

# Ernährung und Chemie

Handreichung zur Einführung des Bildungsplans im Beruflichen Gymnasium ab Schuljahr 2021/2022



#### Redaktionelle Bearbeitung

Redaktion Hâle Seel, Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)

Autor/in Dr. Nicole Hagert-Neuf, Edith-Stein-Schule Ravensburg

Ilse Herrmann, Mathilde-Weber-Schule Tübingen Sabine Koglin, Elisabeth-Selbert-Schule Karlsruhe Felix Maucher, Fritz-Erler-Schule Tuttlingen

Cornelia Seemann, Agnes-von-Hohstaufen-Schule Schwäbisch Gmünd Dr. Uta Wiest-Ladenburger, Matthias-Erzberger-Schule Biberach

Erscheinungsjahr 2020

#### **Impressum**

Herausgeber Land Baden-Württemberg

vertreten durch das Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL)

Interimsadresse:

Neckarstr. 207, 70190 Stuttgart Telefon: 0711 21859-0 Telefax: 0711 21859-701

E-Mail: poststelle@zsl.kv.bwl.de Internet: www.zsl.kultus-bw.de

Urheberrecht Inhalte dieses Heftes dürfen für unterrichtliche Zwecke in den Schulen und Hochschulen des

Landes Baden-Württemberg vervielfältigt werden. Jede darüber hinausgehende fotomechanische oder anderweitig technisch mögliche Reproduktion ist nur mit Genehmigung des Herausgebers möglich. Soweit die vorliegende Publikation Nachdrucke enthält, wurden dafür nach bestem Wissen und Gewissen Lizenzen eingeholt. Die Urheberrechte der Copyrightinhaber werden ausdrücklich anerkannt. Sollten dennoch in einzelnen Fällen Urheberrechte nicht berücksichtigt worden sein, wenden Sie sich bitte an den Herausgeber. Bei weiteren Vervielfältigungen müssen die Rechte der Urheber beachtet bzw. deren Genehmi-

gung eingeholt werden.

© Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung, Stuttgart 2020



## Inhaltsverzeichnis

1	All	gemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan	2
	1.1 1.2 1.3	Grundlegende Neuerungen	2 3
	1.4	Veränderte gesellschaftliche, technische oder rechtliche Rahmenbedingungen	3
2	Ein	nsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht	4
	2.1	Einleitung	4
	2.2 2.3	Umsetzung im Unterricht und Chancen für Schülerinnen und Schüler	4
	2.4	Grenzen	
3	Un	nsetzungsbeispiele	7
	3.1	Ruheenergieumsatz, Nährstoffzufuhr für Erwachsene (BPE 1)	7
	3.2	Zellstoffwechsel (BPE 15)	
	3.3 3.4	Proteine (BPE 20)	32 42
4	Um	nsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen –	
_		ojektunterricht (VIP)	
	4.1	VIP zur BPE 1, 22, 23: Nudging	50
	4.2	VIP zur BPE 1: Sozialstudie Ernährung	
	4.3	VIP zur BPE 1, 12, 15: Getränke	
	4.4	VIP zur BPE 22.3: Behandlung von Übergewicht	56
	4.5	VIP: Chemie der Farben	
	4.6	VIP: Gesunde Ernährung und Naturphänomene in Kindergarten, Grundschule	59



# 1 Allgemeine Vorbemerkungen zum neuen Bildungsplan

#### 1.1 Grundlegende Neuerungen

Der Bildungsplan zeichnet sich durch eine Inhalts- und Kompetenzorientierung aus. In jeder Bildungsplaneinheit (BPE) werden übergeordnete Zielformulierungen (kursive Schrift) vorgegeben, die durch die Inhalts- und Hinweisspalte konkretisiert werden. Die Kompetenzorientierung findet eine stärkere Berücksichtigung durch kleinschrittige Beschreibungen innerhalb der Bildungsplaneinheit. Durch die kompetenzorientierte Zielformulierung mittels Operatoren wird das Anforderungsniveau bezüglich der Inhalte und der zu erwerbenden Kompetenzen definiert.

