf dem Gebiet der Ernährungswissenschaft

Beschäftigt man sich als interessierter Laie mit dem Thema Ernährung und aktuellen Forschungsergebnissen auf diesem Gebiet, ist die Wahrscheinlichkeit groß, dass man nach der Recherche frustrierter und verwirrter ist als zuvor. Ernährungsstudien scheinen sich im Wochentakt zu widersprechen und ähnlich verhält es sich mit Empfehlungen durch Personen mit mehr oder weniger Expertise im Fernsehen, in Büchern und Zeitschriften. Auf der einen Seite wird dazu geraten, lange Pausen zwischen den Mahlzeiten zu machen, dann soll man für den Erhalt des Insulinspiegels wieder besonders kontinuierlich essen. Einmal werden Kohlenhydrate verpönt, dann wieder Fette, manchmal sollen nur einzelne Nahrungsmittel aus dem Speiseplan verbannt werden, oft ganze Lebensmittelgruppen. Bevor der Versuch gestartet wird, diesbezüglich ein wenig Licht in das Dunkel zu bringen, soll die Frage geklärt werden, warum diese Widersprüche überhaupt möglich oder vielleicht sogar verständlich sind.

Zum einen sind randomisierte kontrollierte Studien, die in der medizinischen Forschung als bestes Studiendesign gelten, um eine Kausalität eindeutig zu belegen, bei Fragestellungen die Ernährung betreffend extrem schwierig durchzuführen. Dazu müssten großen Gruppen an Personen zufällig eine bestimmte Ernährungsform zugeteilt werden, an die sie sich dann einen möglichst langen Zeitraum halten müssten, was sich bei vergangenen Studien in der Praxis als kaum durchführbar erwiesen hat. Im Idealfall würde alles, was die TeilnehmerInnen zu sich nehmen, kontrolliert werden, um andere gesundheitliche Effekte ausschließen zu können, und

zusätzlich müsste verhindert werden, dass aufgrund des Wissens über eine bestimmte Form der Ernährung oder Zufuhr von bestimmten, vermeintlich gesunden oder ungesunden Nahrungsmitteln, ein Placebo-Effekt auftritt. Dies ist praktisch nur in geschlossenen Einrichtungen möglich, wo entweder die Anzahl und Diversität an Menschen ungenügend oder die beobachtbare Zeitdauer zu kurz ist (vgl. Harvard T. H. Chan School Of Public Health 2019).

Größer angelegte Studien, bei denen Menschen längere Zeit beobachtet werden, um das Auftreten bestimmter Krankheiten zu untersuchen und dann Rückschlüsse auf die Ernährung ziehen zu können, haben die Schwäche, dass sich die Ursache schwer in einem einzelnen Lebensmittel oder einer Gruppe an Nahrungsmitteln finden lässt. Oft haben Personen, die zum Verzehr bestimmter ungesunder Lebensmittel neigen, generell einen ungesünderen Lebensstil, machen weniger Bewegung, haben ein niedrigeres Einkommen, einen niedrigeren Bildungsstand und/oder weniger Wissen über Ernährung, was zu den langfristigen Unterschieden in der Gesundheit führen kann. Außerdem beruhten auch vielzitierte, derartige Studien in der Vergangenheit oft darauf, dass die TeilnehmerInnen ihre Nahrungszufuhr selbst überwachten und dokumentierten, was sie zu sich nahmen, was sich in vielen Fällen als unvollständig und ungenau erwiesen hat (vgl. Archer et al. 2018).

Gerade in Anbetracht der immensen Kosten von Studien an großen Gruppen an Menschen über einen langen Zeitraum erscheint einleuchtend, dass auch Ernährungsstudien zuerst immer im Labor und an Tieren durchgeführt werden. Während dabei zwar gute Kontrollierbarkeit gegeben ist, stellen sich dennoch Ergebnisse aus derartigen Studien bei der Erprobung am Menschen oft als falsch heraus (vgl. Harvard T. H. Chan School Of Public Health 2019). Wenn auf diesen Umstand dann noch wirtschaftliche Interessen von Lebensmittelkonzernen treffen, die Studien zum Teil selbst finanzieren (vgl. Nestle 2016) oder zur verfrühten Verbreitung von Studienergebnissen in ihrem Interesse beitragen, in deren Conclusii ausdrücklich darauf hingewiesen wird, dass die Hypothesen durch weitere Untersuchungen, zum Beispiel eben durch randomisierte kontrollierte Studien an Menschen, überprüft werden müssen, ist die Verwirrung und Fehlinformation der Bevölkerung vorprogrammiert.

Insbesondere aufgrund dieser Komplexität und Problematik ist es wichtig, im Zusammenhang mit gesunder Ernährung nicht von einer einzigen, konkreten, enggesteckten Strategie zu sprechen. Gerade reißerische Überschriften, die ein neues Lebensmittel in den Himmel heben oder extrem verteufeln, sollten kritisch hinterfragt werden und Studien dazu in Hinblick auf die Methodik, also die Art und Weise der Erkenntnisgewinnung, untersucht werden. Wann immer Personen oder Medien simple Tipps und Handlungsanweisungen als undifferenzierte Antwort auf komplexe Fragestellungen präsentieren, ist zumindest ein gewisses Maß an Skepsis angebracht.

6.2 Ernährungsempfehlungen als Grundlage für den Unterricht zum Thema

Auch wenn gerade vor der Verwendung des Wortes „einfach“ in Zusammenhang mit Ernährung gewarnt wurde, gibt es doch einige Richtlinien, über die wissenschaftlicher Konsens herrscht. Diese werden von nationalen und internationalen Fachgesellschaften zu Leitfäden zusammengefasst. Ratschläge, die sich dabei übereinstimmend zum Beispiel in den Guides der World Health Organization, des Österreichischen Gesundheitsministeriums, der Deutschen Gesellschaft für Ernährung und des U.S. Department of Health and Human Services finden, sind:

- abwechslungsreich und überwiegend pflanzlich essen
- hauptsächlich Wasser trinken
- viel Obst und Gemüse, auch hier auf Vielfalt achten
- wenig Salz und Zucker
- Vollkorngetreide bei Mehl, Nudeln, Reis, etc. bevorzugen
- pflanzliche, ungesättigte Fette sollen tierischen, gesättigten Fetten und Transfetten vorgezogen werden
- für tierische Produkte gilt:
 - Fisch und Geflügel sollen rotem Fleisch und verarbeiteten Fleischprodukten vorgezogen werden (die Empfehlung des Österreichischen Gesundheitsministeriums liegt bei nur 300 bis 450g Fleisch inklusive aller daraus verarbeiteten Produkte insgesamt pro Woche)
 - fettarme Milchprodukte bevorzugen
 - falls wenige oder keine tierischen Produkte konsumiert werden, muss Vitamin B12 supplementiert werden

(vgl. Bundesministerium für Gesundheit und Frauen 2017b, S. 42 ff.; U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture 2015, S. 15; Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. 2017; World Health Organization 2018, S. 1 ff.)

Grafisch werden solche Richtlinien gerne in Ernährungspyramiden dargestellt, wobei die nach oben hin kleiner werdende Fläche veranschaulicht, dass der Konsum der Produkte nach oben hin abnehmen soll.

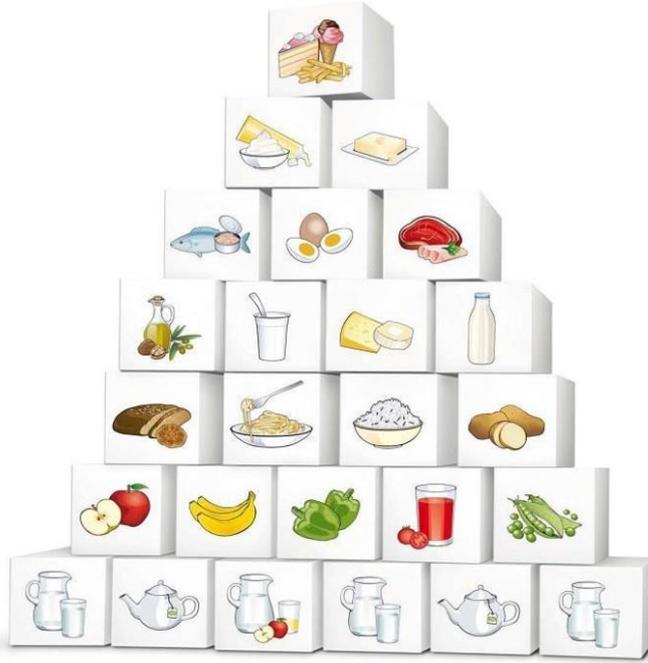


Abbildung 5: Die österreichische Ernährungspyramide (AGES 2019)

Trotz des anhaltenden Trends hin zu vegetarischer oder größtenteils beziehungsweise gänzlich pflanzenbasierter Ernährung bilden in diesen Darstellungen Milch und Milchprodukte sowie Fleisch und Fisch normalerweise ganze Ebenen. Nachdem das Bewusstsein über den Einfluss unserer Ernährung, insbesondere des Konsums tierischer Produkte, auf das Klima immer größer wird, gibt es aber mittlerweile auch Richtlinien, die Einteilungen in andere Kategorien vornehmen. Exemplarisch sei dazu der neue, vielbeachtete Ernährungsleitfaden der Kanadischen Regierung genannt. In diesem besonders prägnant dargestellten Guide finden sich nicht die oben beschriebenen Lebensmittelgruppen sondern stattdessen eine Kategorie von proteinhaltigen Lebensmitteln, welche ein Viertel der Nahrungszufuhr ausmachen sollen, wobei zwar Joghurt und Tofu, nicht aber Milch und Käse abgebildet sind.

**Have plenty of
vegetables and fruits**

Eat protein foods

**Make water
your drink
of choice**



**Choose
whole grain
foods**

Abbildung 6: Canada's Food Guide (Government of Canada 2019)

Was Diättempfehlungen mit dem Ziel des Gewichtsverlusts anbelangt, legen zum Beispiel die Österreichische Adipositas Gesellschaft oder die Deutsche Diabetes Gesellschaft den Fokus auf Akzeptanz, dauerhafte Adhärenz, Nachhaltigkeit und Sättigung. Dabei soll das Abnehmen durch ein Energiedefizit von bis zu 500 kcal oder zwischen 15 und 30 % des Bedarfs pro Tag (in Ausnahmefällen darüber) gelingen, wobei nicht festgelegt wird, durch Restriktion welcher Lebensmittel oder -Gruppen diese Differenz erreicht werden muss. Stattdessen sollen persönliche Präferenzen über die Zusammensetzung der Diät entscheiden (vgl. Yumuk 2015, S. 9).

Studien, die die Restriktion von entweder Kohlenhydraten oder Fetten im Zusammenhang mit Gewichtsverlust und Herz-Kreislauf-Erkrankungen untersuchten, haben nämlich ergeben, dass zwar in den ersten sechs Monaten Personen, die einer Low-Carb-Diät folgten, einen größeren Abnehmerfolg erzielten, als diejenigen, die eine Low-Fat- oder Misch-Diät zu sich nahmen, diese Unterschiede waren allerdings nach zwölf Monaten Versuchsdauer nicht mehr signifikant. Solange ein entsprechendes Kaloriendefizit erreicht wurde, war für den Erfolg des Gewichtsverlustes unerheblich, ob eine kohlenhydratreiche-fettarme, eiweißreiche-fettarme oder sogar eiweißreiche-fettreiche Kost eingenommen wurde (vgl. Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V. et al. 2014, S. 48). Das Ziel muss also die langfristige

Durchführbarkeit sein und damit darf diesbezüglich die persönliche Präferenz im Vordergrund stehen.

Natürlich wird Bewegung als begleitende Maßnahme zum Gewichtsverlust empfohlen, um zusätzlich zur Einschränkung der Energiezufuhr eine Negativierung der Energiebilanz zu erreichen (vgl. Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V. et al. 2014, S. 50).

7 Aufbereitung des Themas für den Physikunterricht

7.1 Konzept

Im Fokus der Planung der nachfolgenden Unterrichtseinheiten stehen drei Ziele. Erstens soll den Schülerinnen und Schülern von Anfang an ein möglichst greifbares und realitätsnahes Verständnis des Energiebegriffes vermittelt werden, auf welches später aufgebaut werden kann. Zweitens soll der Unterricht ermöglichen, dass die Schülerinnen und Schüler das Prinzip der Energieerhaltung anhand eines Anwendungsbereiches verinnerlichen, der für sie eine praktische und für ihr alltägliches späteres Leben eine wesentliche Bedeutung haben kann. Das dritte Ziel der Unterrichtsplanung soll sein, dass alle Schülerinnen und Schüler, unabhängig von ihrem Geschlecht oder ihren persönlichen Interessensbereichen, prinzipiell gleichermaßen von den Inhalten der Unterrichtsstunden angesprochen werden und damit mehr Motivation und ein größerer Lernerfolg für möglichst alle Schülerinnen und Schüler erreicht werden können.

In einer ersten Phase lernen die Schülerinnen und Schüler den Energiegehalt verschiedener Nahrungsmittel kennen und erarbeiten den „Weg“ der Energie von der Sonne bis zum menschlichen Körper. Der nächste Schritt besteht darin, zu erlernen, was mit dieser Energie geschieht und wofür sie genutzt wird, wobei sowohl der Grundumsatz als auch der Energiebedarf bei verschiedenen körperlichen Aktivitäten vermittelt wird. Im Zuge dessen wird auch auf die Erhaltung der Energie eingegangen. In einem längeren Projekt sollen die Schülerinnen und Schüler anschließend aus verschiedenen Nahrungsmitteln rechnerisch ihren Tagesbedarf an Energie decken und dabei auch ihren individuellen Umsatz ermitteln. Mithilfe verschiedener, teilweise englischsprachiger Apps, mit denen die Energiezufuhr überwacht werden kann, könnte hier auch fächerübergreifend und der sogenannten Digitalen Grundbildung entsprechend gearbeitet werden. Im Zuge dieses Themas sollte auch –

natürlich auf sensible Art und Weise – das Thema Gewichtsreduktion beziehungsweise Gewichtszunahme besprochen werden.

Außerdem bietet der Themenbereich eine gute Möglichkeit auf den richtigen Umgang mit pseudowissenschaftlichen Theorien und Produkten zum Thema Ernährung und Gewichtsreduktion einzugehen. Wie schon beim Kapitel zum Lehrplan erwähnt, stellt das richtig einschätzen können und misstrauisch hinterfragen solcher Angebote heutzutage eine wertvolle Kompetenz dar.

Die nachfolgend beschriebenen Unterrichtseinheiten sind vom Ablauf so gestaltet, dass sie in eine oder mehrere 50-minütige Unterrichtsstunden passen. Zu Beginn jedes Abschnittes finden sich die Lernziele für die Einheit, das benötigte Vorwissen der SchülerInnen und eine Auflistung der Materialien. Die erstellten Unterrichtsmaterialien, auf die verwiesen wird, befinden sich im Anhang dieser Arbeit. Kursiv gesetzte Abschnitte innerhalb der Beschreibungen bezeichnen Text, der so oder so ähnlich in das Heft oder die Mappe der SchülerInnen übertragen werden könnte, zum Beispiel durch Notieren auf der Tafel, in einer Präsentation oder durch Vorbereiten einer Kopie, die dann ausgeteilt werden kann.

7.2 Unterrichtseinheiten für die Unterstufe

Die nachfolgenden Unterrichtsmaterialien und Vorschläge zu den einzelnen Unterrichtseinheiten sind für eine dritte Klasse Unterstufe und das zweite Lernjahr Physik konzipiert. Je nach Stundentafel könnten sie aber auch schon in der zweiten Klasse umgesetzt werden, oder – als Ergänzung nach Abschluss des Unterrichts zum Thema Energie – auch erst in der vierten Klasse.

7.2.1 Energie zum Essen

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass sie mit ihrer Nahrung Energie zu sich nehmen. Sie kennen die richtigen Einheiten und haben einen ungefähren Eindruck davon, welche Energiemenge man im Laufe eines Tages zu sich nimmt.

Vorwissen: keines

Material: mehrere Lebensmittel mit Verpackung und Nährwerttabelle, Smartphones oder Computer/Laptops zum Recherchieren, Arbeitsblätter (siehe Anhang 1), Physikheft oder -mappe

Ablauf:

<p>Einstieg ca. 10 min</p>	<p>Die Lehrperson zeigt ein paar Lebensmittel – zur Steigerung des Interesses kann es sich dabei gerne um z.B. Süßigkeiten handeln – und initiiert ein Gespräch mit den SchülerInnen. (Ist das ein gesundes oder ungesundes Lebensmittel? Woher wissen wir das? Was steht alles auf der Verpackung? Wie viel soll/darf ich davon essen? etc.)</p> <p>Im Laufe des Gespräches sollte von einzelnen SchülerInnen die Nährwerttabelle genauer untersucht werden. Falls möglich könnten mehrere kleinere Packungen desselben Produktes auf die Tische/Gruppen aufgeteilt werden, damit möglichst alle SchülerInnen mitlesen können. Dabei sollte besonderes Augenmerk auf die Energieangabe gelegt werden, denn um die wird es sich in dieser Phase des Unterrichts drehen.</p>
<p>Gruppenarbeit und Recherche ca. 20 min</p>	<p>Die SchülerInnen werden in Gruppen aufgeteilt/teilen sich selbst zu und erhalten das Arbeitsblatt (Anhang 1).</p> <p>Die erste Aufgabe ist es, die Antworten auf die Fragen mithilfe des Smartphones/Computers zu recherchieren. Falls das von der Lehrperson nicht gewünscht ist, kann auch ein im Vorfeld erstellter Text ausgeteilt werden, und die SchülerInnen müssen die Antworten aus dem Text herauslesen.</p> <p>Als nächstes sollen die SchülerInnen die Nährwerte eines selbstgewählten Lebensmittels in die leere Tabelle eintragen (z.B. Getränk oder mitgebrachte und verpackte Jause; falls keines verfügbar kann ein von der Lehrperson mitgebrachtes ausgewählt werden).</p> <p>Darunter sind Impulsfragen in der Gruppe zu besprechen und beantworten, die in einer späteren Diskussion aufgegriffen werden sollten, darüber, ob eher energiereiche oder –arme Lebensmittel gegessen werden sollten, ob man eine Einteilung in gesund/ungesund vornehmen kann und wovon es abhängig ist, was man dem Körper zuführen sollte.</p> <p>Die Lehrperson sollte in der Zwischenzeit durch die Klasse gehen, Hilfestellung anbieten, das Eintragen in die Tabelle überprüfen und eventuelle Fragen beantworten, jedoch auch auf die anschließende Diskussion verweisen.</p>
<p>Diskussion ca. 10 min</p>	<p>Die zuvor am Arbeitsblatt beantworteten Fragen werden nun in der gesamten Klasse besprochen. Dabei sollte besonders darauf geachtet werden, dass nicht energiearm mit gesund oder umgekehrt gleichgesetzt wird und betont wird, dass nicht die Kalorienzufuhr über eine gesunde Ernährung entscheiden kann.</p>
<p>Abschluss ca. 10 min</p>	<p>Um zu vermeiden, dass mögliche falsche oder kritische Vorstellungen am Arbeitsblatt bzw. anschließend unreflektiert im Heft landen, kann ein vorgefertigter Text z.B. auf der Tafel aufgeschrieben und in das Heft</p>

	<p>übertragen werden oder ein kurzer kopierter „Merktext“ ausgeteilt und eingeklebt werden. Eine mögliche Version so eines Textes findet sich im Anschluss an das Arbeitsblatt im Anhang.</p> <p>In diesem Text findet sich auch eine kurze Erwähnung des Bombenkalorimeters als Messgerät zur Bestimmung der chemischen Energie eines Stoffes. Sollte nach der Bearbeitung des Arbeitsblattes und der Diskussion noch Zeit bleiben, kann im Zuge des Lesens dieses Textes die Funktionsweise so eines Bombenkalorimeters genauer erklärt werden.</p> <p>Als „Hausaufgabe“ wird den SchülerInnen zur Sicherung des Unterrichtsertrages aufgetragen, zuhause den Energiegehalt von fünf Lebensmittel, die sie besonders oft konsumieren, in eine Tabelle zu übertragen. Auch diese findet sich unterhalb des Arbeitsblattes im Anhang.</p>
--	---

7.2.2 Wie wir die Kalorien zum Brennen bringen

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass für die Erhaltung lebenswichtiger Prozesse Energie nötig ist. Außerdem lernen sie, dass darüber hinaus für verschiedene körperliche Betätigung unterschiedlich viel Energie benötigt wird. Sie kennen das Prinzip der Energieumwandlung und wissen, dass chemische Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird.

Vorwissen: Begriff „chemische Energie“, Energieeinheiten kcal und kJ

Material: Arbeitsblätter (siehe Anhang 2), Physikheft oder -mappe

Ablauf der ersten Unterrichtsstunde:

Einstieg ca. 15 min	<p>Kurze mündliche Stundenwiederholung über das in der vorigen Stunde Erarbeitete. Die zuhause aufgeschriebenen Brennwerte verschiedener Lebensmittel können dabei angesprochen werden, die Überprüfung, ob diese Hausaufgabe erledigt wurde, soll aber später durchgeführt werden (entweder von der Lehrperson in der Stunde, während die SchülerInnen das Arbeitsblatt ausfüllen oder durch Einsammeln und späteres Korrigieren).</p>
Einzelarbeit ca. 30 min	<p>Die SchülerInnen arbeiten alleine (oder falls von der Lehrperson gewünscht zu zweit) und erhalten dazu das Arbeitsblatt 2.</p> <p>Zuerst soll der Energiebedarf unterschiedlicher Personen herausgefunden bzw. zugeordnet werden. Dann sollen Vermutungen getroffen werden, wovon der Energiebedarf abhängig ist und wovon nicht.</p> <p>Auf dem Arbeitsblatt werden die Begriffe Grundumsatz und Leistungsumsatz erklärt. Dies soll gelesen werden und zur Überprüfung des Verständnisses</p>

	<p>sollen einzelne Tätigkeiten oder Prozesse im Körper dem Grund- oder Leistungsumsatz zugeordnet werden.</p> <p>Anschließend soll für einen Jugendlichen der Energiebedarf eines Tages bei angegebener körperlicher Belastung berechnet werden. Dazu wird die auf dem Arbeitsblatt abgedruckte Tabelle (siehe Anhang 2) verwendet.</p> <p>Besonders wichtig ist der Vermerk, dass es sich bei dieser Aufgabe eher um eine Abschätzung als eine exakte Berechnung handelt. Um sich noch einmal mit allen den Energiebedarf beeinflussenden Faktoren auseinander zu setzen, sollen die SchülerInnen nun noch einige Gründe dafür finden, dass nur mit den gegebenen Informationen keine genaue Rechnung möglich ist.</p>
Abschluss ca. 5 min	Sollte noch mehr Zeit bleiben, kann mit dem Vergleichen der Ergebnisse und Diskussion begonnen werden. Falls nicht sollte nur kurz auf die darauffolgende Stunde verwiesen werden, und darauf, dass die Ergebnisse dann besprochen werden.

Ablauf der zweiten Unterrichtsstunde:

Vergleich der Ergebnisse und Diskussion ca. 15 min	<p>Gemeinsam werden die Ergebnisse und Antworten am Arbeitsblatt verglichen.</p> <p>Besonders betont werden sollte die Tatsache, dass aufgrund der im Punkt 2) angesprochenen Faktoren, von denen der Energiebedarf abhängig ist, alle Rechnungen nur als Abschätzungen betrachtet werden können.</p> <p>Dennoch sollte ein Bewusstsein darüber entstehen, wie viel Energie ungefähr zum Aufrechterhalten der wichtigsten Körperfunktionen nötig ist, und welchen entscheidenden Faktor die Freizeitgestaltung und das allgemeine Aktivitätslevel der Jugendlichen darauf hat, wie viel Energie sie zu sich nehmen sollten.</p>
Erarbeitung mittels Gespräch ca. 20 min	<p>Es soll nun die Überleitung zu anderen Energieformen, nämlich der thermischen und kinetischen Energie mittels eines Gespräches gelingen.</p> <p>Dazu sollte den SchülerInnen nochmal ins Gedächtnis gerufen werden, dass man in Form von Nahrung chemische Energie zu sich nimmt. Diese wird offensichtlich für gewisse Vorgänge im Körper benötigt. Dazu sollte die Frage gestellt werden, ob die zugeführte Energie dabei verschwindet, oder was sonst mit ihr passiert.</p> <p>Spätestens, wenn die Lehrperson die SchülerInnen an anstrengende körperliche Tätigkeiten denken lässt, und was dabei mit ihrem Körper geschieht, sollte die Überleitung zur Wärmeenergie klappen.</p>

	<p>Schwieriger ist die Überleitung zur Bewegungsenergie. Auf diese könnte man die SchülerInnen bringen, wenn man sie fragt, wann immer besonders viel Wärme vom Körper freigesetzt wird. Falls nicht einleuchtend erscheint, dass das Bewegen des Körpers selbst Energie benötigt, so hilft vielleicht die Vorstellung, einen anderen Körper (z.B. einen schweren Medizinball) zu bewegen. Die Frage, woran wir erkennen könnten, dass der bewegte Gegenstand jetzt Energie beinhaltet, könnte beantwortet werden, indem man an einen Aufprall dieses bewegten Gegenstandes auf den Boden oder z.B. gegen ein Fenster denkt. (Der Begriff „Arbeit“ soll erst nach dem Unterricht über Energieerhaltung und -Umwandlung erfolgen.)</p> <p>Aus dem Gespräch soll das Prinzip der Energieerhaltung und -Umwandlung zum ersten Mal erkannt werden.</p>
<p>Aufschreiben des Wichtigsten und Abschluss ca. 15 min</p>	<p>An dieser Stelle könnte der Energieerhaltungssatz zum Thema passend als Merksregel in das Heft geschrieben werden.</p> <p>Ein möglicher Merksatz:</p> <p><i>Die dem Körper zugeführte chemische Energie verschwindet nicht einfach. Sie wird in Bewegungsenergie und Wärmeenergie umgewandelt. Besonders gut merken wir das, wenn unser Körper viel Energie umwandeln muss, wie z.B. beim Sport.</i></p>

7.2.3 Input – Output = ?

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler kennen das Prinzip der Energieerhaltung und wissen, dass zugeführte Energie in Wärmeenergie umgewandelt oder gespeichert wird. Sie lernen, welche Möglichkeiten es gibt, den Energieumsatz im Gleichgewicht zu halten. Zudem wissen sie, dass für eine gesunde Ernährung ein komplexes Zusammenspiel aus Makro- und Mikronährstoffen erforderlich ist und eine einseitige oder mangelhafte Ernährung große gesundheitliche Risiken birgt.

Vorwissen: chemische Energie, Energieeinheiten, Energieumwandlung in Bewegungsenergie und Wärmeenergie, Grundumsatz und Leistungsumsatz

Material: App zur Berechnung der Nährwerte auf dem PC der Lehrperson, Beamer, Arbeitsblätter (siehe Anhang 3), Physikheft oder -mappe

Ablauf:

Einstieg ca. 5 min	<p>Mit einer Wiederholung der letzten beiden Unterrichtsstunden wird den SchülerInnen das Wissen über Energiezufuhr und Energieumsatz wieder in Erinnerung gerufen. Das Ziel der heutigen Stunde wird verlaublich, nämlich für eine fiktive Person die Energiebilanz eines Tages zu überprüfen.</p> <p>Dazu erhalten die SchülerInnen alleine oder in Kleingruppen das Arbeitsblatt (siehe Anhang 3).</p>
Gruppenarbeit ca. 15 min	<p>Es soll zuerst berechnet werden, wie viel Energie die angegebene Person an diesem Tag zu sich genommen hat. Anschließend wird ihr Gesamtumsatz an diesem Tag ermittelt. Dazu sollen einige Fragen beantwortet werden. Anhand dieser finden die SchülerInnen einerseits heraus, ob die Person an diesem Tag zu viel oder wenig Energie zu sich genommen hat. Für den Fall, dass mehr Energie benötigt als zugeführt wurde, muss die Frage geklärt werden, woher die Differenz genommen wird. Im gegenteiligen Fall sollen die SchülerInnen die Frage beantworten, was mit der überschüssigen Energie passiert. Daraus soll ein weiteres wichtiges Prinzip verinnerlicht werden, nämlich, dass Energie nicht aus dem Nichts entstehen und auch nicht vernichtet werden kann.</p> <p>Die Liste an Speisen ist so gewählt, dass sich abgesehen von einem Kaloriendefizit auch ein Nährstoffdefizit im Bereich der Mikronährstoffe ergibt. Dies ist vor allem für die anschließende Diskussion relevant.</p> <p>Nachdem diese Unterrichtseinheit für die Unterstufe geplant ist, ist nicht vorgesehen, dass die SchülerInnen selbst die Speisen in ein Programm zur Berechnung der Energiezufuhr und Nährwerte eingeben sollen. Das tatsächliche „Kalorienzählen“, wie es von Personen im Vorhaben abzunehmen manchmal auf diese Weise durchgeführt wird, soll dezidiert nicht als eine angemessene Methode vorgestellt werden. Die Vorgänge im Körper und grundlegenden Prinzipien sollen verstanden werden, dafür ist es aber nicht nötig, den Brennwert eines einzelnen Apfels z.B. zu kennen.</p>
Diskussion ca. 25 min	<p>Die Ergebnisse werden nun gemeinsam besprochen. Das sich durch Energiezufuhr und -umsatz ergebende Kaloriendefizit und seine Folgen für den Körper wird thematisiert. Es muss unbedingt angesprochen werden, was sich als gesunde Möglichkeit zur Gewichtsreduktion eignet, und was nicht. Das Kaloriendefizit sollte beim gezeigten Beispiel auch nicht besonders hoch gewählt werden. Selbst für adipöse, also krankhaft fettleibige Menschen mit einem BMI über $30\text{kg}/\text{m}^2$ empfiehlt die Deutsche Adipositas Gesellschaft im Normalfall nur ein Energiedefizit von rund $500\text{ kcal}/\text{Tag}$, mit dem Ziel der Durchführbarkeit über einen ausreichend langen Zeitraum und dem Fokus auf Nicht-Hervorrufung von Gesundheitsschäden aufgrund von Mangelernährung (vgl. Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V. et al. 2014, S. 45 ff.).</p>

	<p>Um weiter die Thematik „gesund/ungesund“ besprechen zu können, zeigt die Lehrperson eine Auswertung der Ernährung an diesem Tag, die zuvor in ein entsprechendes Programm zur Nährstoffberechnung eingegeben wurde. Diese bildet nicht nur ein Kaloriendefizit oder einen –überschuss ab, sondern zeigt auch, wie viel von welchen Makro- und Mikronährstoffen zugeführt wurde. Dabei kann mit den SchülerInnen besprochen werden, dass es bei einer gesunden Ernährung keineswegs nur auf eine Anpassung der Energiezufuhr ankommt, sondern besonders wichtig ist, den Körper mit allen wichtigen Vitaminen, Mineralstoffen und Spurenelementen zu versorgen.</p> <p>Die zugeführte Nahrung an diesem Tag zeigt dann nicht nur ein Energiedefizit, sondern auch ein Defizit in einigen Mikronährstoffen. Es besteht die Möglichkeit, den SchülerInnen als Hausaufgabe bis zur nächsten Stunde aufzutragen, zu recherchieren, mit welchen Lebensmitteln diese Nährstoffe besonders gut zugeführt werden könnten.</p> <p>Zum Abschluss kann noch gemeinsam ausprobiert werden, welche Auswirkungen bestimmte zusätzlich zugeführte Nahrungsmittel auf die Energiebilanz haben würden. So würde zum Beispiel das Trinken eines Liters eines Softdrinks die zugeführte Energie deutlich erhöhen und die Person sogar in einen Kalorienüberschuss bringen, sonst aber keinerlei Vorteile bezüglich der Nährstoffbilanz ergeben. Falls es in der Klasse konkrete, unter den SchülerInnen beliebte und besonders ungesunde Nahrungsmittel oder Getränke gibt, können auch diese eingegeben werden, um die Auswirkung zu betrachten.</p> <p>Insgesamt ist hier jedoch wichtig zu betonen, dass hier sprichwörtlich die Dosis das Gift macht, also keines der als ungesund angeprangerten Lebensmittel generell zu verbieten ist, sondern eher der Konsum z.B. auf einzelne Tage in der Woche oder jeweils eine kleinere Menge eingeschränkt werden sollte.</p>
<p>Abschluss ca. 5 min</p>	<p>Zum Abschluss der Unterrichtseinheit soll noch einmal der Energieerhaltungssatz, wie er nach der Unterrichtsstunde über die Energieumwandlung aufgeschrieben wurde, durchgegangen und ergänzt werden.</p> <p>Eine mögliche Formulierung könnte lauten:</p> <p><i>Energie kann nicht aus dem Nichts erzeugt oder vernichtet werden. Wird dem Körper mehr Energie zugeführt als er umwandeln kann, wird die chemische Energie im Körper vor allem als Fett gespeichert. Diese Fettdepots, aber auch Energie, die in der Muskelmasse gespeichert ist, kann vom Körper in Phasen eines Energiedefizits zur Energieumwandlung verwendet werden.</i></p>

7.2.4 Anknüpfung an das Gelernte und Erweiterung auf andere Energieformen

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler kennen mehrere verschiedene Energieformen und wissen, dass sie ineinander umgewandelt werden können. Sie können einige Energieumwandlungsketten erklären und selbstständig welche nennen.

Vorwissen: Energieerhaltung, Energieumwandlung im Körper, einige andere Energieformen

Material: Quiz über vorangegangene Unterrichtsstunden (siehe Anhang 4), Physikheft oder –Mappe

Ablauf:

<p>Einstieg Quiz als Stunden- wiederholung ca. 15 min</p>	<p>Zur Sicherung des Unterrichtsertrages der vorhergehenden Stunden und evtl. zur Überprüfung der Mitarbeit wird in Einzelarbeit ein Quiz zum Thema beantwortet. Dieses kann entweder eingesammelt und korrigiert oder direkt im Anschluss verglichen werden.</p>
<p>Erarbeitung von anderen Energieformen und deren Umwandlung ca. 30 min</p>	<p>Nachdem in der ersten Unterrichtsstunde zum Thema bereits über andere, den SchülerInnen bekannte Energieformen nachgedacht wurde, kann nun an dieses Wissen angeknüpft werden, und noch einmal eine Liste von allen den SchülerInnen bekannten Energieformen angelegt werden.</p> <p>Ohne Anspruch auf Vollständigkeit könnte eine mögliche Auflistung für SchülerInnen (mit Angabe einiger Beispiele, worin die jeweilige Energieform gespeichert ist) folgendermaßen aussehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>chemische Energie (z.B. in Nahrungsmitteln, brennbaren Stoffen wie Kohle oder Gas, ...)</i> • <i>Wärmeenergie = thermische Energie (z.B. in heißem Wasser, einem warmen Raum, einer Dampfturbine einer Dampflokomotive, ...)</i> • <i>Kernenergie (aufgrund der Bindung der Kernteilchen im Atomkern gespeichert)</i> • <i>Bewegungsenergie = kinetische Energie (z.B. Projektil einer Pistole, laufender Mensch, fahrendes Auto, ...)</i> • <i>Lageenergie = potentielle Energie (angehobener Gegenstand, z.B. an einem Kran hängender schwerer Gegenstand, Achterbahn nach dem Hinaufziehen, gespannte Feder oder z.B. aufgezogenes selbstfahrendes Auto, ...)</i>

- *elektrische Energie (z.B. neue Batterie oder geladener Akku, Blitz, ...)*
- *Strahlungsenergie (z.B. Sonne, Lampe, Röntgengerät, ...)*
- *Schallenergie (Bewegung und Verdichtung/Verdünnung der Luft bei der Ausbreitung von Schall)*

Im Anschluss können gemeinsam Energieumwandlungsketten erarbeitet werden, wie sie auch in vielen Lehrbüchern zu finden sind. Dabei kann in einige auch der menschliche Körper eingebaut werden, nachdem die Energieumwandlung darin ja schon bekannt ist.

Einige Beispiele dazu sind:

- *Strahlungsenergie (Sonne) => chemische Energie (einer Pflanze, z.B. in einer Kartoffel gespeichert) => Bewegungsenergie und Wärmeenergie (Mensch) => elektrische Energie (z.B. wenn durch die Bewegung des Menschen auf einem Fahrrad ein Dynamo angetrieben wird) => Strahlungsenergie (Fahrradlampe)*
- *Strahlungsenergie (Sonne) => elektrische Energie (Photovoltaikanlage) => Wärmeenergie (z.B. Wasserkocher, Herdplatte, ...)*
- *Bewegungsenergie (z.B. Wind, Wasser) => elektrische Energie (Generator im Wind-/Wasserkraftwerk) => Strahlungsenergie (Lampe)*
- *Chemische Energie (Kohle, Biomasse, ...) => Wärmeenergie und Bewegungsenergie (Dampf nach Verbrennung) => elektrische Energie (Turbine im Kraftwerk) => Bewegungsenergie (Elektromotor in z.B. Mixer, Fön, ...)*
- *Strahlungsenergie (Sonne) => Wärmeenergie (in einem Aufwindkraftwerk wird die Luft unter einer Glasdecke wie in einem Glashaus erwärmt) => Bewegungsenergie (warme Luft bewegt sich in einer Art Kamin nach oben) => elektrische Energie (aufsteigende Luft treibt eine Turbine mit einem Generator an)*

Auf diese Art und Weise können mit den SchülerInnen gemeinsam, aber auch alleine weitere Energieumwandlungsketten gefunden werden.

All diese Beispiele zeigen, dass die unterschiedlichen Energieformen in andere umgewandelt werden können. Es sollte auf jeden Fall betont werden, dass Energie nicht verloren gehen kann, das heißt auch wenn im Alltag von Energieverbrauch (z.B. bei Elektrogeräten) die Rede ist, wissen die

	<p>SchülerInnen nun, dass die Energie nicht verschwunden ist, sondern in jedem Fall in eine andere umgewandelt wurde.</p> <p>Außerdem kann im Zuge dieser Umwandlungsketten – natürlich auf einem für die SchülerInnen verständlichen Niveau – das Prinzip der Entropie angedeutet werden. Die Lehrperson könnte das Thema so ansprechen, dass sie erklärt, dass sich nicht alle Energieformen gleichermaßen „einfach“ in andere umwandeln lassen. So ist zum Beispiel in der ersten Energieumwandlungskette die Wärmeenergie des Menschen erstmal gewissermaßen eine „Endstation“ in der Umwandlungskette, da sie nicht weiter in zum Beispiel elektrische Energie umgewandelt werden kann, sondern durch die Erwärmung des Körpers nur die Umgebung auch erwärmt, dies aber nicht weiter genutzt wird. Die könnte man auch im Heft graphisch veranschaulichen, indem man in diesem Schritt zwei Pfeile von der chemischen Energie wegführen lässt, und die Energieumwandlungskette anschließend nur bei der Bewegungsenergie fortsetzt, den anderen Pfad mit der Wärmeenergie enden lässt. Ähnlich könnte man in der Energieumwandlungskette mit dem Heizkraftwerk vorgehen. Dort kann die abgegebene Wärme zwar weiter genutzt werden, aber eben als Wärmeenergie zur Erwärmung von Wasser als sogenannte Fernwärme.</p>
<p>Abschluss ca. 5 min</p>	<p>Zum Abschluss könnte den SchülerInnen zum Beispiel aufgetragen werden, zuhause selbst eine noch nicht beschriebene Energieumwandlungskette zu finden oder noch besser, ein paar Beispiele für Energieumwandlung in ihrem Alltag oder in ihrer Wohnung/ihrem Haus zu erkennen und aufzuschreiben.</p>

7.3 Unterrichtseinheiten für die Oberstufe

Nachdem in der Oberstufe die Begriffe Energie und Energieerhaltung grundsätzlich als bekannt vorausgesetzt werden können, wäre ein Unterricht zum menschlichen Körper eine gute Wiederholung des Themas aus der Unterstufe, möglicherweise aus einem ganz neuen Blickwinkel aus betrachtet. Außerdem könnte in einer interessierten Klasse auch ein längeres Projekt zum Thema durchgeführt werden. Das gilt insbesondere auch für ein eventuell vorhandenes NaWi-Wahlpflichtfach oder eine entsprechende unverbindliche Übung, in denen fächerübergreifendes Unterrichten ohnehin im Vordergrund steht.

7.3.1 Kalorien – die Tierchen, die nachts die Kleidung enger nähen?

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler wiederholen die wichtigsten Begriffe des Unterrichts zum Thema Energie aus der Unterstufe. Sie kennen die Prinzipien Energieerhaltung und Energieumwandlung und wissen, wodurch Energie vom Körper aufgenommen, bereitgestellt und umgesetzt werden kann. Sie kennen verschiedene

Einheiten für die Energie und wie sie ineinander umgewandelt werden können. Außerdem kennen sie die Energieerhaltungssätze aus Mechanik und Thermodynamik.