Die formulierten Ziele und Inhalte sind verbindlich und damit prüfungsrelevant. Sie stellen die Regelanforderungen im jeweiligen Fach dar. Die Inhalte der Hinweisspalte sind unverbindliche Ergänzungen zur Inhaltsspalte und umfassen Beispiele, didaktische Hinweise und Querverweise auf andere Fächer bzw. BPE.

Der VIP-Bereich des Bildungsplans umfasst Vertiefung, Individualisiertes Lernen sowie Projektunterricht. Schülerinnen und Schüler (SuS) werden im Rahmen der zur Verfügung gestellten Stunden bei der Weiterentwicklung ihrer personalen und fachlichen Kompetenzen unterstützt. Die Lehrkräfte nutzen diese Zeit für eigene Schwerpunktsetzungen.

#### 1.2 Unterrichtliche Umsetzung der Kompetenzorientierung

Kompetenzorientierter Unterricht bietet die Möglichkeit, Wissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten selbstständig und nachhaltig aufzubauen, zu reflektieren und in verschiedenen Situationen verantwortungsvoll einzusetzen.

Die Schülerinnen und Schüler entwickeln im aktiven Umgang mit spezifischen Inhalten die Kompetenzen, die für das Fach von zentraler Bedeutung sind. Erkenntnisse gewinnen, Kommunizieren und Bewerten stehen für Kompetenzen, die dafür charakteristisch sind. Naturwissenschaftlich fachkompetente Schülerinnen und Schüler verfügen über Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz. Diese vier Kompetenzbereiche durchdringen einander und umrahmen gemeinsam die Fachkompetenz.

Für nachhaltig gewinnbringendes Lernen ist es von großer Bedeutung, dass alle Kompetenzbereiche im Unterricht bewusst und ausgewogen gefördert werden.



#### 1.3 Bemerkungen zu den Inhalten

Ziel des neuen Bildungsplans ist es, dass dieser durch Konkretisierung ein hohes Maß an Verbindlichkeit hinsichtlich der Unterrichtsinhalte und Kompetenzformulierungen ausweist. Damit ist die Basis für eine effiziente zentrale Prüfungsstellung gelegt.

Die Akzeptanz des Bildungsplans soll durch aktuelle Inhalte gefördert werden. Im Bereich Ernährung werden epidemiologische Entwicklungen der letzten Jahre stärker in den Fokus genommen, z. B. Lebensmittelunverträglichkeiten. Auch veränderte Bewertungsmuster bei der Nährstoffrelation und bei den Proteinen haben Eingang gefunden. Bei der Niere ist das Gegenstromprinzip zum besseren Verständnis des Wasser- und Elektrolythaushaltes aufgenommen worden.

Die Bildungspläne im Bereich der Chemie, die zum Mittleren Bildungsabschluss führen, sind aktualisiert. Daher kann in diesem Bildungsplan von fundierten Grundkenntnissen in der Chemie ausgegangen werden.

Daher wird der Bildungsplan um grundlegende naturwissenschaftliche Kenntnisse zum Stoff Benzen erweitert. Benzen dient als Beispiel für mesomeriestabilisierte Systeme und spielt bei bestimmten Aminosäuren mit aromatischen Strukturen eine Rolle.

Die aktuelle systematische Nomenklatur in der organischen Chemie wird im neuen Bildungsplan stärker berücksichtigt, ohne auf die in der Ernährungsmedizin üblichen Bezeichnungen zu verzichten.

Um den realen Bedingungen im Zellstoffwechsel Rechnung zu tragen, werden die organischen Säuren in der Glykolyse, in der oxidativen Decarboxylierung und im Citratzyklus in der deprotonierten Form verwendet.

# 1.4 Veränderte gesellschaftliche, technische oder rechtliche Rahmenbedingungen

Umweltfaktoren, veränderte Familienstrukturen, vielfältige Nahrungsmittelangebote, Globalisierung und weitere Aspekte tragen kontinuierlich zur Veränderung des Ernährungsverhaltens bei. Die Inhalte des Bildungsplanes ermöglichen es, auf aktuelle gesellschaftliche, technische und rechtliche Veränderungen und Entwicklungen einzugehen und diese zu reflektieren.



# 2 Einsatzmöglichkeiten von digitalen Medien im Unterricht

#### 2.1 Einleitung

Medienbildung entwickelt sich zunehmend zu einer zentralen Schlüsselqualifikation, über die junge Menschen verfügen müssen, um sich angemessen in unserer heutigen Mediengesellschaft bewegen zu können. Dieser gesellschaftlichen Entwicklung entsprechend, ist Medienbildung eine Pflichtaufgabe schulischer Bildung und soll in der Schule nachhaltig verankert werden (siehe Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 8. März 2012).

Ziel von Medienbildung ist es, Schülerinnen und Schüler so zu stärken, dass sie den neuen Anforderungen sowie den Herausforderungen dieser Mediengesellschaft selbstbewusst und mit dafür erforderlichen Kompetenzen begegnen können. Dazu gehören eine sinnvolle, reflektierte und verantwortungsbewusste Nutzung der Medien sowie eine überlegte Auswahl aus der Medienvielfalt in Schule und Alltag.

Die Schule ist der Ort, an dem Lernende in didaktisch aufbereiteten Kontexten digitale Medien sinnvoll und qualitätsorientiert einsetzen lernen und lernförderliche Potenziale entfalten können.

Hier gilt es Forschungsergebnisse zu berücksichtigen, um lernförderliche Potenziale digitaler Medien bestmöglich zur Entfaltung zu bringen.

#### 2.2 Umsetzung im Unterricht und Chancen für Schülerinnen und Schüler

Unter Beachtung des Primats der Didaktik können digitale Medien lernförderliche Potenziale entfalten.

Dabei sollte ein ausgewogener Methoden- und Medienmix angestrebt werden, da dieser laut Forschung aus bewährten analogen Aufgabenformaten und (zeitweise) ergänzender Nutzung digitaler Medien die beste Lernförderung verspricht.

Dies wird u. a. dadurch erreicht, dass alle Fähigkeiten und Sinne angesprochen, gefördert und gefordert werden. Mit virtueller Realität (AR) kann in ein Geschehen eingetaucht werden, das man sonst nicht (so leicht) erleben könnte, beispielsweise können Elemente wie 3-D-Darstellungen oder Videos auf computergenerierter Ebene passgenau zur Buchseite eingeblendet werden. Beispielsweise erleichtern diese Anwendungen bei der BPE Verdauung das Aufzeigen der genauen Lage der Verdauungsorgane und lassen somit auch deren Funktionen besser erkennen. Ebenso können 3-D-Simulationen den genauen räumlichen Aufbau von Molekülen aufzeigen, was z. B. bei der Konfigurationsisomerie von großer Bedeutung ist.



Des Weiteren können auch digitale Lernstrategien bzw. Methoden, wie z. B. qualitätsorientierte Internetrecherchen, angewandt werden. Internetrecherchen dienen in vielen Einheiten dieses Bildungsplans als Grundlage zur Wissensermittlung der Schülerinnen und Schüler.

Durch den Einsatz von neuen Anwendungsprogrammen im Internet, wie Gesundheitsapps, Ernährungsapps, z. B. um ein Ernährungstagebuch zu erstellen oder zu beurteilen, wird die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler angesprochen.

Digitale Medien können auch beispielsweise in Form von Quiz- oder Learning-Tools ihre Anwendung finden. Konkret kann das z. B. beim Vergleichen unterschiedlicher Moleküle oder Stoffwechselvorgänge angewendet werden.