Vorwissen: Energiebegriff, Einheiten, verschiedene Energieformen und Umwandlung, Energieerhaltungssatz

Material: Arbeitsblatt (siehe Anhang 5), Physikheft oder –Mappe

Ablauf:

<p>Einstieg ca. 10 min</p>	<p>Der Einstieg ins Thema kann ähnlich wie in der Unterrichtseinheit im Kapitel 7.2.1 beschrieben erfolgen. Mittels einiger Lebensmittel, am besten einer Auswahl an Süßigkeiten, die das Interesse der SchülerInnen wecken, kann darüber gesprochen werden, was man so täglich zu sich nimmt.</p> <p>Falls die Frage von Seiten der SchülerInnen aufkommt, was das denn mit Physik zu tun hätte, kann gemeinsam ein Blick auf die Nährwerttabelle geworfen werden. Der Begriff „Energie“ und die Einheit Joule bzw. Kilojoule sollten aus der Unterstufe bekannt sein, möglicherweise aber nicht der Zusammenhang mit dem menschlichen Körper.</p>
<p>Erarbeitung/ Gespräch ca. 15 min</p>	<p>Zuerst soll geklärt werden, welche Energieform in den Körper hinein muss, und was dann mit dieser Energie passiert. Dass Energie nicht verschwinden kann, sollte ebenfalls aus der Unterstufe bekannt sein, wird aber natürlich mit der Erarbeitung dieses Themas noch einmal verinnerlicht.</p> <p>Als Anregung für die Lehrperson sei an dieser Stelle noch einmal das Schulbuch „Big Bang 5“ (Apolin 2007, S. 96 ff.) empfohlen. Dort wird das Thema auf drei Seiten interessant aufbereitet und mit anschaulichen Grafiken dargestellt. Mit zwei Abbildungen, einer aus dem eben angesprochenen Schulbuch und einer aus dem Buch „Mach das!“ desselben Autors, kann die Kernaussage zum Beispiel gut zusammengefasst werden:</p>



Abbildung 7: Energiebilanz als Waage dargestellt (Apolin 2007, S. 97)

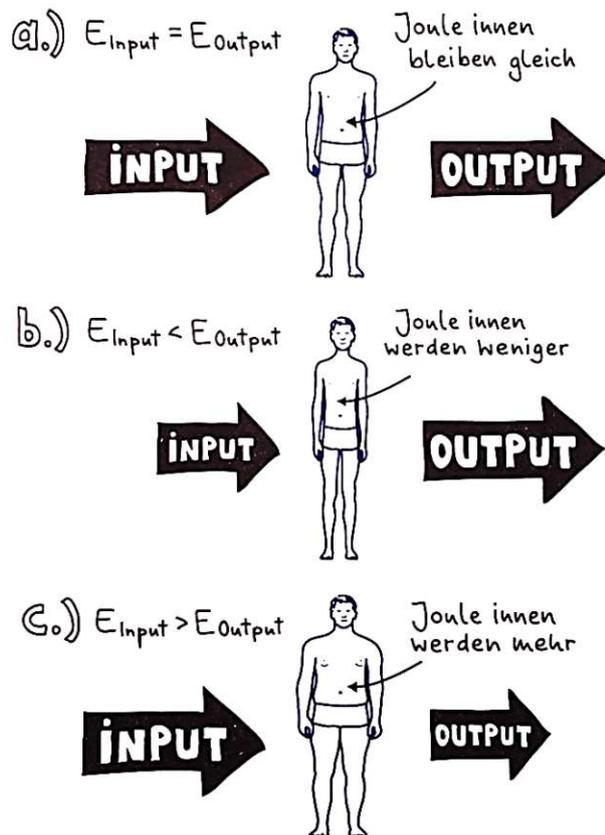


Abbildung 8: Energiebilanz beim Zu- und Abnehmen (Apolin 2014, S. 25)

Natürlich dürfen die Seiten aus dem Buch „Big Bang 5“ den SchülerInnen nicht zur Verfügung gestellt werden, falls dieses nicht ohnehin als Unterrichtsmaterial verwendet wird, aber als Leitfaden zur Aufbereitung des

	<p>Themas und als Inspiration für die Lehrperson um zum Beispiel eigene Grafiken auf der Tafel zu zeichnen, sind sie sicher gut geeignet.</p> <p>Insbesondere sollte bei der Erarbeitung des Themas die Energieumwandlung gut erklärt und am besten grafisch veranschaulicht werden. Die SchülerInnen sollen vor der nachfolgenden Berechnung (siehe Anhang 5) wissen, dass die Energie nicht einfach nur dem Körper zugeführt wird, sondern wozu sie gebraucht wird.</p>
Einzelarbeit ca. 15 min	Die SchülerInnen erhalten dann das Arbeitsblatt (Anhang 5) um selbst die Begriffe Grund- und Leistungsumsatz zu erarbeiten und im Anschluss den eigenen Grundumsatz auszurechnen, sowie mittels PAL-Faktor den Gesamtumsatz abzuschätzen. Hierbei wurde angenommen, dass diese Begriffe im Speziellen noch nicht aus der Unterstufe bekannt sind.
Diskussion und Abschluss ca. 10 min	<p>Zum Abschluss sollten möglicherweise aufgekommene Fragen zum Thema besprochen werden. Je nachdem, welche anderen Unterrichtseinheiten noch zum Thema geplant sind, kann dabei auch auf kommende Physikstunden verwiesen werden. Einige gesundheitlich relevanten Informationen sollten aber auf jeden Fall weitergegeben werden und möglicherweise auftretende Fehlvorstellungen bei einer Unterrichtsstunde zum Thema Energie bzw. Kalorien nicht unkommentiert bleiben:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abnehmen funktioniert nur, wenn dauerhaft der Energie-Output über dem -Input liegt. Bestimmte Tricks oder Produkte sind nicht nötig, oft teuer und einschränkend. • Gesund abnehmen ist nur möglich, wenn trotzdem gesund, vielseitig und vollwertig gegessen wird (siehe auch Kapitel 6.2), und das mit einem eher geringen Energiedefizit, dafür über einen langen Zeitraum. Das Wichtigste ist, satt und zufrieden zu sein, und eine Ernährungsform zu finden, die schmeckt und Freude bereitet. • Eine negative Energiebilanz soll nicht ausschließlich durch geringere Zufuhr sondern in Kombination mit höherem Bedarf, also mehr Bewegung, erreicht werden.

7.3.2 Was unser Körper wirklich alles benötigt

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass gesunde Ernährung weit mehr bedeutet als bloß eine bestimmte Kalorienzufuhr. Sie lernen wichtige Makro- und Mikronährstoffe kennen und können recherchieren, wie der jeweilige Bedarf gedeckt werden kann.

Vorwissen: chemische Energie, Energieeinheiten, Energieumwandlung in Bewegungsenergie und Wärmeenergie, Grundumsatz und Leistungsumsatz

Material: Smartphones oder Computer/Laptops, App zur Berechnung der Nährwerte (z.B. Samsung Health, Lifesum, FDDDB, Cronometer (englisch), etc.) auf einem Gerät pro Gruppe und auf dem PC der Lehrperson, Beamer, fiktiver Speiseplan einer Person und Angaben über ihr Aktivitätslevel (siehe z.B. Anhang 3)

Anmerkung: Diese Unterrichtseinheit entspricht zum Großteil der in Kapitel 7.2.3 beschriebenen Einheit für die Unterstufe. Im Gegensatz zur dort beschriebenen Vorgehensweise sollen nun aber die Schülerinnen und Schüler selbst den Nährstoffgehalt verschiedener Lebensmittel und deren Brennwerte mithilfe eines Programmes ermitteln. Dies hat den entscheidenden Vorteil, dass sie selbst auch mit den unterschiedlichen, dem Körper zuzuführenden, Mikronährstoffen konfrontiert werden und hier selbst die Auswirkungen von Veränderungen im Speiseplan – zusätzlich eingenommener oder weggelassener Lebensmittel – beobachten können. Wie ein solches Ergebnis aussehen könnte, wird in Anhang 6 exemplarisch (ausgewertet durch das Programm „cronometer“) dargestellt. Trotzdem soll, wie schon im oben angesprochenen Kapitel erklärt, auf keinen Fall das „Kalorienzählen“ aller zugeführten Lebensmittel im Alltag propagiert werden. Im Zweifelsfall – das heißt, wenn es diesbezüglich Vorbelastungen in der Klasse gibt, möglicherweise in vorangegangenen Stunden der Eindruck entstanden ist, dass das Zählen von Kalorien ein Thema ist, oder diesbezüglich Unsicherheit durch die Lehrperson herrscht – kann stattdessen auch für die Oberstufe der in Kapitel 7.2.3 beschriebene Ablauf gewählt werden. Bei der dort erklärten Vorgehensweise wurde absichtlich auf die Brennwertangabe einzelner Lebensmittel verzichtet, sondern nur der Energiegehalt ganzer Mahlzeiten (z.B. des Frühstücks insgesamt) angeführt. Das Ergebnis der Nährstoffbilanz kann dann (nach vorheriger Eingabe durch die Lehrperson) mit der Klasse besprochen werden.

Ablauf der ersten Unterrichtsstunde:

Einstieg ca. 10 min	Mit einer Wiederholung der letzten beiden Unterrichtsstunden wird den SchülerInnen das Wissen über Energiezufuhr und Energieumsatz wieder in Erinnerung gerufen. Das Ziel der heutigen Stunde wird verlaublich, nämlich für eine fiktive Person die Energiebilanz eines Tages zu überprüfen.
Vorbereitung der Gruppenarbeit ca. 10 min	Die SchülerInnen werden in Gruppen eingeteilt bzw. teilen sich selbst ein und müssen je Gruppe zumindest zu einem Gerät mit Internetanschluss und entsprechender App/geeignetem Programm Zugang haben. Dazu erhalten sie eine Liste von Speisen und Getränken, die die vorgegebene Person an einem Tag zu sich nimmt. Außerdem müssen in das Programm Informationen über die Person selbst, sowie ihr Aktivitätslevel eingegeben werden. Diese Angaben müssen in jedem Fall exakt auf die Speisen, die in der Datenbank des Programms enthalten sind, und die dort einzugebenden Maßeinheiten angepasst sein.

	Die Lehrperson erklärt über einen Beamer, wie die entsprechenden Daten in das Programm eingegeben werden können.
Gruppenarbeit ca. 25 min	<p>Jede Gruppe arbeitet alleine an ihrem Arbeitsauftrag. Die Lehrperson gibt Hilfestellung.</p> <p>Nach der Eingabe der Daten in das Programm sollen einige Fragen beantwortet werden. Anhand dieser sollen die SchülerInnen einerseits herausfinden, ob die Person an diesem Tag zu viel oder wenig Energie zu sich genommen hat. Für den Fall, dass mehr Energie benötigt als zugeführt wurde, muss die Frage geklärt werden, woher die Differenz genommen wird. Im gegenteiligen Fall sollen die SchülerInnen die Frage beantworten, was mit der überschüssigen Energie passiert. Daraus soll ein weiteres wichtiges Prinzip verinnerlicht werden, nämlich, dass Energie nicht aus dem Nichts entstehen und auch nicht vernichtet werden kann.</p> <p>Die eingegebenen Daten sind so gewählt, dass sich abgesehen von einem Kaloriendefizit auch ein Nährstoffdefizit im Bereich der Mikronährstoffe ergibt. Eine weitere Aufgabe für diese Stunde besteht also darin, zu recherchieren, mit welchen Nahrungsmitteln konkret diese Nährstoffe zugeführt werden könnten.</p>
Abschluss ca. 5 min	Die SchülerInnen werden (wenn möglich) gebeten, die vom Programm errechnete Übersicht zu drucken und zu speichern. Falls nicht möglich, sollte die Lehrperson selbst einen Ausdruck der Seite für alle SchülerInnen für die nächste Stunde vorbereiten. Die Lehrperson verweist darauf, dass die Ergebnisse in der nächsten Stunde gemeinsam verglichen und besprochen werden.

Ablauf der zweiten Unterrichtsstunde:

Einstieg ca. 10 min	Die Lehrperson projiziert das Ergebnis der Eingaben der letzten Stunde und bittet die SchülerInnen dies mit ihren ausgedruckten oder gespeicherten Ergebnissen zu vergleichen.
Diskussion und ggf. Modifikation der Eingaben ca. 35 min	<p>Gemeinsam soll nun diskutiert werden, ob es sich bei dem exemplarischen Tagesablauf dieser Person um eine gesunde oder ungesunde Ernährung handelt und die SchülerInnen sollen ihre Einstellungen begründen. Dabei sollte die Lehrperson vor allem auf das Defizit im Bereich der Mikronährstoffe eingehen und die Rechercheergebnisse der SchülerInnen einholen, wie dieses Defizit hätte gedeckt werden können.</p> <p>Außerdem sollte noch einmal gemeinsam besprochen werden, was dieses Kaloriendefizit für den Körper bedeutet. In diesem Zusammenhang kann durchaus auf einen gesunden Weg des Gewichtsverlustes hingewiesen werden,</p>

	<p>sofern alle Nährstoffe tatsächlich zugeführt worden wären. Hierbei gilt es vor allem darauf einzugehen, wie groß das Kaloriendefizit tatsächlich sein sollte (siehe Kapitel 6.2 und 7.2.3) und auf die Gefahr hinzuweisen, bei zu starker Reduktionskost die notwendigen Mikronährstoffe nicht mehr in ausreichender Menge erhalten zu können. In diesem Zusammenhang wäre sinnvoll zu besprechen, dass ein Energiedefizit durch Steigerung des Energiebedarfes und nicht ausschließlich durch Begrenzung der Energiezufuhr erreicht werden sollte. Dazu sollte darauf hingewiesen werden, dass der Bedarf einiger Nährstoffe wie Eisen, Natrium und Magnesium bei intensiver körperlicher Betätigung steigen kann, also besonders sehr aktive Menschen ihre Nahrungszufuhr nicht zu stark einschränken sollten.</p> <p>Zum Abschluss soll noch gemeinsam ausprobiert werden, welche Auswirkungen bestimmte zusätzlich zugeführte Nahrungsmittel auf die Energiebilanz haben würden. So würde zum Beispiel das Trinken eines Liters eines Softdrinks die zugeführte Energie deutlich erhöhen und die Person sogar in einen Kalorienüberschuss bringen, sonst aber keinerlei Vorteile bezüglich der Nährstoffbilanz bringen. Falls es in der Klasse konkrete, unter den SchülerInnen beliebte und besonders ungesunde Nahrungsmittel oder Getränke gibt, könnten auch diese eingegeben werden, um die Auswirkung zu betrachten.</p> <p>Insgesamt ist hier jedoch wichtig zu betonen, dass hier sprichwörtlich die Dosis das Gift macht, also keines der als ungesund angeprangerten Lebensmittel generell zu verbieten sind, sondern eher der Konsum z.B. auf einzelne Tage in der Woche oder jeweils eine kleinere Menge eingeschränkt werden sollte.</p>
Abschluss ca. 5 min	Zum Abschluss der Unterrichtseinheit soll noch einmal das Prinzip der Energieerhaltung besprochen werden. Den SchülerInnen soll anhand des Beispiels des menschlichen Körpers in Erinnerung bleiben, dass Energie nicht einfach entstehen oder verschwinden kann und welche Konsequenzen sich für ihren Körper daraus ergeben.

7.3.3 Die Energiedichte und warum nicht egal ist, was wir essen

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler kennen die Bedeutung der Energiedichte für die Energiebilanz des menschlichen Körpers und für das Sättigungsgefühl und können Nahrungsmittel anhand ihrer Energiedichte unterscheiden. Außerdem lernen sie anhand einer Publikation der „Deutschen Gesellschaft für Ernährung e.V.“ die Vorgehensweise bei einer wissenschaftlichen Studie und wichtige Begriffe im Zusammenhang mit Forschung kennen.

Vorwissen: chemische Energie, Energieeinheiten, Energiebilanz, Energieerhaltung und -umwandlung

Material: Arbeitsblatt (siehe Anhang 7) mit Merkttext, Liste von Energiedichten verschiedener Lebensmittel, Glossar und Fragen; ausgedruckter (und gegebenenfalls leicht vereinfachter) Artikel „Niedrige Energiedichte bei Lebensmitteln unterstützt Übergewichtige beim Abnehmen“ (Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. 2014) und Ausschnitte der Publikation „Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGE“ (Bechthold 2014)

Ablauf der ersten Unterrichtsstunde:

<p>Einstieg ca. 5 min</p>	<p>Der Ablauf der Stunde wird erklärt: In dieser Unterrichtseinheit sollen die SchülerInnen mithilfe eines kurzen Theorieinputs und durch das selbstständige Erarbeiten einer wissenschaftlichen Publikation das Wichtigste zum Thema erfahren. Mit diesem Wissen sollen dann einige Fragen beantwortet werden.</p>
<p>Erklärung und Definition ca. 10 min</p>	<p>Mithilfe eines kurzen Textes (auf der Tafel oder als Kopie) erklärt die Lehrperson den SchülerInnen den Begriff der Energiedichte. Die Energiedichte der Makronährstoffe Kohlenhydrate, Fett, Eiweiß und Alkohol wird nachgelesen und besprochen. Kurz kann auch bereits auf die Bedeutung dieser Einheit eingegangen werden. Vor allem könnte die Frage gestellt werden, welche Einheit im Nenner gewählt wurde und warum dies für unseren Körper von Wichtigkeit ist (Massen- oder Volumeneinheit).</p> <p>Anschließend wird eine Tabelle mit einer langen Auflistung von Energiedichten verschiedener Lebensmittel und der leicht vereinfachte Text der Publikation der Deutschen Gesellschaft für Ernährung ausgeteilt. Dazu erhalten die SchülerInnen ein Blatt mit zu beantwortenden Fragen und ein kurzes Glossar zur Definition einiger in der Publikation vorkommender Begriffe.</p> <p>Je nach sprachlicher Kompetenz, Schulstufe und Erfahrung mit dem Lesen wissenschaftlicher Texte kann alternativ auch eine gekürzte Version der Originalpublikation von Angela Bechthold und die darin enthaltene Grafik zur Veranschaulichung der Energiedichten einiger Speisen und Getränke (siehe Anhang) verwendet werden. In diesem Fall müsste vor der Gruppenarbeit keine Erklärung und Definition des Begriffes und der Einheiten durch die Lehrperson erfolgen, da sich all diese Informationen in der Publikation finden.</p>
<p>Gruppenarbeit ca. 30 min</p>	<p>In Kleingruppen oder Partnerarbeit soll nun der Text gelesen werden und den einzelnen Absätzen ihre Kernaussagen zugeordnet werden. Zur Überprüfung des Verständnisses und zur genaueren Beschäftigung mit dem Thema sollen Fragen zur Publikation beantwortet werden (siehe Anhang 7).</p>
<p>Abschluss ca. 5 min</p>	<p>Die Ergebnisse und beantworteten Fragen können eingesammelt und von der Lehrperson bis zur nächsten Unterrichtsstunde überprüft und korrigiert werden.</p>

Ablauf der zweiten Unterrichtsstunde:

<p>Einstieg ca. 15 min</p>	<p>Den SchülerInnen wird noch einmal das Thema der letzten Stunde und der gelesene Text in Erinnerung gerufen. Die Lehrperson kann nach dem Austeilen der korrigierten Arbeitsblätter auf die wichtigsten Punkte, mögliche Fehler bei der Beantwortung oder Unklarheiten und unbeantwortete Fragen eingehen.</p>
<p>Diskussion ca. 30 min</p>	<p>Nun soll Zeit für eine ausgiebige Diskussion sein. Einerseits soll die Erfahrung des Lesens der Publikation, mögliche Schwierigkeiten und Unklarheiten und der Umgang mit unbekanntem Begriffen besprochen werden. Andererseits soll auch Zeit für eine inhaltliche Diskussion sein:</p> <p>Welche Erkenntnisse ergeben sich für die SchülerInnen aus dieser Arbeit? Was sollte man beim Versuch einer Gewichtsabnahme beachten? Was ist inhaltlich neu für die SchülerInnen? Was wussten sie bereits? Wie interpretieren sie die Zusammenhänge zwischen der Energiedichte der Ernährung und den unterschiedlichen gesellschaftlichen Kriterien und Klassifizierungen, die sich bei der Analyse der Studien ergeben haben?</p>
<p>Abschluss ca. 5 min</p>	<p>Zum Abschluss dieser Einheit könnte die Lehrperson den SchülerInnen die Frage stellen, ob sie auf diese Art und Weise öfter selbst Themen erarbeiten möchten, mehr über Studien und die Vorgehensweise bei der Erforschung erfahren und wissenschaftliche Texte lesen wollen.</p> <p>Sollte noch mehr Zeit bleiben oder das Interesse so groß sein, dass in einer weiteren Stunde auf das Thema eingegangen wird, könnte man mit den SchülerInnen ein Video über die Vorgehensweise bei Studien über Fragestellungen des Menschen betrachten. Besonders interessant für Jugendliche könnten dabei die Videos zum Thema Ernährung von Mai Thi Nguyen-Kim auf ihrem YouTube Kanal namens „maiLab“ sein. Insbesondere in ihrem Video über Kokosöl spricht sie detailliert über unterschiedliche Studien zum Thema Ernährung.</p>

7.3.4 Was die Entropie in unserem Körper sucht

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler kennen den Zusammenhang zwischen Entropie und dem menschlichen Körper. Sie verstehen die Begriffe freie Verfügbarkeit von Energie und Energieentwertung und ihre Bedeutung am Beispiel des Körpers.

Vorwissen: verschiedene Energieformen, Energieumwandlung im menschlichen Körper, Entropie, 2. Hauptsatz der Thermodynamik

Material: PC und Beamer, Video, Präsentation oder Folie mit Abbildungen, Physikheft oder -mappe

Ablauf:

<p>Einstieg ca. 10 min</p>	<p>Den SchülerInnen wird mit einigen Abbildungen zum Thema Entropieänderung in Erinnerung gerufen, was der 2. Hauptsatz der Thermodynamik aussagt (z.B. mit einer Abbildung von schmelzenden Eiswürfel in einem Wasserglas oder einer Grafik der gleichmäßigeren Verteilung von Teilchen in einem Behälter). Dazu werden die Begriffe Ordnung und Unordnung, sowie Entropiezu- und -abnahme geklärt.</p>
<p>Diskussion in der Gruppe ca. 10 min</p>	<p>Im Anschluss an einige typische Grafiken zur Veranschaulichung der Entropieänderung werden zwei Bilder über die menschliche Entwicklung gezeigt. Diese sind so gewählt, dass sie auf den ersten Blick nach einem Widerspruch zum eben besprochenen Prinzip aussehen. Zum Beispiel könnte eine typische Grafik, die den Evolutionsprozess des Menschen zeigt, verwendet werden, oder eine Gegenüberstellung eines Fotos eines Babys und einer erwachsenen Person.</p> <p>In Kleingruppen oder in Partnerarbeit sollen die SchülerInnen dazu überlegen, was die Bilder von den anderen Beispielen unterscheidet und ob hier tatsächlich ein Widerspruch vorliegt oder nicht.</p>
<p>Besprechung der Ergebnisse ca. 10 min</p>	<p>Gemeinsam werden die unterschiedlichen Meinungen und Ideen zum Thema besprochen. Gute Ansätze und Erklärungen könnten dabei stichwortartig auf der Tafel gesammelt werden.</p>
<p>Erklärung durch die Lehrperson ca. 15 min</p>	<p>Mithilfe einer weiteren Grafik oder einer Zeichnung auf der Tafel soll nun eine genauere Erklärung durch die Lehrperson erfolgen. Dabei wird den SchülerInnen zuerst die Energieumwandlung im menschlichen Körper in Erinnerung gerufen und besprochen, welche der Energieformen (thermische/kinetische) weiter genutzt werden kann. In diesem Zusammenhang können die Begriffe „Verfügbarkeit“ der Energie und „Entwertung“ der Energie verwendet und erklärt werden. Während die Energieumwandlungskette nach der kinetischen Energie noch weitergeführt werden kann (z.B. durch Umwandlung in potentielle Energie oder elektrische Energie), ist dies mit der vom Körper abgegebenen Wärme nicht ohne erneute Energiezufuhr möglich.</p> <p>Weitere Formulierungen des 2. Hauptsatzes der Thermodynamik können eingeführt werden:</p> <p><i>Wärme kann nicht vollständig in mechanische Arbeit umgewandelt werden.</i></p> <p><i>Alle Prozesse, bei denen thermische Energie frei wird, sind irreversibel.</i></p> <p><i>Ein Perpetuum Mobile 2. Art ist unmöglich.</i></p>

	<i>In einem geschlossenen System kann die Entropie nicht abnehmen.</i>
Video und Abschluss ca. 5 min	<p>Zum Abschluss könnte noch gemeinsam ein kurzes Video zum Thema angeschaut werden. Das Video ist in englischer Sprache, verfügt aber über englische und deutsche Untertitel. Dennoch ist es aufgrund des sehr schnell gesprochenen Textes eher nur für geübte Klassen geeignet. Der Teil des Videos vom Beginn bis Minute 2:08 behandelt genau das soeben gesprochene, danach werden schwerer verständliche chemische Zusammenhänge erklärt. Ab Minute 3:21 könnte man wieder einsteigen.</p> <p>Falls Interesse und mehr Zeit besteht, kann auch die gesamte fünfteilige Videoreihe vom Kanal „minutephysics“, von der das oben beschriebene Video der letzte Teil ist, angesehen werden. Die Videos wurden in Zusammenarbeit mit dem Physiker Sean Carroll vom California Institute of Technology basierend auf seinem Buch „The Big Picture“ erstellt. (vgl. Eidemüller 2016)</p> <p>Die Videoreihe ist auf YouTube (“The Big Picture: Time & Entropy, feat. Sean Carroll”) gratis einsehbar und vor allem die letzten beiden Videos passen sehr gut zum Thema Entropie.</p>

7.3.5 Fermi-Aufgaben zum Thema Energie im menschlichen Körper

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler können durch Abschätzungen Rechenaufgaben lösen, deren exakte Beantwortung unmöglich scheint. Dabei werden außerdem Fragen beantwortet, die interessant im Zusammenhang mit Gewichtsreduktion und gesunder Ernährung erscheinen.

Vorwissen: verschiedene Energieformen, Energieumwandlung im menschlichen Körper, Energieeinheiten, Grundumsatz und Leistungsumsatz

Material: Aufgabenstellungen (siehe Anhang 8), Taschenrechner, evtl. Infozettel über wichtige Zahlenwerte, Physikheft oder -mappe

Einstieg und Erklärung ca. 10 min	<p>Fermi-Rechnungen, benannt nach Enrico Fermi, Physiker und Nobelpreisträger, sind Abschätzungen, mithilfe derer man komplexe Fragestellungen, die sich oft gar nicht exakt beantworten lassen, zumindest im Bereich einer Größenordnung lösen kann.</p> <p>Je nach Geübtheit der Klasse, können diese Aufgaben in Einzelarbeit, Kleingruppen oder vielleicht zur Vorstellung einer Rechnung auch im Gespräch mit der gesamten Klasse gelöst werden. Die einzelnen Gruppen könnten unterschiedliche Fermi-Aufgaben lösen oder auch alle Gruppen dieselben hintereinander. Zu Beginn der Einheit sollten jedenfalls alle Fragen</p>
--------------------------------------	---

	kurz durchgegangen werden, um damit auch das Interesse an der Lösung und Beantwortung zu steigern.
Gruppenarbeit Dauer je nach Anzahl der Aufgaben	<p>Zur Beantwortung der Fragen ist abgesehen von vielen Schätzungen das Wissen über einige Zahlenwerte nötig. Falls dieses nicht in einer der unmittelbar vorangegangenen Stunden erarbeitet und z.B. im Physikheft auffindbar ist, könnte dieses entweder auf Infozetteln mit ausgeteilt, oder auf der Tafel bzw. mit dem Beamer für alle sichtbar aufgeschrieben werden. Man könnte den SchülerInnen auch erlauben, gewisse Zahlenwerte (wie z.B. den durchschnittlichen Tagesenergiebedarf) zu ‚googlen‘, jedoch müssten sie dafür wohl einen Hinweis erhalten, welche konkreten Werte sie recherchieren dürfen bzw. sogar müssen. Das Suchen nach der Antwort auf die eigentliche Fragestellung selbst sollte – für den Fall, dass die SchülerInnen das probieren – ohnehin nicht besonders erfolgsgekrönt sein.</p> <p>Die Idee für diese Unterrichtseinheit und einige Fragen und Lösungsvorschläge (siehe Anhang 8) wurden aus „Mach das! Die ultimative Physik des Abnehmens“ (Apolin 2014) entnommen.</p>
Abschluss Dauer je nach Methode	<p>Die Unterrichtseinheit kann auf mehrere Arten abgeschlossen werden. Die Ergebnisse und Rechenwege könnten von der Lehrperson einfach eingesammelt, korrigiert und in der nächsten Stunde besprochen werden.</p> <p>Vor allem falls die Gruppen unterschiedliche Fragen zu beantworten hatten, wären aber Präsentationen für den Rest der Klasse spannend und sinnvoll. Dabei sollten die vortragenden Gruppen dann auch darauf eingehen, warum wo welche Näherungen und Abschätzungen getroffen wurden.</p> <p>Nachdem die Fragestellungen so gewählt wurden, dass die Beantwortungen prinzipiell von Interesse und Bedeutung für das alltägliche Leben der SchülerInnen sein dürften, ist in jedem Fall auch eine Besprechung der Ergebnisse und der sich daraus ergebenden Konsequenzen für die SchülerInnen sinnvoll.</p>

7.4 Unterrichtseinheiten zur kritischen Betrachtung pseudowissenschaftlicher Konzepte

In der heutigen westlichen Gesellschaft stellt Übergewicht ein zentrales gesundheitliches Problem dar, insbesondere weil auch der Anteil an übergewichtigen Kindern und Jugendlichen steigt. Bereits knapp jeder dritte Volksschüler und jede vierte Volksschülerin in Österreich zwischen acht und neun Jahren ist übergewichtig oder leidet sogar unter Adipositas oder morbidem Adipositas (Bundesministerium für Gesundheit und Frauen 2017a, S. 6).

Darüber hinaus beschäftigen sich auch viele normalgewichtige Jugendliche und Erwachsene vermehrt mit Möglichkeiten der Gewichtsreduktion beziehungsweise mit ihrem Körper im Allgemeinen. Dabei verändert sich vor allem unter jüngeren Personen aufgrund verschiedenster Einflüsse, zum Beispiel aus dem Bereich der sozialen Medien und durch Vorbilder der Jugendlichen, die Körperwahrnehmung und -zufriedenheit. Mittlerweile ist mehr als die Hälfte der österreichischen Jugendlichen zwischen elf und 17 Jahren mit dem eigenen Körper unzufrieden. Ab einem Alter von 13 Jahren betrachten sich sogar rund 52 Prozent der Mädchen konkret als „zu dick“. Als logische Konsequenz ergibt sich dann die zunehmende Bereitschaft unter Jugendlichen, Maßnahmen in entsprechende Richtungen zu setzen, wie zum Beispiel Diäten zu beginnen oder Produkte zu kaufen, die mit dem vermeintlichen Erlangen des Traumkörpers werben (vgl. Bundesministerium für Gesundheit 2015, S. 26 f.).

Problematischerweise kursieren dabei gerade im Zusammenhang mit Ernährung und Fitness etliche erfolgversprechende Theorien, Diäten oder schlichtweg Produkte, die meist für sich selbst den Anspruch stellen, auf wissenschaftlichen Erkenntnissen zu beruhen, was sich allerdings bei genauerer Betrachtung oft bestenfalls als Halbwahrheit herausstellt. Eine wichtige Kompetenz stellt es dar, solche pseudo- oder nichtwissenschaftlichen Theorien überprüfen, hinterfragen und gegebenenfalls fundiert kritisieren zu können. Der Physikunterricht soll diese Fähigkeiten vermitteln, die zum Beispiel anhand der nachfolgenden Unterrichtseinheiten geübt werden können.

7.4.1 Werbung für Abnehmprodukte – das steckt hinter den Versprechen

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler können über reißerische Überschriften und eingängige Werbeslogans hinaus die Sinnhaftigkeit von Produkten, die beim Abnehmen helfen sollen, überprüfen und gegebenenfalls begründete Kritik äußern. Sie können diese Fähigkeit bei zukünftigen Kaufentscheidungen anwenden.

Vorwissen: grundlegende Prinzipien im Zusammenhang mit Energie im menschlichen Körper, ungefährender Tagesenergiebedarf

Material: Ausschnitte einer TV-Dauerwerbesendung über ein Abnehmprodukt namens „Shot for Slim“ (über mehrere Jahre auf verschiedenen TV-Sendern ausgestrahlt, derzeit [11.09.2019] auf YouTube zu finden), alternativ ähnliche Werbespots, Anzeigen aus Zeitschriften oder Screenshots von Websites, die Abnehmprodukte mit unrealistischen Versprechen bewerben; Arbeitsblatt (siehe Anhang 9)

Ablauf:

<p>Einstieg ca. 5 min</p>	<p>Die SchülerInnen werden darauf vorbereitet, gleich einige Ausschnitte aus einer Dauerwerbesendung über ein bestimmtes Produkt, das beim Abnehmen helfen soll, zu sehen. Es soll betont werden, dass diese Werbung tatsächlich in dieser Form auf österreichischen und deutschen Privatfernsehsendern ausgestrahlt wurde und wahrscheinlich eine große Anzahl an Personen dazu verleitet hat, viel Geld auszugeben.</p>
<p>Video, Arbeitsauftrag und Gespräch über Gesehenes ca. 15 min</p>	<p>Den SchülerInnen wird die Aufgabe erteilt, während des Betrachtens des ersten Ausschnittes des Videos (ca. bis 4:31) bzw. danach einige Fragen zu beantworten (siehe Anhang 9). Nachdem die Aussagen im Werbevideo sehr schnell hintereinander getätigt werden, kann es nötig sein, das Video zweimal abzuspielen.</p> <p>In diesem ersten Teil des sich inhaltlich ständig wiederholenden Werbevideos, werden bereits die wichtigsten Versprechungen gemacht, die allesamt unglaublich klingen – auf viele ZuseherInnen wohl auch verlockend wirken – und die jedenfalls nicht durch seriöse Quellen, Forschungsergebnisse oder Ähnliches belegt werden. Tatsächlich werden die unglaublichen Versprechungen des Produkts nur durch Aussagen angeblicher Kunden und Vorher-Nachher-Bilder, die teilweise sogar ohne Gesicht der Person abgebildet werden, gestützt.</p> <p>Nach dem Betrachten und Beantworten der Fragen dürfen die SchülerInnen ihre Eindrücke teilen. Gerne sollen Meinungen ausgetauscht und Vermutungen über die (Un-)Wirksamkeit geäußert werden.</p>
<p>Analyse des gezeigten „Beweises“ der Wirksamkeit ca. 10 min</p>	<p>Im nächsten Abschnitt (bis Minute 5:02) wird ein – aus physikalischer Sicht sehr amüsanter – Versuch unternommen, die Wirkung des Abnehm-Getränks zu beweisen. (Tatsächlich wird in der Werbung wirklich das Wort „beweisen“ verwendet.) Dazu wird in zwei Pfannen je ein Stück Butter oder vergleichbares Fett geschmolzen, in der einen unterstützt durch Zugabe von Artischockenpulver, in der anderen durch Zugabe des beworbenen Getränks, das den aus der Artischocke extrahieren Wirkstoff enthalten soll. Man sieht wie das Fett in der Pfanne mit dem Getränk schneller schmilzt.</p> <p>Mit den SchülerInnen gemeinsam können nun einige Begründungen gesammelt werden, warum die gezeigte Szene nichts mit einem wissenschaftlichen Beweis der Wirksamkeit des Abnehmproduktes zu tun hat. Dazu zählen folgende Gründe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Das Schmelzen von Fett in einer Pfanne ist nicht mit dem sprichwörtlichen „Schmelzen“ oder Verbrennen von Körperfett vergleichbar, ist dafür schließlich nicht eine bloße Wärmezufuhr von außen ausreichend.

	<ul style="list-style-type: none"> • Der Versuchsaufbau ist nicht geeignet dafür, eindeutige Schlüsse ziehen zu können. Zum Beispiel gibt es keinen Beweis für die gleiche Temperatur oder Leitfähigkeit der beiden Pfannen oder Herdplatten. • Die Zugabe eines Pulvers und die Zugabe einer Flüssigkeit ändern die Wärmeleitfähigkeit in der Pfanne auf unterschiedliche Weise und in erster Linie unabhängig von der Art der hinzugegebenen Flüssigkeit bzw. von der Konzentration an Artischocken-Extrakt darin.
<p>Hintergrund- informationen durch die Lehrperson ca. 10 min</p>	<p>Von Minute 5:02 bis 5:30 werden Inhaltstoffe aufgezählt, die das Produkt bei näherer Betrachtung als ein herkömmliches Nahrungsergänzungsmittel identifizieren. In diesem Abschnitt ist auch von klinischen Studien die Rede, hier wird allerdings nur davon gesprochen, dass diese für die einzelnen Inhaltsstoffe bestimmte Wirkungen belegen, nicht jedoch für das gesamte Produkt und auch nicht für die enthaltenen Mengen. Auf diesen Trick sollen die SchülerInnen in jedem Fall hingewiesen werden.</p> <p>Die Werbung selbst verrät nichts über Inhalte der Packungsbeilage, diese sind auch nicht ohne weiteres im Internet zu finden, jedoch hat ein Magazin, das sich hauptsächlich mit Ernährung und Diäten beschäftigt, im Rahmen eines Testberichts das Produkt bestellt und schreibt über den mitgelieferten Ernährungsplan folgendes: Obwohl in der Fernsehwerbung eindeutig wiederholt vom Ende der mühsamen Diäten die Rede ist, wird im Diätplan eine durchschnittliche Energiezufuhr von 1100 kcal pro Tag empfohlen, was einem extremen Energiedefizit und einer typischen „Crash“-Diät entspricht (Höhfeld 2019).</p> <p>Damit können praktisch alle von den SchülerInnen im Zuge des vorherigen Arbeitsauftrages aufgeschriebenen Vorteile und Versprechen als nicht haltbar eingestuft werden.</p>
<p>Analyse der Gewichts- verluste und Abschluss ca. 10 min</p>	<p>Ab Minute 5:45 werden völlig unrealistische Erfolgsberichte von vermeintlichen Kundinnen gezeigt, von denen eine einen Gewichtsverlust von 16 kg in 15 Tagen gehabt haben soll, und eine andere 12 kg im gleichen Zeitraum bei einem Startgewicht von nur 60 kg verloren haben soll. Letzteres würde einen Verlust von 20 Prozent des ohnehin schon geringen Körpergewichts bedeuten. Den SchülerInnen soll folgendes unbedingt erklärt werden: Abgesehen davon, dass es nicht möglich ist, innerhalb von so kurzer Zeit diese Mengen an Körperfett zu verlieren, wäre ein derartiger Gewichtsverlust und allgemein eine Körpermasse von nur 48 kg (auch ohne die Körpergröße der gezeigten Person zu kennen) potentiell gefährlich und ungesund.</p> <p>Als Begründung, warum diese Ergebnisse rechnerisch völlig unmöglich zu erzielen sind, kann noch einmal eine Berechnung wie in Kapitel 7.3.5 herangezogen werden:</p>

	<p>Der Brennwert eines Kilogramms Körperfett beträgt rund 7000 kcal oder 30 000 kJ. Dies ist das Energiedefizit, das insgesamt erzielt werden muss, um ein Kilogramm der Fettreserven des Körpers zur Energieumwandlung heranziehen zu müssen. Bei einem durchschnittlichen Tagesenergieumsatz von 10 000 kJ wären damit selbst bei einer theoretischen absoluten Nulldiät drei Tage nötig um auf dieses Defizit zu kommen. Selbstverständlich ist dies keine gesunde Form des Abnehmens und lässt sich natürlich keinesfalls über einen Zeitraum von 15 Tagen halten – nichtsdestotrotz wäre selbst damit kein Verlust von 12 oder sogar 16 kg Körperfett denkbar.</p> <p>Abschließend kann den SchülerInnen noch auf der österreichischen Homepage des TV-Shops der Preis für das angebliche Wundermittel gezeigt werden. Derzeit wird der Nachfolger des im Video gezeigten Produktes für 35,90€ pro Wochenration oder 109,90€ für die Menge an benötigten Shots für vier Wochen verkauft (Web Shopping S.R.O. 2018).</p>
--	--

7.4.2 Lichtnahrung – mit Nulldiät (über)leben?

Lernziel: Die Schülerinnen und Schüler wissen, dass Menschen, im Gegensatz zu Pflanzen, ihren Energiebedarf nicht durch Sonnenlicht decken können. Sie lernen anhand der gezeigten Dokumentation Methoden kennen, wie Menschen von wissenschaftlich nicht haltbaren Aussagen und Theorien durchaus erfolgreich überzeugt werden können. Sie können begründete Kritik üben und Möglichkeiten zur weiteren Erforschung finden.

Vorwissen: keines nötig; als Mindestalter wird zwölf Jahre von der Jugendmedienkommission des Unterrichtsministeriums empfohlen, tatsächlich ist der Film als Diskussionsgrundlage eher erst für die Oberstufe geeignet

Material: Dokumentation „Am Anfang war das Licht“ (Straubinger 2010) bzw. Ausschnitte daraus, Arbeitsblatt (siehe Anhang 10)

Ablauf:

Einstieg ca. 5 min	Den SchülerInnen wird erklärt, dass sie in den folgenden zwei Unterrichtsstunden einen Film bzw. Ausschnitte aus einem Film sehen werden, der ursprünglich von der Jugendmedienkommission des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Kultur mit dem Prädikat „besonders wertvoll“ bezeichnet wurde und im Hauptabendprogramm des ORF gezeigt wurde, inklusive anschließender Diskussionsrunde mit dem Regisseur des Films. Gleichzeitig erhielt die Dokumentation im Jahr 2011 den Negativpreis „Das Goldene Brett vorm Kopf“ der Gesellschaft zur wissenschaftlichen Untersuchung von Parawissenschaften (Berger 2010a; DiePresse 2011).
-----------------------	---

	<p>Der Film solle als Beispiel dafür dienen, wie pseudowissenschaftliche Inhalte, auf die richtige Art und Weise vermittelt, glaubhaft gemacht werden können.</p>
<p>Film und Diskussion</p> <p>Dauer je nach Wahl der Ausschnitte</p>	<p>Die Dokumentation wird den SchülerInnen nicht im Ganzen gezeigt, sondern szenenweise, nach inhaltlichen Schwerpunkten unterteilt. Besonders interessant und für nachfolgende Diskussionen geeignet erscheinen folgende Szenen (Straubinger 2010):</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3:30 bis 7:00: Interviews mit selbsternanntem Lichtesser und Medizinerinnen <p>Gleich im ersten Teil des Films kommen Mediziner und Ernährungswissenschaftler zu Wort, die dem Thema natürlich sehr skeptisch gegenüberstehen, bzw. praktizierende Lichtesser als Schwindler bezeichnen. Zuvor allerdings wird ein ebensolcher interviewt, was von sonnendurchfluteten Bildern untermalt wird. Die Fragen an den Mann sind unkritisch gestellt und dieser sympathisch portraitiert. Direkt nachdem er angibt, sich niemals für eine medizinisch-wissenschaftliche Untersuchung zur Verfügung stellen zu wollen, weil Ärzte ja nicht bereit wären über Lichtnahrung auch nur nachzudenken und dies sein „Gefühl zu der ganzheitlichen Ebene“ (Straubinger 2010) beleidigen würde, passiert die Überleitung zu den Gesprächen mit eben diesen Ärzten, unterlegt von dramatisch, bedrohlicher Musik. Über diesen Kontrast und die Mittel, die der Regisseur diesbezüglich genutzt hat, soll mit den SchülerInnen gesprochen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • 24:00 bis 42:06: vermeintlich wissenschaftliche Untersuchung des Phänomens an zwei „Hungerkünstlern“ <p>Noch bevor der Filmausschnitt, der sich um die ärztliche Untersuchung zweier Probanden dreht, gezeigt wird, sollen die SchülerInnen selbst in Kleingruppen darüber sprechen, wie dieses Phänomen am besten stichhaltig untersucht werden könnte und sich dazu ein Studiendesign überlegen (siehe Anhang 10). Dieses wird nachher im Plenum besprochen bzw. in Zusammenarbeit aller Gruppen zu einem möglichst umfangreichen Konzept zusammengefasst.</p> <p>Anschließend wird der oben angeführte Teil des Films betrachtet, bei dem zuerst der Schweizer Dr. Michael Werner von einem Freund und Kollegen untersucht wird, mit dem er anschließend gemeinsam ein Buch veröffentlicht. Was die Ergebnisse der Studie betrifft, wird im Film zuerst der Eindruck erweckt, die Veröffentlichung würde von irgendwelchen, nicht näher definierten, Kräften unterdrückt werden. Anschließend wird mit einem einzigen eingeblendeten Satz nur kurz beschrieben, dass Fasteneffekte auftraten, ohne dies näher zu erläutern. Als Ursache für den für Werner nicht idealen Ausgang nennt dieser eine Beeinträchtigung durch die Klimaanlage im Krankenhaus. Bei der zweiten Untersuchung des Yogis Prahlad Jani wird dem Zuschauer vor allem die Überraschung der indischen Ärzte und absolute</p>

Zustimmung zur Behauptung des Mannes präsentiert, der während der Untersuchung nicht gegessen oder getrunken und auch nicht uriniert haben soll. Die anschließende Verwunderung des interviewten österreichischen Stoffwechselexperten über das Ergebnis wirkt aus dem Kontext gerissen, unterstreicht jenen Erstaunen erregenden Eindruck aber jedenfalls noch zusätzlich.

Verschwiegen oder verharmlost dargestellt wird dabei einiges: Dr. Michael Werner nimmt in seinem täglichen Leben durchaus regelmäßig Nahrung zu sich, nur eben in flüssiger Form von z.B. Säften und „selten“ auch in fester Form. Bei der zehntägigen Untersuchung von Werner im Spital hat er insgesamt 2,6 kg an Körpergewicht verloren – ein zu erwartendes Ergebnis bei vorheriger normaler bis niedriger Energiezufuhr und anschließendem Fasten. Das Ergebnis der Untersuchung des indischen Yogis beinhaltet zwar allerhand scheinbar beeindruckende Blutwerte, jedoch keine Aussage über die Entwicklung seines Körpergewichts. In einer Präsentation des Arztes ist nur von Gewichtsschwankungen zwischen 38 und 42 kg die Rede. Ein Dokument, das die Messwerte am letzten Tag der Untersuchung zeigt, legt aber nahe, dass das niedrigste Gewicht am Ende der Untersuchung gemessen wurde. Diverse Blutwerte, die auf Flüssigkeitsmangel hinweisen würden, verbessern sich plötzlich, am Tag nachdem Jani ein Bad nehmen durfte. Gleichzeitig leert sich auch die zuvor gefüllte Blase – laut Film ein mysteriöser Effekt. Die Studie des Untersuchungsleiters Sudhir Shah genügt aus mehreren Gründen nicht wissenschaftlichen Standards, darunter das Fehlen kritischer Beobachter, ein Interessenskonflikt aufgrund der Angehörigkeit zu einer Religion, die zu extremen Fasten aufruft und ein ungenügender Abschlussbericht (Berger 2010b; Berger 2010c).

- 1:03:00 bis 1:09:23: Untersuchung einer Russin mittels „Kirlian-Fotografie“

Eine offensichtlich übergewichtige Russin namens Zinaida Baranova wird interviewt, die behauptet, seit Jahren weder zu essen noch zu trinken. Überprüft wird diese Aussage nicht, stattdessen wird sie jedoch zu einem Arzt begleitet, der vorgibt, ihre „Bioenergie“ zu messen. Dies tut er, indem er eine bestimmte Gasentladung an ihren Fingerkuppen messen will. Das Ergebnis wird dann am Computer zu einem Bild einer Art mehrfarbigen Halos rund um ihren Körper umgewandelt und dient sowohl dem untersuchenden Arzt als auch einem österreichischen Kollegen als Grundlage dafür, der Russin besonders tolle Gesundheit zu attestieren. Freilich stellt diese Art der „Fotografie“ keine wissenschaftlich anerkannte Untersuchungsmethode dar (Berger 2010c).

Anhand dieser Szene kann den SchülerInnen gezeigt werden, wie durch die Aussagen gezielt ausgewählter Ärzte oder Wissenschaftler, ein besonders einseitiges Bild gezeichnet wird. Sucht man im Internet nämlich nach den Interviewpartnern der zweiten Filmhälfte, findet man vor allem Institute, die sich mit selbstbetitelten „Grenzfragen“ der Medizin oder Wissenschaft

	<p>auseinandersetzen, oder anders ausgedrückt, Pseudowissenschaft betreiben und dafür nicht selten von Universitäten gekündigt und von Kollegen scharf kritisiert worden sind. Zum Teil propagieren die gezeigten Ärzte und Wissenschaftler auch Methoden und Produkte, deren Wirkung nicht nachgewiesen ist, mit denen aber dennoch große Summen an Geld verdient wird (Berger 2010b).</p> <ul style="list-style-type: none"> • ab 1:09:23: wissenschaftlicher Erklärungsversuch <p>Das Ende des Films widmet sich nicht mehr der Frage, <i>ob</i> Lichtnahrung möglich ist – dies wird nach dem Versuch rund um den indischen Yogi scheinbar als gegeben dargestellt – sondern allerhand Erklärungsversuchen, <i>wie</i> das funktionieren soll. Dieser Teil ist jedenfalls nur für ausgewählte SchülerInnen geeignet, wird hier doch mit Begriffen wie Quantenmechanik, angeregten Zellen, Telekinese und seltsamen Biophotonen argumentiert. Alles in allem ist der Abschluss des Filmes eines – verwirrend. Die interviewten Personen sprechen zu den unterschiedlichsten Forschungsbereichen, die entweder wissenschaftlich nicht anerkannt oder nichts mit Ernährung zu tun haben, und die Aussagen werden so zusammengeschnitten, dass der Eindruck entsteht, der Zuseher solle am Ende wohl denken, scheinbar ist vieles Unerklärliches möglich – dann also auch Lichtnahrung (Taschwer 2011).</p>
<p>Abschluss, Kritik und Warnung 20 min</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 13:08 – 16:28: Bericht über Todesfälle und Rechtfertigung durch Buchautorin und Lichtnahrungsvorbild <p>Am Ende dieser Unterrichtseinheit wird der Teil des Filmes angesehen, bzw. der Aspekt des Themas besprochen, mit dem sinnvollerweise auch der Film hätte schließen können, nämlich der großen Gefahr, die von diesen Experimenten ausgeht. In der Dokumentation wird zu Beginn kurz über drei Todesfälle berichtet, bei denen Personen sich freiwilligen 21-tägigen Hungerkuren unterzogen haben und dabei nach dem Vorbild einer von Ellen Greve, genannt Jasmuheen, verbreiteten Lehre auch sieben Tage lang nichts getrunken haben.</p> <p>Die Autorin und Erfinderin dieses Fastenprogramms kommt in der Dokumentation zu Wort und darf sich ausgiebig rechtfertigen. Nicht erwähnt wird jedoch im Film, dass sie sich selbst schon einmal freiwillig einer zehntägigen Untersuchung unterziehen lassen wollte, die jedoch am vierten Tag von der durchführenden Ärztin aufgrund von Dehydrierung und starkem Gewichtsverlust Greves abgebrochen werden musste (Berger 2010b).</p> <p>Seit Veröffentlichung der Dokumentation sind zudem zwei weitere Todesfälle im deutschsprachigen Raum bekannt geworden, bei denen eine Schweizerin und ein Deutscher nach freiwilligem Lichtfasten verhungert sind (Kurier 2019; Stamm 2012). Ein Zusammenhang zwischen dem Film und den beiden Todesfällen wurde danach nicht untersucht, eine Kausalität im</p>

strafrechtlichen Sinne könne laut Regisseur Peter-Arthur Straubinger ausgeschlossen werden (Stamm 2012).

Abgesehen von dem oben beschriebenen Lernziel soll in jedem Fall dies, nämlich die Lebensgefahr, die von mehr tägiger Nulldiät und insbesondere der fehlenden Flüssigkeitszufuhr ausgeht, bei den SchülerInnen als Erkenntnis aus dem Unterricht zurück bleiben.

8 Fazit

Das Einbeziehen des menschlichen Körpers, insbesondere der Energieerhaltung und -umwandlung im Zusammenhang mit Ernährung, in den Physikunterricht ist sowohl in der Unterstufe als auch der Oberstufe der AHS sinnvoll durchführbar und kann – so legen es Ergebnisse der Literaturrecherche nahe – das Interesse der Schülerinnen und Schüler möglicherweise positiv beeinflussen. Besonders eine Steigerung der Motivation der Mädchen, die jedoch nicht zu Lasten derer der Buben geht, wird durch Interessensstudien nahegelegt.

Die im Kapitel 7 angeführten Beschreibungen von Unterrichtseinheiten können als Grundlage für einen Unterricht zum Thema in den unterschiedlichen Klassen und Gruppen dienen und die im Anhang befindlichen erstellten Arbeitsblätter und Materialien können in dieser Form oder für die eigenen Zwecke abgeändert für den Unterricht verwendet werden. Außerdem bietet das Thema eine gute Möglichkeit auf, zum Teil gut getarnte, pseudowissenschaftliche Theorien einzugehen und mit den Schülerinnen und Schülern das Erkennen dieser und den Umgang damit zu trainieren.

Im Körper findet natürlich das Prinzip der Energieerhaltung Anwendung, aber auch weniger offensichtlich sichtbare Aspekte, wie der Entropiebegriff, können anhand des Menschen und des Themas Ernährung unterrichtet werden. Besonders anschaulich kann auch die Energieumwandlung in diesem Kontext erklärt werden. Zusätzlich zu den soeben aufgezählten Inhalten des Lehrplans kann mit dem Unterricht zum Thema Energie im menschlichen Körper zu zahlreichen allgemeinen Bildungszielen beigetragen werden. Darunter fallen jene fächerübergreifenden Aspekte der schulischen Bildung, durch die die Schülerinnen und Schüler – losgelöst vom Lehrstoff in den einzelnen Fächern – auf Fragen des alltäglichen Lebens und gesellschaftliche Probleme vorbereitet werden sollen. Insbesondere zur Erreichung dieser Ziele hat sich die Behandlung des Themas dieser Arbeit im Unterricht als gut geeignet herausgestellt.

Ob tatsächlich eine Verbesserung des Lernerfolges, was das Prinzip der Energieerhaltung oder andere Begriffe im Zusammenhang mit dem Thema anbelangt,

eintritt, wenn Energie auch anhand des menschlichen Körpers unterrichtet wird, oder der Einstieg im Rahmen dieses Kontexts geschieht, wurde nicht vergleichend zu einer anderen Vorgehensweise untersucht. Gesteigertes Interesse am Thema, beziehungsweise größere Motivation dem Unterricht zu folgen, scheinen zwar realistisch, diese führen jedoch noch nicht zwangsläufig zu einem größeren Lernerfolg, zum Beispiel was die Konzeptualisierung des Energiebegriffes betrifft.

Abschließend möchte ich festhalten, dass ich im Zuge der Recherche zum Thema Ernährung und Körpergewicht, auf viele Studien, Bücher und Empfehlungen gestoßen bin, die das Prinzip der Energieerhaltung und das Verhältnis zwischen In- und Output als das einzig wesentliche Kriterium und auch wichtigstes zu beachtendes Prinzip beim Vorhaben der Gewichtsreduktion oder -zunahme erachteten. Demgegenüber stehen allerdings auch kritische Stimmen, von denen ich vor allem jene hervorheben möchte, die das Kalorienzählen als kontraproduktiv oder sogar gefährlich einstufen. Mir ist wichtig noch einmal zu betonen, dass ich mit den in dieser Arbeit beschriebenen Ideen für den Unterricht zwar das Interesse für das Thema wecken möchte und auch das Wissen über die Vorgänge beim Zu- und Abnehmen des Körpers im Sinne einer wichtigen Kompetenz für das alltägliche Leben vermitteln möchte, jedoch keinesfalls ein ungesundes Verhältnis zu essen propagieren will. Mir ist bewusst, dass das Thema der Essstörungen im Alter der Schülerinnen und Schüler, auf die der Unterricht abzielen soll, ein sehr präsent es ist, und deshalb gilt es besonders gut abzuwägen, ob eine Klasse für die angedachten Unterrichtsinhalte geeignet ist. Wesentlich zur Vermeidung dieser Gefahr ist, wie auch schon im Zuge der Beschreibung der einzelnen Unterrichtseinheiten geschildert, den Fokus auf einen gesunden Umgang mit Essen und eine gesunde Energiebilanz zu setzen. Es soll bei den Schülerinnen und Schülern ein Verständnis der Notwendigkeit einer ausreichenden Energiezufuhr und dem Erhalten aller wichtiger Nährstoffe für eine gute Leistungsfähigkeit des Körpers erreicht werden. Diesbezügliche Untersuchungen, einerseits des vermuteten Lernerfolges und der Vorteile aus der möglichen gesteigerten Motivation und dem erhöhten Interesse resultierend, andererseits potentieller psychologischer Auswirkungen der vermehrten Behandlung des Themas im Unterricht, wären interessant und für eine eindeutigere Verankerung im Lehrplan nötig, wurden im Rahmen dieser Diplomarbeit aber nicht durchgeführt.

9 Quellenverzeichnis

9.1 Literatur

Apolin, Martin: Big Bang 5. 1. Auflage, Wien: öbv 2007.

Apolin, Martin: Big Bang 6. 1. Auflage, Wien: öbv 2008.

Apolin, Martin: Mach das! Die ultimative Physik des Abnehmens. 1. Auflage, Salzburg: Ecowin 2014.

Barmeier, Marion et al.: Prisma – Physik 2. 1. Auflage, Wien: öbv 2008.

Barmeier, Marion et al.: Prisma – Physik 3. 1. Auflage, Wien: öbv 2008.

Bechthold, Angela: Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht. Wissenschaftliche Stellungnahme der DGE. Ernährungsumschau 61(1), S. 2-11, 2014.

Clauss, Wolfgang; Clauss, Cornelia: Humanbiologie kompakt. 1. Auflage, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2009.

Demtröder, Wolfgang: Experimentalphysik 1. Mechanik und Wärme. 5. Auflage, Berlin Heidelberg: Springer Verlag 2008.

Duit, Reinders: Der Energiebegriff im Physikunterricht. Kiel: IPN, 1986.

Gollenz, Franz et al.: Lehrbuch der Physik. 2. Klasse. 1. Auflage, Wien: öbv 2012.

Gollenz, Franz et al.: Lehrbuch der Physik. 3. Klasse. 1. Auflage, Wien: öbv 2012.

Güllich, Arne; Krüger, Michael: Sport. Das Lehrbuch für das Sportstudium. 1. Auflage, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2013.

Hargrove, James L.: History of the Calorie in Nutrition, in: The Journal of Nutrition, Vol. 136, Nr. 12, S. 2957–2961, 2006.

Jaros, Albert: Physik compact. Themenheft Medizin und Physik. 1. Auflage, Wien: öbv 2007.

Kircher, Ernst et al.: Physikdidaktik. Theorie und Praxis. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag 2007.

Klinke, Rainer; Pape, Hans-Christian; Kurtz, Armin; Silbernagl, Stefan (Hrsg.): Physiologie. 6. Auflage, Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2010.

Kunsch, Konrad; Kunsch, Steffen: Der Mensch in Zahlen. Eine Datensammlung in Tabellen mit über 20 000 Einzelwerten. 3. Auflage, München: Elsevier Spektrum Akademischer Verlag 2007.

Harris, James; Benedict, Francis: A Biometric Study of Human Basal Metabolism, in: Proc Sci USA.4, Nr. 12, S. 370-373, 1918.

Häußler, Peter; Hoffmann, Lore: An Intervention Study to Enhance Girls' Interest, Self-Concept, and Achievement in Physics Classes, in: Journal of Research in Science Teaching, Vol. 39, Nr. 9, S. 870–888, 2002.

Hoffmann, Lore: Promoting girls' interest and achievement in physics classes for beginners, in: Learning and Instruction 12, S. 447–465, 2002.

Rehner, Gertrud; Daniel, Hannelore: Biochemie der Ernährung. 3. Auflage. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg 2010.

Schreiner, Claudia (Hrsg.): PISA 2006. Internationaler Vergleich von Schülerleistungen. Erste Ergebnisse. Graz: Leykam 2007.

Schreiner, Claudia; Schwantner, Ursula (Hrsg.): PISA 2006. Österreichischer Expertenbericht zum Naturwissenschafts-Schwerpunkt. Graz: Leykam 2007.

Suchan, Birgit; Breit, Simone (Hrsg.): PISA 2015. Grundkompetenzen am Ende der Pflichtschulzeit im internationalen Vergleich. Graz: Leykam 2016.

Sexl, Roman U. et al.: Sexl – Physik 5. Für die 5. und 6. Klasse der allgemeinbildenden höheren Schulen (1. Teil). 1. Auflage. Wien: öbv 2012.

Sexl, Roman; Wessenberg-Raab, Brigitte: Physik 6. 1. Auflage. Wien: öbv 2007.

Yumuk Volkan: European Guidelines for Obesity Management in Adults, in: Obesity Facts. The European Journal for Obesity 2015/8, S. 402–424, 2015.

9.2 Internetquellen

AGES (2019): Die österreichische Ernährungspyramide,
<https://www.ages.at/themen/ernaehrung/oesterreichische-ernaehrungspyramide/>
[06.08.2019].

Archer, Edward; Marlow, Michael; Lavie, Carl (2018): Controversy and Debate: Memory-Based Dietary Assessment Methods Paper #3,
https://www.researchgate.net/publication/326680609_Controversy_and_Debate_Memory-Based_Dietary_Assessment_Methods_Paper_3
[05.08.2019].

Berger, Ulrich (2010a): Lichtnahrung im Unterrichtsministerium: ein Offener Brief,
<http://scienceblogs.de/kritisch-gedacht/2010/09/24/lichtnahrung-unterrichtsministerium/>
[09.09.2019].

Berger, Ulrich (2010b): Lichtnahrung im Unterrichtsministerium: ein Offener Brief,
<http://scienceblogs.de/kritisch-gedacht/2010/09/20/am-anfang-war-das-licht/?all=1>
[09.09.2019].

Berger, Ulrich (2010c): Lichtnahrung im Unterrichtsministerium: ein Offener Brief,
<http://scienceblogs.de/kritisch-gedacht/2010/10/28/am-anfang-war-das-licht-die-gewichtsprobleme-der-lichtesser/>
[09.09.2019].

Bundesministerium für Bildung (2004): Allgemeiner Teil _Unter- und Oberstufe_ neu,
https://www.bmb.gv.at/schulen/unterricht/lp/11668_11668.pdf?5te98v
[11.09.2019].

Bundesministerium für Gesundheit (2015): Gesundheit und Gesundheitsverhalten von österreichischen Schülerinnen und Schülern,
http://www.bmgf.gv.at/cms/home/attachments/9/7/0/CH1444/CMS1427118828092/gesundheit_und_gesundheitsverhalten_oester_schuelerinnen_who-hbsc-survey_2014.pdf
[18.02.2019].

Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2017a): Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) – Bericht Österreich 2017,
https://www.sozialministerium.at/cms/site/attachments/8/3/3/CH4105/CMS1509621215790/cosi_2017_20171019.pdf
[17.02.2019].

Bundesministerium für Gesundheit und Frauen (2017b): Österreichischer Ernährungsbericht 2017,
https://www.ages.at/download/0/0/96cd1c88cbede228268b174f1e729558b86604d1/fileadmin/AGES2015/Themen/Ernaehrung_Dateien/Osterr.-Ernaehrungsbericht-2017.pdf
[05.08.2019].

Bundeskanzleramt (2017): Lehrpläne – allgemeinbildende höhere Schulen, Fassung vom 01.09.2017,
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung/Bundesnormen/10008568/Lehrpl%C3%A4ne%20%E2%80%93%20allgemeinbildende%20h%C3%B6here%20Schulen%2c%20Fassung%20vom%2001.09.2017.pdf?FassungVom=2017-09-01>
[11.09.2019].

Deutsche Adipositas-Gesellschaft (DAG) e.V., Deutsche Diabetes Gesellschaft (DDG), Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) e.V., Deutsche Gesellschaft für Ernährungsmedizin (DGEM) e.V. (2014): Interdisziplinäre Leitlinie der Qualität S3 zur „Prävention und Therapie der Adipositas“. Version 2.0,
<https://www.awmf.org/leitlinien/detail/ll/050-001.html>
[16.08.2019].

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2014): Niedrige Energiedichte bei Lebensmitteln unterstützt Übergewichtige beim Abnehmen, <https://www.dge.de/wissenschaft/weiterpublikationen/fachinformationen/energiedichte>
[10.08.2019].

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2015a): Ausgewählte Fragen und Antworten zur Energiezufuhr, <https://www.dge.de/fileadmin/public/doc/ws/faq/FAQs-Energie.pdf>
[16.08.2019].

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2015b): Referenzwerte - Energie,
<https://www.dge.de/wissenschaft/referenzwerte/energie>
[12.08.2019].

Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2017): Vollwertig essen und trinken nach den 10 Regeln der DGE,
<https://www.dge.de/ernaehrungspraxis/vollwertige-ernaehrung/10-regeln-der-dge>
[12.08.2019].

DiePresse (2011): Skeptiker: "Goldenes Brett" für Lichtnahrungs-Film,
https://diepresse.com/home/science/667389/Skeptiker_Goldenes-Brett-fuer-LichtnahrungsFilm
[09.09.2019].

Eidemüller, Dirk (2016): Entropie. Der Sinn des Lebens – Ordnung in der Unordnung?
<https://www.spektrum.de/video/der-sinn-des-lebens-ordnung-in-der-unordnung/1467229>
[17.08.2019].

Government of Canada (2019): Canada's Food Guide,
<https://food-guide.canada.ca/en/>
[06.08.2019].

Graz University of Technology (2016): Die Größen der Technik – Julius Robert Mayer,
http://history.tugraz.at/besonderheiten/groessen_der_technik/mayer.php
[11.09.2019].

Harvard T. H. Chan School Of Public Health (2019): Nutrition Research and Mass Media: An Introduction,
<https://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/media-full-story/>
[05.08.2019].

Harvard Health Publishing (2019): Abdominal fat and what to do about it,
<https://www.health.harvard.edu/staying-healthy/abdominal-fat-and-what-to-do-about-it>
[11.09.2019].

Höhfeld, Miriam (2019): Shot for Slim Test: Negative Erfahrung und Bewertungen,
<https://www.gesundheitsschau.de/shot-for-slim.php>
[11.09.2019].

Kurier (2019): Deutscher „ernährte“ sich nur von Licht und starb,
<https://kurier.at/gesund/deutscher-ernaehrte-sich-nur-von-licht-und-starb/400433761>
[09.09.2019].

Medizinische Hochschule Hannover (o. J.): KOF-Rechner,
<https://www.mh-hannover.de/24857.html>
[11.09.2019].

Nestle, Marion (2016): Viewpoint: Food-industry Funding of Food and Nutrition Research,
<https://www.foodpolitics.com/2016/01/viewpoint-food-industry-funding-of-food-and-nutrition-research/>
[05.08.2019].

Rat der Europäischen Gemeinschaften (1990): Richtlinie des Rates über die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln,
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:01990L0496-20040109>
[11.09.2019].

Spektrum der Wissenschaft (1998): Lexikon der Physik, Carnotscher Kreisprozeß,
<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/carnotscher-kreisprozess/2187>
[11.09.2019].

Stamm, Hugo (2012): Von Licht ernährt – bis in den Tod,
<https://www.tagesanzeiger.ch/leben/gesellschaft/Von-Licht-ernaehrt--bis-in-den-Tod/story/28039574>
[09.09.2019].

Straubinger, Peter-Arthur (2010): Am Anfang war das Licht
<https://vimeo.com/ondemand/amanfangwardaslicht>
[09.09.2019].

Taschwer, Klaus (2011): So wertvoll wie ein kleiner Fake,
<https://www.derstandard.at/story/1285042480187/so-wertvoll-wie-ein-kleiner-fake>
[09.09.2019].

Web Shopping S.R.O. (2018): TV Shop – Abnehmen – Shots,
<https://at.tvshop.com/wohlbefinden/abnehmen/shots.html>
[12.09.2019]

U.S. Department of Health and Human Services and U.S. Department of Agriculture (2015):
2015–2020 Dietary Guidelines for Americans. 8th Edition,
https://health.gov/dietaryguidelines/2015/resources/2015-2020_Dietary_Guidelines.pdf
[05.08.2019].

World Health Organization (2012): Alcohol in the European Union. Consumption, harm and
policy approaches,
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0003/160680/e96457.pdf
[18.08.2019].

World Health Organization (2018): Healthy Diet,
https://www.who.int/nutrition/publications/nutrientrequirements/healthy_diet_fact_sheet_394.pdf
[05.08.2019].

10 Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Carnotscher Kreisprozess (Spektrum der Wissenschaft, 1998)</i>	<i>15</i>
<i>Abbildung 2: Grundumsatz in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht (Jaros 2007, S. 17)</i>	<i>20</i>
<i>Abbildung 3: Die fünf Aspekte des Energiebegriffs (vgl. Duit 1986, S. 96)</i>	<i>33</i>
<i>Abbildung 4: Die Nutzung der Sonnenergie (Barmeier et al. 2008, Prisma-Physik 2, S. 83)</i>	<i>45</i>
<i>Abbildung 5: Die österreichische Ernährungspyramide (AGES 2019).....</i>	<i>50</i>
<i>Abbildung 6: Canada’s Food Guide (Government of Canada 2019).....</i>	<i>51</i>
<i>Abbildung 7: Energiebilanz als Waage dargestellt (Apolin 2007, S. 97)</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 8: Energiebilanz beim Zu- und Abnehmen (Apolin 2014, S. 25)</i>	<i>64</i>
<i>Abbildung 9: Energiedichte [kcal/g] beispielhaft ausgewählter Speisen (Bechthold 2014, S. 5)</i>	<i>105</i>

11 Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Brennwerte der Nährstoffe (vgl. Klinke et al. 2010, S. 488).....</i>	<i>18</i>
<i>Tabelle 2: Brennwerte der Nährstoffe (vgl. Jaros 2007, S. 19)</i>	<i>25</i>
<i>Tabelle 3: Beispiele für PAL-Faktoren (vgl. Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. 2015a, S. 5).....</i>	<i>26</i>

12 Anhang

Was gibt's heute zu essen? ENERGIE!

- 1) Recherchiert im Internet und sucht die Antworten auf die nachfolgenden Fragen!

Energie wird in der Physik meist in der Einheit J gemessen. Wofür steht die Abkürzung J?

Nach welchem Physiker, der nie Physik studiert hatte, sondern eigentlich Bierbrauer war, ist diese Einheit benannt?

Eine andere, veraltete Energieeinheit, die aber bei Lebensmitteln immer noch verwendet wird, ist die Kalorie (abgekürzt „cal“). Auf Verpackungen findet sich meist die Einheit Kilokalorie (kcal). Für welche Zahl steht das aus dem Griechischen kommende Wort „Kilo“?

Kilo = _____

Rechne mit diesem Wissen richtig um!

1 kcal = _____ cal

1 J = _____ kJ

Umrechnung zwischen kJ und kcal: 1 kcal \approx 4 kJ

- 2) Sucht euch ein Lebensmittel aus, das eine Nährwerttabelle auf der Verpackung hat, und vervollständigt die nachfolgende Tabelle!
(Achtet dabei darauf, die richtige Spalte zu finden! Oft beinhalten Lebensmittel eine Angabe über die Nährwerte pro 100g oder 100ml und dann noch eine andere Angabe je nach Portionsgröße.)

Bezeichnung des Lebensmittels: _____

	je 100 g oder je 100 ml
Brennwert/Energie	
Fett	
Kohlenhydrate	
Eiweiß	

- 3) Oft steht neben einer Angabe in kJ bei der Energie oder g bei den einzelnen Nährwerten noch ein Prozentsatz. Was sagt dieser Prozentsatz aus?

- 4) Würdet ihr sagen, dass es sich bei diesem Lebensmittel um ein gesundes oder ein ungesundes handelt? An welchen Nährwerten könnt ihr das festmachen? Begründet eure Entscheidung!

LÖSUNGSERWARTUNG

- 1) Recherchiert im Internet und sucht die Antworten auf die nachfolgenden Fragen!

Energie wird in der Physik meist in der Einheit J gemessen. Wofür steht die Abkürzung J?

Joule

Nach welchem Physiker, der nie Physik studiert hatte, sondern eigentlich Bierbrauer war, ist diese Einheit benannt?

James Prescott Joule

Eine andere, veraltete Energieeinheit, die aber bei Lebensmitteln immer noch verwendet wird, ist die Kalorie (abgekürzt „cal“). Auf Verpackungen findet sich meist die Einheit Kilokalorie (kcal). Für welche Zahl steht das aus dem Griechischen kommende Wort „Kilo“?

Kilo = 1000

Rechne mit diesem Wissen richtig um!

1 kcal = 1000 cal

1 J = 0,001 kJ

Umrechnung zwischen kJ und kcal: $1 \text{ kcal} \approx 4 \text{ kJ}$

- 2) Sucht euch ein Lebensmittel aus, das eine Nährwerttabelle auf der Verpackung hat, und vervollständigt die nachfolgende Tabelle!
(Achtet dabei darauf, die richtige Spalte zu finden! Oft beinhalten Lebensmittel eine Angabe über die Nährwerte pro 100g oder 100ml und dann noch eine andere Angabe je nach Portionsgröße.)

Bezeichnung des Lebensmittels: _____

	je 100 g oder je 100 ml
Brennwert/Energie	
Fett	
Kohlenhydrate	
Eiweiß	

- 3) Oft steht neben einer Angabe in kJ bei der Energie oder g bei den einzelnen Nährwerten noch ein Prozentsatz. Was sagt dieser Prozentsatz aus?

Welcher Anteil der empfohlenen Tagesdosis dieses Nährstoffes in einer Portion/100g des Lebensmittels steckt

- 4) Würdet ihr sagen, dass es sich bei diesem Lebensmittel um ein gesundes oder ein ungesundes handelt? An welchen Nährwerten könnt ihr das festmachen? Begründet eure Entscheidung!

Je nach Lebensmittel – zu beachtende Nährwerte: Fette (gesättigte Fette sollten vermieden werden), Zucker, ggf. hohe Energiedichte

allgemein gilt: kein Lebensmittel soll komplett verboten werden, die Dosis entscheidet

Energie kann in verschiedenen Formen auftreten. Die Energieform, die z.B. in Fetten, Kohlenhydraten, Eiweiß und Alkohol steckt, wird **chemische Energie** genannt.

Jeder Mensch muss chemische Energie mit der **Nahrung** zu sich nehmen, um seinen Körper bewegen, die Körpertemperatur regulieren, den Blutkreislauf aufrecht erhalten zu können und noch vieles mehr.

Gesunde Ernährung kann aber nicht nur darüber definiert werden, wie viel Energie dem Körper zugeführt wird, sondern beruht darauf, ausreichend viel aller verschiedener sogenannter Makronährstoffe (Kohlenhydrate, Eiweiß, Fett) und Mikronährstoffe (Vitamine, Spurenelemente, Mineralstoffe) zu essen.

Wie viel chemische Energie in einem Stoff steckt, kann festgestellt werden, indem der Stoff in einem sogenannten **Bombenkalorimeter** verbrannt wird. Manchmal wird auch im Zusammenhang mit unserem Körper und sportlicher Betätigung davon gesprochen, die Nahrung zu „verbrennen“.

Suche unter den Lebensmitteln, die du zuhause hast, **fünf** (Speisen oder Getränke), die du besonders oft isst oder trinkst und notiere sie unten! Schreibe dazu, wie viel kJ Energie sie dem Körper pro 100ml oder 100g liefern!

Lebensmittel	Energie in kJ pro 100g oder 100ml

Was unser Körper alles „verbrennt“

Du weißt schon, dass Menschen Energie mit ihrer Nahrung zu sich nehmen müssen! Wie viel Energie sie zuführen sollten, kann aber für unterschiedliche Personen sehr verschieden sein.

- 1) Ordne den nachfolgenden Personen die durchschnittliche Menge an Energie zu, von der du glaubst, dass sie sie täglich essen sollten! Geh dabei davon aus, dass die Person eine durchschnittliche Körpergröße und ebensolches Gewicht hat.

Kleinkind	2200 kcal \approx 9200 kJ
erwachsener Mann, Beruf: Dachdecker	2400 kcal \approx 10080 kJ
erwachsene Frau, Beruf: Taxifahrerin	1300 kcal \approx 5500 kJ
erwachsener Mann, Beruf: Büroangestellter	1800 kcal \approx 7500 kJ
Jugendliche, 15 Jahre alt, sportlich aktiv	2900 kcal \approx 12180 kJ

- 2) Kreuze alle Eigenschaften und Tätigkeiten an, von denen du glaubst, dass sie einen Einfluss darauf haben, wie viel Energie eine Person zu sich nehmen sollte!

- | | | |
|--------------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Alter | <input type="checkbox"/> Hobbys | <input type="checkbox"/> Umgebungstemperatur |
| <input type="checkbox"/> Haarfarbe | <input type="checkbox"/> Gewicht | <input type="checkbox"/> Anzahl der Geschwister |
| <input type="checkbox"/> Körpergröße | <input type="checkbox"/> sportliche Betätigung | <input type="checkbox"/> Augenfarbe |
| <input type="checkbox"/> Beruf | <input type="checkbox"/> Geschlecht | <input type="checkbox"/> Krankheit/Gesundheit |

- 3) Der Körper benötigt Energie für viele verschiedene Prozesse. Die Energie wird für diese Vorgänge umgewandelt, man sagt auch „umgesetzt“. Der Energieumsatz insgesamt wird in zwei Bereiche eingeteilt:

Energieumsatz = Grundumsatz + Leistungsumsatz
--

Grundumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper in absoluter Ruhe, mit nüchternem (= „leeren“) Magen bei warmer Umgebungstemperatur benötigt.

Leistungsumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper für alle darüber hinaus gehenden Tätigkeiten benötigt.

Ordne mit Hilfe dieser Informationen allen Prozessen im Körper, die zum Grundumsatz gezählt werden, ein **G** zu und allen Prozessen, die zum Leistungsumsatz gezählt werden, ein **L**!

Stiegen steigen: L

Verdauung:

Herzschlag:

Erwärmen des Körpers (bei Kälte):

Stehen:

Atmung:

etwas aufheben:

Blutkreislauf:

Gehirntätigkeit:

laufen:

4) Benutze die Tabelle, in der der durchschnittliche Energiebedarf für einen Jugendlichen (männlich) mit 55 kg Körpergewicht für verschiedene Tätigkeiten **pro Stunde** aufgelistet ist und berechne

- den Grundumsatz für einen ganzen Tag
- den Leistungsumsatz, wenn der Jugendliche an diesem Tag insgesamt 7h sitzend, 1,5h gehend, eine halbe Stunde stehend, 1h mit leichter körperlicher Arbeit und 1h mit intensivem Fußballspielen verbracht hat
- und den gesamten Energieumsatz für diesen Tag

Grundumsatz	270 kJ/h
Leistungsumsatz:	dazu kommen zusätzlich:
sitzen	90 kJ/h
stehen	250 kJ/h
gehen	700 kJ/h
leichte körperliche Arbeit (z.B. Hausarbeit)	630 kJ/h
schwere körperliche Arbeit (z.B. schwere Gegenstände heben/tragen)	1200 kJ/h
leichte sportliche Tätigkeit (z.B. gemütliches Radfahren, Yoga)	1000 kJ/h
mittelschwere sportliche Tätigkeit (z.B. schnelles Radfahren, schwimmen)	1600 kJ/h
intensive sportliche Tätigkeit (z.B. Fußballmatch, schnelles Joggen)	2300 kJ/h

Grundumsatz =

Leistungsumsatz =

Gesamtumsatz =

5) Die von dir durchgeführte Rechnung und auch die Angaben in der Tabelle sind eher **Abschätzungen** als genaue Rechnungen. Schreibe ein paar Gründe, Ungenauigkeiten oder andere Problematiken auf, die dir einfallen, durch die eine genaue Berechnung nur mit diesen Angaben nicht möglich ist!

- _____
- _____
- _____
- _____
- _____

LÖSUNGSERWARTUNG

Was unser Körper alles „verbrennt“

Du weißt schon, dass Menschen Energie mit ihrer Nahrung zu sich nehmen müssen! Wie viel Energie sie zuführen sollten, kann aber für unterschiedliche Personen sehr verschieden sein.

- 1) Ordne den nachfolgenden Personen die durchschnittliche Menge an Energie zu, von der du glaubst, dass sie sie täglich essen sollten! Geh dabei davon aus, dass die Person eine durchschnittliche Körpergröße und –gewicht hat.

Kleinkind	2200 kcal \approx 9200 kJ
erwachsener Mann, Beruf: Dachdecker	2400 kcal \approx 10080 kJ
erwachsene Frau, Beruf: Taxifahrerin	1300 kcal \approx 5500 kJ
erwachsener Mann, Beruf: Büroangestellter	1800 kcal \approx 7500 kJ
Jugendliche, 15 Jahre alt, sportlich aktiv	2900 kcal \approx 12180 kJ

- 2) Kreuze alle Eigenschaften und Tätigkeiten an, von denen du glaubst, dass sie einen Einfluss darauf haben, wie viel Energie eine Person zu sich nehmen sollte!

- | | | |
|---|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Alter | <input checked="" type="checkbox"/> Hobbys | <input checked="" type="checkbox"/> Umgebungstemperatur |
| <input type="checkbox"/> Haarfarbe | <input checked="" type="checkbox"/> Gewicht | <input type="checkbox"/> Anzahl der Geschwister |
| <input checked="" type="checkbox"/> Körpergröße | <input checked="" type="checkbox"/> sportliche Betätigung | <input type="checkbox"/> Augenfarbe |
| <input checked="" type="checkbox"/> Beruf | <input checked="" type="checkbox"/> Geschlecht | <input checked="" type="checkbox"/> Krankheit/Gesundheit |

- 3) Der Körper benötigt Energie für viele verschiedene Prozesse. Die Energie wird für diese Vorgänge umgewandelt, man sagt auch „umgesetzt“. Der Energieumsatz insgesamt wird in zwei Bereiche eingeteilt:

$$\text{Energieumsatz} = \text{Grundumsatz} + \text{Leistungsumsatz}$$

Grundumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper in absoluter Ruhe, mit nüchternem (= „leeren“) Magen bei warmer Umgebungstemperatur benötigt.

Leistungsumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper für alle darüber hinaus gehenden Tätigkeiten benötigt.

Ordne mit Hilfe dieser Informationen allen Prozessen im Körper, die zum Grundumsatz gezählt werden, ein **G** zu und allen Prozessen, die zum Leistungsumsatz gezählt werden, ein **L**!

Stiegen steigen: **L**

Verdauung: **L**

Herzschlag: **G**

Erwärmen des Körpers (bei Kälte): **L**

Stehen: **L**

Atmung: **G**

etwas aufheben: **L**

Blutkreislauf: **G**

Gehirntätigkeit: **G**

laufen: **L**

4) Benutze die Tabelle, in der der durchschnittliche Energiebedarf für einen Jugendlichen (männlich) mit 55 kg Körpergewicht für verschiedene Tätigkeiten **pro Stunde** aufgelistet ist und berechne

- den Grundumsatz für einen ganzen Tag
- den Leistungsumsatz, wenn der Jugendliche an diesem Tag insgesamt 7h sitzend, 1,5h gehend, eine halbe Stunde stehend, 1h mit leichter körperlicher Arbeit und 1h mit intensivem Fußballspielen verbracht hat
- und den gesamten Energieumsatz für diesen Tag

Grundumsatz	270 kJ/h
Leistungsumsatz:	dazu kommen zusätzlich:
sitzen	90 kJ/h
stehen	250 kJ/h
gehen	700 kJ/h
leichte körperliche Arbeit (z.B. Hausarbeit)	630 kJ/h
schwere körperliche Arbeit (z.B. schwere Gegenstände heben/tragen)	1200 kJ/h
leichte sportliche Tätigkeit (z.B. gemütliches Radfahren, Yoga)	1000 kJ/h
mittelschwere sportliche Tätigkeit (z.B. schnelles Radfahren, schwimmen)	1600 kJ/h
intensive sportliche Tätigkeit (z.B. Fußballmatch, schnelles Joggen)	2300 kJ/h

$$\text{Grundumsatz} = 270 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot 24 \text{ h} = 6480 \text{ kJ}$$

$$\text{Leistungsumsatz} = 7 \cdot 90 + 1,5 \cdot 700 + 0,5 \cdot 250 + 1 \cdot 630 + 1 \cdot 2300 = 4735 \text{ kJ}$$

$$\text{Gesamtumsatz} = 6480 \text{ kJ} + 4735 \text{ kJ} = 11\,215 \text{ kJ} = 2670 \text{ kcal}$$

5) Die von dir durchgeführte Rechnung und auch die Angaben in der Tabelle sind eher **Abschätzungen** als genaue Rechnungen. Schreibe ein paar Gründe, Ungenauigkeiten oder andere Problematiken auf, die dir einfallen, durch die eine genaue Berechnung nur mit diesen Angaben nicht möglich ist!

- man kennt das Alter und die Größe vom Jugendlichen nicht, sowie andere Faktoren, die den Grundumsatz beeinflussen
- für die restlichen Stunden des Tages wurde angenommen, dass der Jugendliche liegt/schläft, aber nicht automatisch verbraucht er dabei nur den Grundumsatz
- die verschiedenen Tätigkeiten kann man aktiver oder weniger anstrengend durchführen, dementsprechend ändert sich auch der Umsatz

(Quellen: Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. 2015b; Apolin 2014, S. 127 ff.)

Anhang 3

Input – Output = ?

Als **Input** kann die Energiemenge bezeichnet werden, die dem Körper durch Ernährung (= chemische Energie) zugeführt wird. Mit **Output** ist die Menge an Energie gemeint, die vom Körper für Grund- und Leistungsumsatz in andere Energieformen (mechanische Energie, thermische Energie) umgewandelt wird.

Die Differenz dieser beiden Energiemengen kann als **Energiebilanz** bezeichnet werden.

Berechne für die angegebene Person die Energiebilanz für einen Tag!



Geschlecht: weiblich Alter: 20 Jahre Größe: 170 cm Masse: 65 kg
Aktivitätslevel: hauptsächlich sitzende Tätigkeit, gelegentliche sportliche Betätigung

Zugeführte Energie:

Frühstück: zwei Gläser Orangensaft, Cornflakes mit Milch ... 1500 kJ

Vormittag: zwei belegte Vollkornbrote mit Käse, eine Banane ... 1620 kJ

Mittag: Spaghetti Bolognese mit Parmesan ... 1780 kJ

Nachmittag: großer Cappuccino, ein Apfel, ein Eis (Milcheis mit Schokolade) ... 2400 kJ

Abend: Eierspeise/Rührei mit Gemüse ... 1260 kJ

Input gesamt: _____

Energiebedarf:

Grundumsatz: 6300 kJ

Leistungsumsatz (körperliche Aktivität, Verdauung, Wärmeregulierung): 3200 kJ

Output gesamt: _____

Energiebilanz: _____ kJ

Berechne die Energiebilanz in kJ nach der Formel $Input - Output = Energiebilanz$.

Kreuze das Zutreffende an!

Die Energiebilanz ist ...

positiv negativ gleich Null.

Die Frau hat ...

mehr weniger gleich viel

... Energie zu sich genommen, als/wie die Menge an Energie, die sie an diesem Tag benötigt hat.

(Quelle: *cronometer.com*)

Beantworte:

Was geschieht, wenn dem Körper **weniger** Energie zugeführt wird, als er benötigt?

Was geschieht, wenn dem Körper **mehr** Energie zugeführt wird, als er benötigt?

Würdest du das, was die Frau an diesem Tag zu sich genommen hat, als gesunde oder eher ungesunde Ernährung beschreiben? Begründe deine Entscheidung!

Was gehört deiner Meinung nach zu einer gesunden Ernährung? Worauf sollte man achten?

LÖSUNGSERWARTUNG

Input gesamt: 8560 kJ

Output gesamt: 9500 kJ

Energiebilanz: - 940 kJ

Die Energiebilanz ist ...

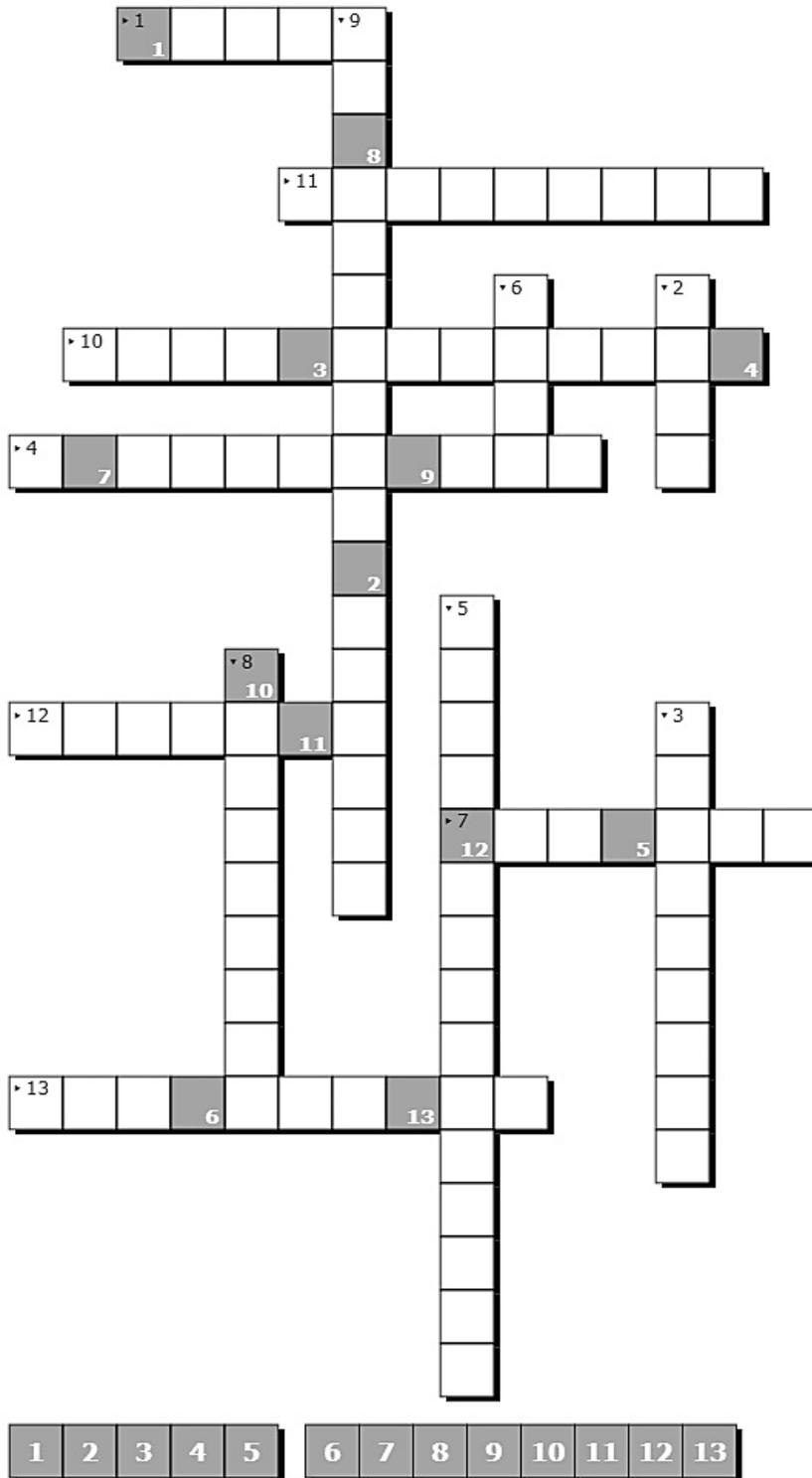
positiv negativ gleich Null.

Die Frau hat ...

mehr weniger gleich viel

... Energie zu sich genommen, als/wie die Menge an Energie, die sie an diesem Tag benötigt hat.

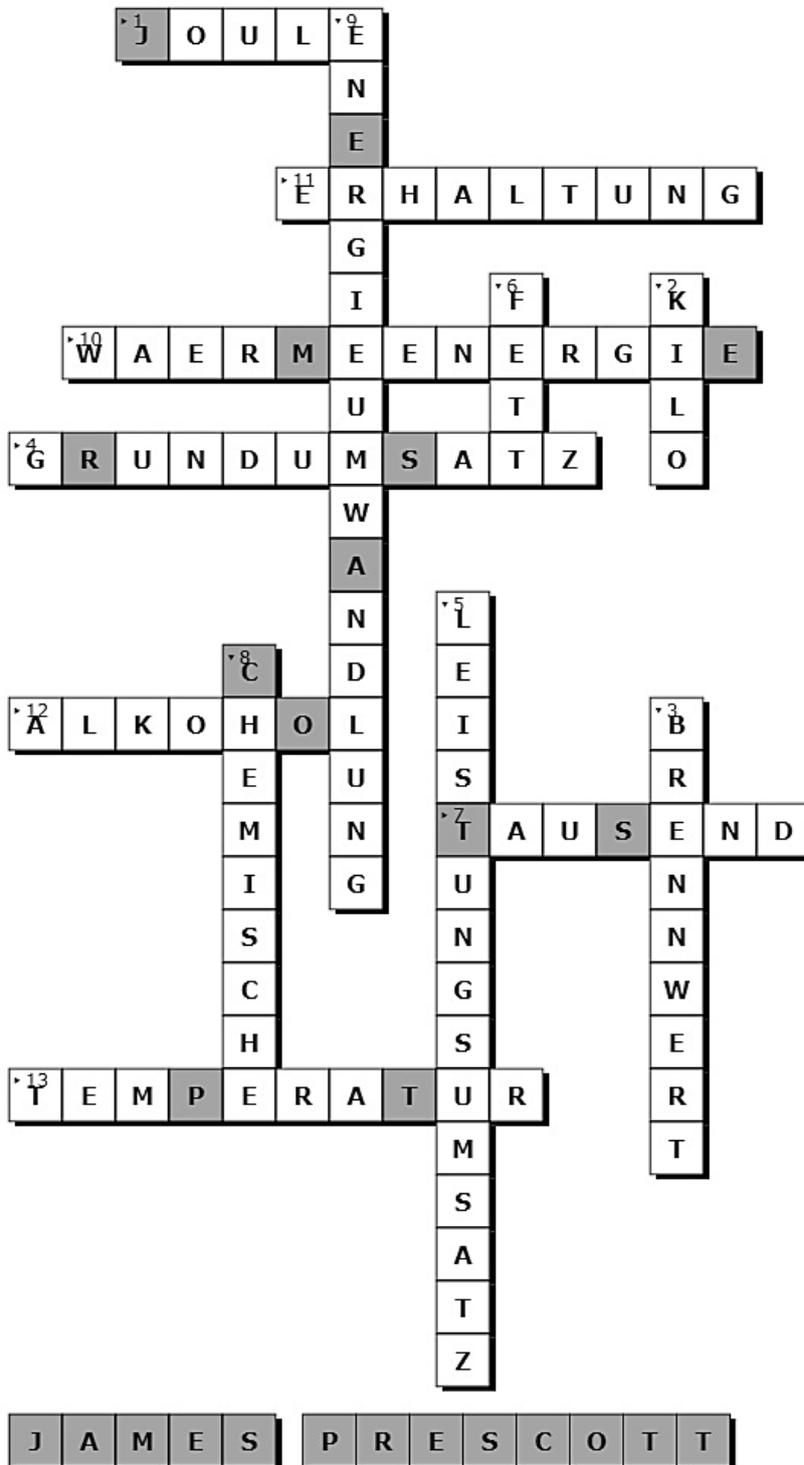
Anhang 4



1. Wie heißt die Internationale Standardeinheit für Energie in der Physik?
2. Wofür steht das "k" in der Abkürzung kcal?
3. Wie wird der Energiegehalt in der Nahrung noch genannt? (Dieser Begriff findet sich auch oft in Nährwerttabellen.)
4. Wie nennt man den Teil des gesamten Energieumsatzes, der für die Erhaltung der lebensnotwendigen Körperfunktionen dient?
5. Wie nennt man den Teil des gesamten Energieumsatzes, der von der Aktivität und Bewegung der Person abhängig ist?
6. Die drei Makronährstoffe, die man mit der Nahrung zu sich nehmen muss, heißen Kohlenhydrate, Eiweiß und ... ? (Einzahl)
7. 1 kJ beinhaltet wie viel Joule Energie? (Zahl ausgeschrieben)
8. Wie nennt man die Energieform, die in Nahrungsmitteln steckt? => ... Energie
9. Wie nennt man den Vorgang, dass sich eine Energieform in eine andere verwandeln kann?
10. Welche Energieform entsteht bei der Energieumwandlung in unserem Körper, also zum Beispiel in unseren Muskeln, zusätzlich zur Bewegung?
11. Der Energie...ssatz besagt, dass Energie nicht erzeugt oder vernichtet werden kann.
12. Wie heißt der Stoff, der dem Körper eigentlich nicht zugeführt werden sollte, der aber aufgrund seines hohen Brennwertes trotzdem meist zu den Makronährstoffen gezählt wird?
13. Je nach Umgebung benötigt der menschliche Körper unterschiedlich viel Energie zur Erhaltung und Regulierung der Körper... .

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

LÖSUNG



1. Wie heißt die Internationale Standardeinheit für Energie in der Physik?
2. Wofür steht das "k" in der Abkürzung kcal?
3. Wie wird der Energiegehalt in der Nahrung noch genannt? (Dieser Begriff findet sich auch oft in Nährwerttabellen.)
4. Wie nennt man den Teil des gesamten Energieumsatzes, der für die Erhaltung der lebensnotwendigen Körperfunktionen dient?
5. Wie nennt man den Teil des gesamten Energieumsatzes, der von der Aktivität und Bewegung der Person abhängig ist?
6. Die drei Makronährstoffe, die man mit der Nahrung zu sich nehmen muss, heißen Kohlenhydrate, Eiweiß und ... ? (Einzahl)
7. 1 kJ beinhaltet wie viel Joule Energie? (Zahl ausgeschrieben)
8. Wie nennt man die Energieform, die in Nahrungsmitteln steckt? => ... Energie
9. Wie nennt man den Vorgang, dass sich eine Energieform in eine andere verwandeln kann?
10. Welche Energieform entsteht bei der Energieumwandlung in unserem Körper, also zum Beispiel in unseren Muskeln, zusätzlich zur Bewegung?
11. Der Energie...ssatz besagt, dass Energie nicht erzeugt oder vernichtet werden kann.
12. Wie heißt der Stoff, der dem Körper eigentlich nicht zugeführt werden sollte, der aber aufgrund seines hohen Brennwertes trotzdem meist zu den Makronährstoffen gezählt wird?
13. Je nach Umgebung benötigt der menschliche Körper unterschiedlich viel Energie zur Erhaltung und Regulierung der Körper... .

Erstellt mit XWords - dem kostenlosen Online-Kreuzworträtsel-Generator
<https://www.xwords-generator.de/de>

Die grau unterlegten Buchstaben des Kreuzworträtsels ergeben die beiden Vornamen des Physikers, nach dem die SI-Einheit für Energie benannt wurde.

Anhang 5

Der Körper benötigt Energie für viele verschiedene Prozesse. Die Energie wird für diese Vorgänge umgewandelt, man sagt auch „umgesetzt“. Der Energieumsatz insgesamt wird in zwei Bereiche eingeteilt:

$$\text{Energieumsatz} = \text{Grundumsatz} + \text{Leistungsumsatz}$$

Grundumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper in absoluter Ruhe, mit nüchternem (= „leeren“) Magen bei warmer Umgebungstemperatur benötigt.

Leistungsumsatz: Die Menge an Energie, die der Körper für alle darüber hinausgehenden Tätigkeiten benötigt.

Schon 1918 wurde von zwei Wissenschaftlern namens James Harris und Francis Benedict eine Formel zur Berechnung des Grundumsatzes aufgestellt. Sie lautet:

für Männer: $G = 278 + 57 \cdot m + 21 \cdot h - 28 \cdot t$

für Frauen: $G = 2742 + 40 \cdot m + 8 \cdot h - 20 \cdot t$

Dabei stehen die Variablen für folgende Werte:

m ... Masse des Körpers in kg

h ... Körpergröße in cm

t ... Alter der Person in Jahren

G ... Grundumsatz pro Tag in kJ

Berechne deinen Grundumsatz in kJ, indem du für die Variablen deine eigenen Maße einsetzt!

Der Leistungsumsatz lässt sich nicht so pauschal berechnen, weil er davon abhängig ist, wie aktiv man im Laufe des Tages ist. Dazu müsste man jede einzelne Aktivität, von gehen und stehen angefangen über Hausarbeit bis hin zu Sport aufzeichnen. Und natürlich kann man alle Tätigkeiten wie z.B. gehen oder joggen eher langsam und entspannt oder schnell und intensiv machen.

Der Einfachheit halber wurde daher der sogenannte **PAL-Faktor** eingeführt, der das Aktivitätslevel über einen ganzen Tag zusammenfasst.

Das gesamte Energieumsatz lässt sich mit diesem PAL-Faktor dann wie folgt berechnen:

$$\text{Energieumsatz} = \text{Grundumsatz} \cdot \text{PAL-Faktor}$$

Die folgende Tabelle gibt verschiedene PAL-Faktoren abhängig von Beruf/Tätigkeit und Freizeitgestaltung an:

PAL-Faktor	Beispiele
1,2 – 1,3	gebrechliche, bettlägerige Personen (ausschließlich sitzend oder liegend)
1,4 – 1,5	Büroangestellte(r), Feinmechaniker(r) (vor allem sitzend, ohne sportliche Freizeitaktivität)
1,6 – 1,7	LaborantIn, FließbandarbeiterIn, SchülerIn, Studentin (zeitweilig stehend oder gehend, wenig sportliche Freizeitaktivität)
1,8 – 1,9	VerkäuferIn, KellnerIn, MechanikerIn (vor allem gehend und stehend, aktive Freizeitgestaltung)
2,0 – 2,4	BauarbeiterIn, LandwirtIn, LeistungssportlerIn (körperlich sehr anstrengend, viel sportliche Aktivität)

Entscheide anhand dieser Tabelle, welcher PAL-Faktor zwischen 1,4 und 2,4 am besten deinem Aktivitätslevel entspricht!

PAL-Faktor =

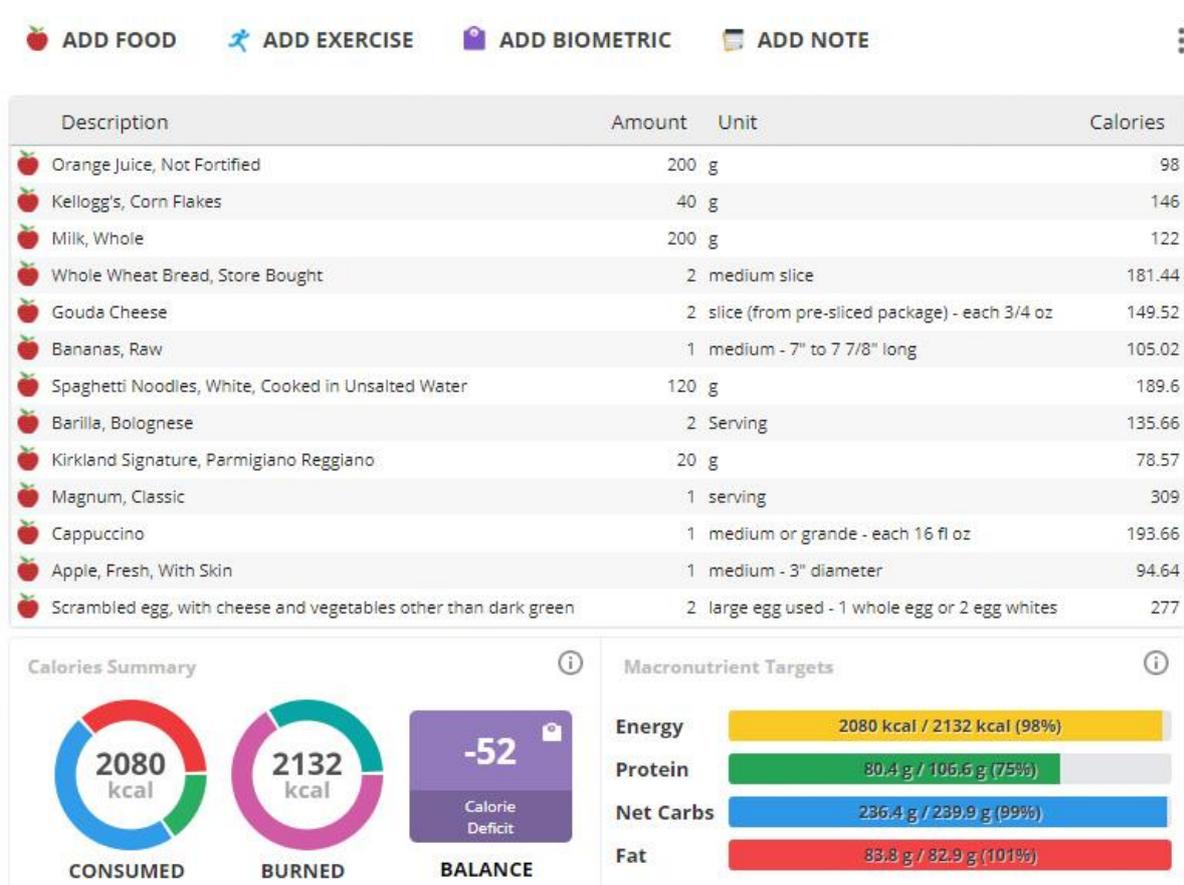
Berechne mit der oben angegebenen Formel aus deinem Grundumsatz und deinem PAL-Faktor deinen Gesamt-Energieumsatz pro Tag!

Diese Berechnung ist nur eine Abschätzung deines ungefähren Energieumsatzes. Natürlich hast du auch nicht täglich denselben Energiebedarf, sondern solltest mehr Energie zu dir nehmen, wenn du sportlich besonders aktiv warst, oder eben weniger, wenn dein Aktivitätslevel besonders niedrig war.

Anhang 6

Auswertung des in Anhang 3 beschriebenen Speiseplanes mit dem Online-Programm „cronometer“:

Auf der Website kann außerdem für jeden einzelnen Nährstoff angezeigt werden, welches der zugeführten Lebensmittel wie viel des jeweiligen Stoffes geliefert hat, indem der Cursor über die einzelnen Balken bewegt wird.



(Screenshot, Quelle: cronometer.com)

Nutrient Targets

 Suggest Foods 



General			
Energy	2080.1	kcal	98%
Alcohol	0.0	g	No Target
Caffeine	251.0	mg	No Target
Water	1286.7	g	56%

Carbohydrates			
Carbs	257.3	g	97%
Fiber	18.8	g	72%
Starch	85.9	g	No Target
Sugars	128.0	g	No Target
Net Carbs	236.4	g	99%

Lipids			
Fat	83.8	g	101%
Monounsaturated	15.1	g	No Target
Polyunsaturated	6.1	g	No Target
Omega-3	0.8	g	72%
Omega-6	5.3	g	48%
Saturated	43.3	g	43.272 g
Trans-Fats	1.3	g	1.326 g
Cholesterol	500.9	mg	No Target

Protein			
Protein	80.4	g	75%
Cystine	0.8	g	144%
Histidine	1.8	g	213%
Isoleucine	3.0	g	258%
Leucine	5.6	g	208%
Lysine	4.2	g	173%
Methionine	1.5	g	257%
Phenylalanine	3.2	g	301%
Threonine	2.5	g	194%
Tryptophan	0.8	g	270%
Tyrosine	2.6	g	241%
Valine	3.7	g	254%

Vitamins			
B1 (Thiamine)	1.7	mg	165%
B2 (Riboflavin)	3.1	mg	312%
B3 (Niacin)	21.0	mg	150%
B5 (Pantothenic Acid)	5.5	mg	109%
B6 (Pyridoxine)	2.0	mg	167%
B12 (Cobalamin)	7.1	µg	294%
Folate	574.4	µg	144%
Vitamin A	3409.7	IU	146%
Vitamin C	100.6	mg	155%
Vitamin D	456.4	IU	76%
Vitamin E	4.8	mg	32%
Vitamin K	21.2	µg	28%

Minerals			
Calcium	1569.1	mg	121%
Copper	0.8	mg	86%
Iron	17.5	mg	116%
Magnesium	329.0	mg	91%
Manganese	2.6	mg	164%
Phosphorus	1339.8	mg	107%
Potassium	2465.3	mg	107%
Selenium	114.0	µg	207%
Sodium	3094.8	mg	206%
Zinc	8.3	mg	93%

(Screenshot, Quelle: cronometer.com)

Die Energiedichte und warum nicht egal ist, was wir essen

Definition:

Als Energiedichte wird der Energiegehalt (in kcal oder kJ) pro Gewichtseinheit (z. B. g, 100 g) des Lebensmittels bezeichnet.

(vgl. Bechthold 2014, S. 3)

Energiedichte der Nährstoffe:

Nährstoff	Energiegehalt pro 1 g des Stoffes in kcal oder kJ	
Kohlenhydrate	4 kcal	17 kJ
Fett	9 kcal	37 kJ
Eiweiß/Protein	4 kcal	17 kJ
Alkohol	7 kcal	29 kJ

(vgl. Bechthold 2014, S. 3)

Begriffserklärung – Glossar:

Adipositas: krankhafte Fettleibigkeit

Diabetes mellitus Typ 2: Zuckerkrankheit, die sich im Laufe des Lebens entwickelt, betrifft vor allem übergewichtige Personen

Kohortenstudie: Untersuchung einer Personengruppe, die aufgrund eines gemeinsamen Merkmals (z.B. gleiches Alter) ausgewählt wurde

Meta-Analyse: zusammenfassende Untersuchung von Ergebnissen vorhergehender Studien

ökonomisch: wirtschaftlich, sparsam

Prävalenz: Vorherrschen; in der Medizin: Häufigkeit einer Erkrankung

randomisiert: zufällig; bei einer Studie: zufällig ausgewählte Versuchsgruppe

(Quelle: *duden.de*)

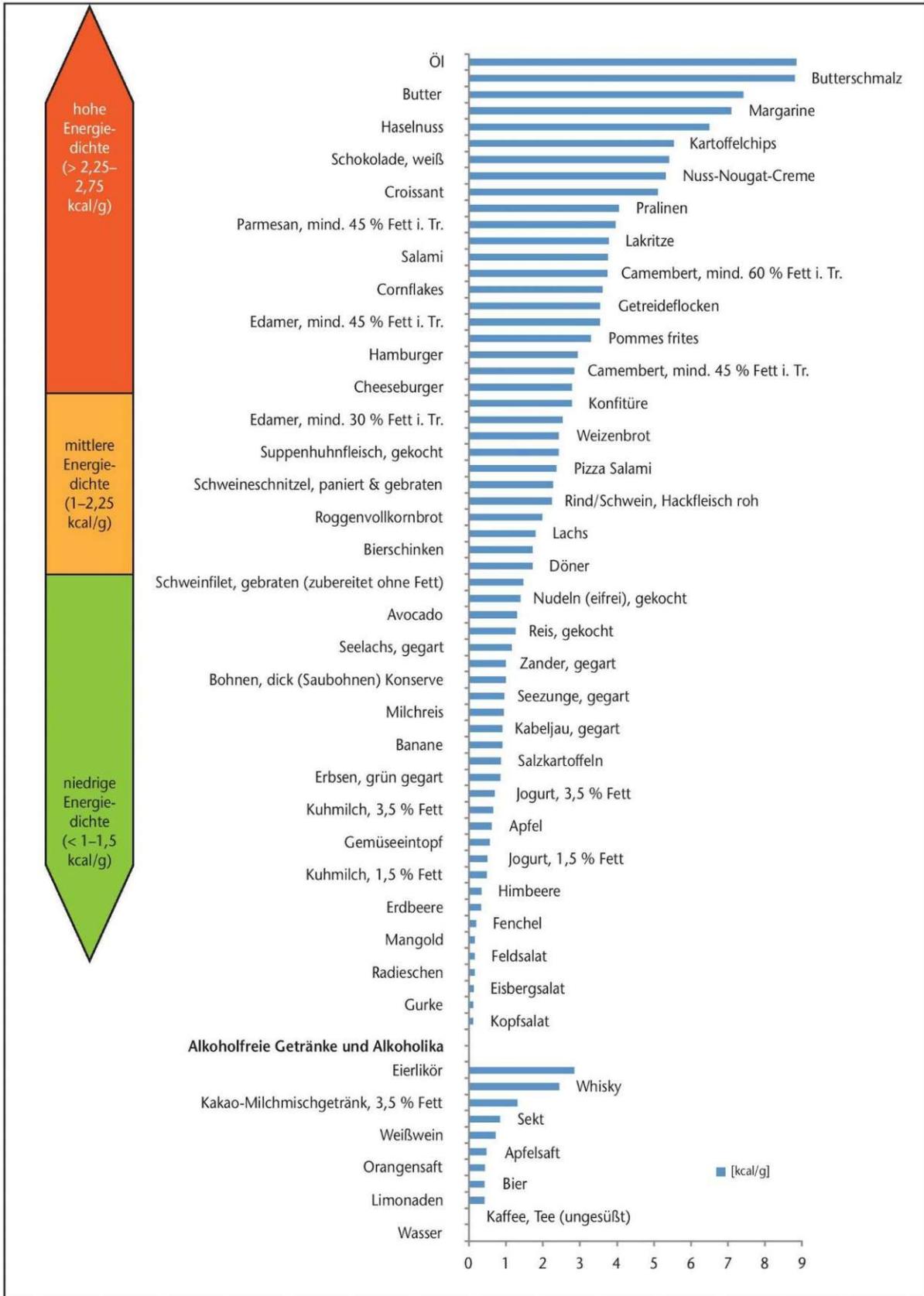


Abbildung 9: Energiedichte [kcal/g] beispielhaft ausgewählter Speisen (Bechthold 2014, S. 5)

Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht

1) Welche Faktoren haben in den letzten Generationen zu immer häufiger auftretendem Übergewicht geführt?

2) Wie lautet die prinzipiell notwendige Maßnahme und das Ziel für erfolgreiche Gewichtsabnahme, die Energiebilanz betreffend?

3) Vervollständigt die beiden Sätze!

Je höher die Energiedichte eines Lebensmittels ist, umso _____ liefert es pro _____.

Je _____ die Energiedichte eines Lebensmittels ist, umso mehr kann man bei gleichbleibendem Energieumsatz davon essen.

4) Ein großer Anteil welcher beider Stoffe in Nahrung verringert die Energiedichte eines Lebensmittels? _____, _____

5) Ein großer Anteil welchen Stoffes in Nahrung erhöht die Energiedichte eines Lebensmittels?

6) Welcher Stoff hat nach Fett die zweithöchste Energiedichte? _____

7) Betrachtet die Ergebnisse der Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Energiedichte der Nahrung und dem Lebensstil der Befragten. Welche Bevölkerungsgruppen neigen eher dazu bzw. welche Eigenschaften führen eher dazu energiedichte Nahrung zu sich zu nehmen?

8) Was fällt auf, wenn man den Preis energiedichterer Lebensmittel mit jenen mit geringerer Energiedichte vergleicht? Warum ist das problematisch?

9) Versucht die Energiedichte in kcal/g folgender drei Lebensmitteln möglichst genau aus der Grafik abzulesen:

Kartoffelchips: _____ Weizenbrot: _____ Banane: _____

10) Was bedeutet die Aussage: „Es existiert ein positiver Zusammenhang zwischen Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht“?

11) Welche Empfehlungen würdet ihr aufgrund der Studienergebnisse einer Person geben, die ihr Gewicht reduzieren möchte? Gebt möglichst konkrete Tipps!

LÖSUNGSERWARTUNG

- 1) Welche Faktoren haben in den letzten Generationen zu immer häufiger auftretendem Übergewicht geführt?
Veränderte Lebensbedingungen (Lebensstil und Arbeitswelt) => Abnahme der körperlichen Aktivität, großes Angebot von ständig verfügbaren, günstigen Lebensmitteln mit hoher Energiedichte
- 2) Wie lautet die prinzipiell notwendige Maßnahme und das Ziel für erfolgreiche Gewichtsabnahme, die Energiebilanz betreffend?
Die Energiezufuhr muss unter den Energieverbrauch gesenkt werden.
- 3) Vervollständigt die beiden Sätze!
Je höher die Energiedichte eines Lebensmittels ist, umso **mehr Energie** liefert es pro **Gewichtseinheit**.
Je **niedriger** die Energiedichte eines Lebensmittels ist, umso mehr kann man bei gleichbleibendem Energieumsatz davon essen.
- 4) Ein großer Anteil welcher beider Stoffe in Nahrung verringert die Energiedichte eines Lebensmittels? **Wasser, Ballaststoffe**
- 5) Ein großer Anteil welchen Stoffes in Nahrung erhöht die Energiedichte eines Lebensmittels?
Fett
- 6) Welcher Stoff hat nach Fett die zweithöchste Energiedichte? **Alkohol**
- 7) Betrachtet die Ergebnisse der Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen der Energiedichte der Nahrung und dem Lebensstil der Befragten. Welche Bevölkerungsgruppen neigen eher dazu bzw. welche Eigenschaften führen eher dazu energiedichte Nahrung zu sich zu nehmen?
sportlich nicht aktiv, RaucherInnen, geringes Ernährungswissen, Personen, die keine Supplemente nehmen, Personen, die in Deutschland geboren wurden
- 8) Was fällt auf, wenn man den Preis energiedichterer Lebensmittel mit jenen mit geringerer Energiedichte vergleicht? Warum ist das problematisch?
je energiedichter umso teurer => Personen mit niedrigerem Einkommen kaufen tendenziell energiedichte Nahrung
- 9) Versucht die Energiedichte in kcal/g folgender drei Lebensmitteln möglichst genau aus der Grafik abzulesen:
Kartoffelchips: 5,6 kcal/g Weizenbrot: 2,5 kcal/g Banane: 0,9 kcal/g
- 10) Was bedeutet die Aussage: „Es existiert ein positiver Zusammenhang zwischen Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht“?
Je energiedichter die Nahrung einer Person ist, umso eher leidet die Person unter Übergewicht.
- 11) Welche Empfehlungen würdet ihr aufgrund der Studienergebnisse einer Person geben, die ihr Gewicht reduzieren möchte? Gebt möglichst konkrete Tipps!
Viel Nahrung mit geringer Energiedichte essen, vor allem wasser- und ballaststoffreich essen, viel Obst und Gemüse, wenig Fett (mit einigen Ausnahmen wie Nüsse und hochwertige Pflanzenöle), wenig Gebäck und Süßwaren, wenig Zuckerhaltiges, hauptsächlich energiefreie Getränke wie Wasser und ungesüßter Tee

Alle Antworten aus „Energiedichte der Nahrung und Körpergewicht“ (Bechthold 2014, S. 2 ff.)

Anhang 8

Fermi-Aufgaben zum Thema Energie im menschlichen Körper

- 1) Wie viel nimmt man in einem Jahr zu, wenn man jeden Tag nur genau 1 % zu viel Energie zu sich nimmt? (vgl. Apolin 2016, S. 30 f.)
- 2) Um wie viel kJ muss man seinen täglichen Energiebedarf unterschreiten, wenn man gleichmäßig in einem halben Jahr 5 kg abnehmen möchte?
- 3) Wie lange würde es dauern, 1 kg Fett zu verlieren, wenn man seinen Energiebedarf jeden Tag um 10 % unterschreitet?
- 4) Wie viel könnte eine Person in einem Monat abnehmen, wenn sie vorher nur gezuckerte Limonaden getrunken hat und auf nur noch Wasser trinken umstellt?
- 5) Jeder erwachsene Österreicher und jede Österreicherin trinkt im Durchschnitt rund 13 Liter reinen Alkohol im Jahr. Wie viel Prozent seines Tagesenergiebedarfs deckt er damit mit Ethanol? (vgl. World Health Organization 2012, S. 138)
- 6) Wie lange dauert es, 1 kg Körperfett abzunehmen, wenn man beschließt, eine Stunde pro Tag zusätzlich zur gewohnten Aktivität zu Fuß zu gehen? Hinweis: Beim zügigen Gehen erhöht man seine Leistung im Vergleich zur Leistung beim Sitzen als Frau von durchschnittlich 90 auf 300 W und als Mann von durchschnittlich 130 auf 410 W (vgl. Apolin 2016, S. 127).
- 7) Wie viel kcal mehr kann man bei gleichbleibender Energiebilanz essen, wenn man eine halbe Stunde mit einer Geschwindigkeit von 10 km/h läuft? (Eine Faustregel für den Energiebedarf beim Laufen lautet 1 kcal pro gelaufenem km und pro kg Körpergewicht.) (vgl. Apolin 2016, S. 133)

Hinweise:

- Der Tagesbedarf wird bei allen Aufgaben grundsätzlich mit 10 000 kJ (2381 kcal) angenommen. Das ist natürlich eine willkürlich, für alle Rechnungen in SI-Einheiten angenehm gewählte Zahl, die aber durchaus einen akzeptablen Mittelwert darstellt. Dieser Energiebedarf läge im Bereich einer mittelgroßen und –schweren Frau mit hohem Aktivitätslevel oder Mann mit niedrigem Aktivitätslevel.
- Der Brennwert eines Kilogramms Körperfett liegt nicht, wie man aus der Tabelle 1 annehmen könnte, bei 39 000 kJ, sondern darunter bei etwa 30 000 kJ (rund 7000 kcal). Der Grund dafür ist ein gewisser Anteil an Protein und Wasser im Speichereffett des Körpers. (vgl. Apolin 2016, S. 57)
- Bei allen Aufgaben wird angenommen, dass außer der beschriebenen Änderung die Energiezufuhr und der Energiebedarf gleichbleiben.
- Bei allen Aufgaben wurde das Energiedefizit in einem Bereich gewählt, bei dem man annehmen kann, dass eine gesunde Form des Abnehmens und tatsächlich ein Abbau des Körperfetts möglich ist. Bei Diäten mit stärkerer Kalorieneinschränkung oder extrem kurzfristig gesetzten Zielen wären vor allem Effekte des Wasserverlusts und ein unvorteilhaftes Verlieren an Muskelmasse zu erwarten. Zudem würde sich der Grundumsatz verringern, was wiederum das Abnehmen erschweren würde. (vgl. Apolin 2016, S. 63 ff.)
- Bei allen Lösungen handelt es sich um grobe Abschätzungen, wie das bei Fermi-Rechnungen üblich ist. Viele der Aufgaben könnten zudem gar nicht exakt berechnet werden, weil der exakte Energieumsatz im Körper von sehr vielen Unbekannten abhängig ist.

LÖSUNGSERWARTUNG

- 1) Tagesumsatz: 10 000 kJ, 101% wären 10100 kJ
100 kJ Überschuss \cdot 365 = 36 500 kJ
1 kg Körperfett \approx 30 000 kJ
36 500 : 30 000 kJ \approx 1,2 kg Körperfett
Man würde in einem Jahr ca. 1,2 kg Körperfett zunehmen, wenn man den Tagesbedarf nur um täglich 1 % überschreitet. (vgl. Apolin 2016, S. 30 f.)
- 2) 5 kg Körperfett \triangleq 150 000 kJ
150 000 kJ : 183 \approx 820 kJ pro Tag
Man müsste seinen täglichen Energiebedarf um 820 kJ oder rund 200 kcal unterschreiten, um in einem halben Jahr 5 kg abzunehmen.
- 3) 10 % von 10 000 kJ = 1 000 kJ oder rund 240 kcal Energiedefizit pro Tag
30 000 kJ : 1000 kJ = 30 Tage
Es würde rund 30 Tage dauern, 1 kg Körperfett zu verlieren, wenn man seinen Energiebedarf täglich um 10 % unterschreitet.
- 4) Annahme: Man trinkt zuvor täglich 1,5 l Limonade, die im Durchschnitt 35 kcal/100 ml Brennwert hat. (Coca Cola: 42 kcal, Fanta 37 kcal, Eistee 29 kcal, Almdudler 38 kcal/100 ml)
35 kcal \approx 150 kJ/100 ml
Tagesenergiezufuhr nur durch Limonaden: 150 kJ/100 ml \cdot 1500 ml = 2 250 kJ
Energiezufuhr pro Monat: 2250 kJ \cdot 30 = 67 500 kJ
67 500 kJ = 30 000 kJ/kg Körperfett = 2,25 kg
Man könnte rund 2,25 kg Körperfett in einem Monat abnehmen, wenn man täglich auf 1,5 l Limonade verzichtet.
- 5) Brennwert Ethanol: 29 kJ/g
Dichte Ethanol: rund 0,8 g/cm³ = 800 g/l
13 Liter reiner Alkohol enthalten 13 \cdot 800 \cdot 29 \approx 301 600 kJ
301 600 kJ : 365 \approx 826 kJ \approx 200 kcal
826 kJ : 10 000 kJ = 0,0826 \approx 8 %
Jeder Österreicher deckt im Durchschnitt 8 % seines Tagesenergiebedarfs mit Ethanol. Dabei ist die Energie, die abgesehen vom reinen Alkohol in alkoholischen Getränken wie Bier oder Wein (z.B. in Form von Zucker) enthalten ist, noch nicht inkludiert.
- 6) $P = W/t$, Leistung = Arbeit pro Zeit
Es genügt nicht, die Leistung beim Gehen zu kennen, sondern man muss den Umsatz, den man sonst in der jeweiligen Zeit hätte (hier angenommen: beim Sitzen) subtrahieren.
Für eine Frau bedeutet das:
 $W_{\text{sitzen}} = 90 W \cdot 3600 s = 324 \text{ kJ}$
 $W_{\text{gehen}} = 300 W \cdot 3600 s = 1080 \text{ kJ}$
 $W_{\text{gehen}} - W_{\text{sitzen}} \approx 760 \text{ kJ/Tag}$
30 000 kJ : 760 kJ/Tag \approx 40 Tage
Es würde 40 Tage dauern, mit einer Stunde gehen statt sitzen pro Tag 1 kg Körperfett zu verlieren.
- 7) $s = 5 \text{ km}$
 $m = 80 \text{ kg}$ (angenommener Durchschnittswert für einen Mann)
 $W = 400 \text{ kcal} = 1680 \text{ kJ}$
Man könnte 400 kcal zusätzlich zu sich nehmen um die Energiebilanz im Gleichgewicht zu halten.

Anhang 9

Abnehmen durch Wundermittel?

Schreibe die wichtigsten Versprechungen und Vorteile, mit denen das Produkt im Video beworben wird, auf!

Welche Adjektive fallen dir in der Beschreibung des Produkts bzw. seiner Anwendung besonders auf, welche Eigenschaftswörter kommen auffällig häufig vor?

Welche Mittel und Strategien werden benutzt, um beim Zuseher das Gefühl zu erzeugen, man müsse unbedingt und besonders schnell zuschlagen?

Womit werden die Aussagen und Versprechen im Video belegt?

Welche Versuche werden unternommen, um der Werbung ein gewisses Maß an Seriosität zu verleihen?

LÖSUNGSERWARTUNG

Abnehmen durch Wundermittel?

Schreibe die wichtigsten Versprechungen und angeblichen Vorteile, mit denen das Produkt im Video beworben wird, auf!

- schlank werden ohne Sport, ohne auch nur eine einzige Fitnessübung
- bis zu 20 kg Gewicht verlieren, flacher und straffer Bauch
- effektiv und einfach anzuwenden
- keine Diäten mehr, keine teuren Fitnessstudios
- „turbo“-Traumfigur, schnellste Methode um Gewicht zu verlieren
- nur einmal täglich einen Shot trinken
- entgiftet, steigert die Fettverbrennung, Flüssigkeitsabbau, Sättigungsgefühl
- 100-prozentig natürliche Entgiftung

Welche Adjektive fallen dir in der Beschreibung des Produkts bzw. seiner Anwendung besonders auf, welche Eigenschaftswörter kommen auffällig häufig vor?

extrem einfach, effektiv, unglaublich, schnell, problemlos anzuwenden, traumhaft, bequem, fantastisch,

Welche Mittel und Strategien werden benutzt, um beim Zuseher das Gefühl zu erzeugen, man müsse unbedingt und besonders schnell zuschlagen?

„jetzt sofort“ wird oft wiederholt und in großen roten Buchstaben eingeblendet, nur heute extrem niedriger Tiefpreis, während laufendem Countdown erhält man sieben gratis Shots, innerhalb der nächsten 60 Sekunden erhält man gratis Ernährungsplan und Ähnliches (zum Herunterladen) dazu, insgesamt würde man heute weit über 70 Euro sparen

Womit werden die Aussagen und Versprechen im Video belegt?

vorher-nachher-Bilder, Anekdoten von angeblichen Personen in Deutschland (ohne Gesicht abgebildet), angeblich weltweit viele zufriedene Kunden => keine tatsächlichen Belege der Aussagen und Versprechungen

Welche Versuche werden unternommen, um der Werbung ein gewisses Maß an Seriosität und Glaubwürdigkeit zu verleihen?

Chemiker/Arzt im weißen Kittel, Computersimulationen der Vorgänge im Körper, 3D-Grafik einer Artischocke, grüne Flüssigkeit in Reagenzglas

Lichtnahrung – mit Nulldiät (über)leben?

In der Dokumentation „Am Anfang war das Licht“ sind euch Personen vorgestellt worden, die von sich selbst behaupten, sich nur durch Licht zu ernähren und keine feste Nahrung oder energiereiche Flüssigkeiten zu sich zu nehmen.

Entwickelt einen Versuchsaufbau für ein Experiment, dem sich diese Personen unterziehen könnten, um das zu beweisen. Beantwortet dazu die nachfolgenden Fragen!

Welche Rahmenbedingungen würdet ihr für das Experiment wählen? (Dauer, Ort, ...)

Welche Personen/Berufsgruppen werden benötigt?

Was soll während der Dauer des Experiments untersucht werden? Welche Maße und Werte wollt ihr überprüfen?

Wie kann sichergestellt werden, dass die Versuchsbedingungen auch eingehalten werden? Was wird dem Probanden oder der Probandin erlaubt, was verboten?