Individuelle Angebote im Rahmen der individuellen Förderung und Differenzierung können in verschiedener Art und Weise ausgestaltet werden, u. a. durch Materialvielfalt: verschiedene fachdidaktische Ansätze (z. B. erklärend, selbstentdeckend, selbstdifferenzierend), niveaudifferenziert (z. B. einfach oder schwierig bzw. abgestufte Hilfen, Lernzielkontrollen), Differenzierung nach Lernzugängen (z. B. Text, Bild, Animation) oder Interessen. Ebenfalls sind diverse Bearbeitungsvarianten (z. B. unterschiedliche Lernzeitgestaltung, unterschiedliche Produkte wie Text, Plakat oder Internetseite) und Sozialformen (z. B. Einzel-, Partner- oder Teamarbeit) denkbar. Die Lernenden können auf diese Weise Materialien auch selbst auswählen und so beispielsweise leicht zu einem anderen Niveau wechseln, da das Material ja digital vorliegt.

Konkret wird in diesem Bildungsplan häufig die Möglichkeit gegeben, die Ergebnissicherung durch die Schülerinnen und Schüler (z. B. Umsetzung der zehn Regeln der DGE) differenziert zu gestalten. Das kann analog durch Plakate, aber auch digital in Form eines selber gestalteten Filmes geschehen. Analoge und digitale Medien ergänzen sich dabei und verdrängen sich nicht.

Da digitale Medien im Alltag der Schülerinnen und Schüler längst eine wichtige Rolle spielen, kann dadurch eine zusätzliche Motivation und eine Steigerung ihrer Selbstwirksamkeit resultieren.

#### 2.3 Chancen für Lehrende

Auch für Lehrende ergeben sich mannigfaltige Chancen des Einsatzes digitaler Medien in der Schule.

Im Rahmen der pädagogischen Diagnostik können ebenfalls digitale Medien z. B. in Form von Quizoder Learning-Tools zum Einsatz kommen.

Ein Arbeitsblatt in Papierform kann durch integrierte QR-Codes zu verschiedenen binnendifferenzierenden Lösungshinweisen oder Hilfetexten führen.

Durch die Nutzung einer Lehr-Lern-Plattform besteht die Möglichkeit, auch digital von zu Hause aus zu arbeiten und zu kommunizieren sowie den Kopieraufwand zu reduzieren.



Eine Entlastung für Lehrende sind pädagogische Netzwerksoftwares (= Klassenraummanagementsoftware), mit denen sie die digitalen Endgeräte der Lernenden auf dem eigenen Endgerät im Blick halten oder gar steuern können.

Ganze Fachschaften können digitale Medien – insbesondere Lernplattformen – nutzen, um Materialsammlungen wie Arbeitsblätter, Verweise auf Internetseiten oder Seiten im Schulbuch online zu erstellen, die dem Individualisierungsgedanken gerecht werden. Es können jedoch auch eigene Strukturen, z. B. Schulcurricula, angelegt werden. Auch zum Aufbau einer schulischen Mediensammlung und zur Lernplanung können digitale Medien eingesetzt werden. So ist die einzelne Lehrkraft entlastet und Synergien werden genutzt.

Zahlreiche Fortbildungen vereinfachen den Einstieg von Lehrerteams in die Arbeit mit digitalen Medien und sichern die fortlaufende Weiterbildung. Durch das Hinzuziehen außerschulischer Experten werden neue Einblicke eröffnet.

#### 2.4 Grenzen

Die Nutzung digitaler Medien weist auch Grenzen auf und daher müssen alle Anwender mit möglichen negativen Auswirkungen konstruktiv umgehen können.

So sind manche Lerninhalte/Gegenstände nicht digital abbildbar bzw. ihre analoge Repräsentation ist unverzichtbar. Beispielsweise stellt der Einsatz von Anschauungsobjekten wie Lebensmittel und deren Verpackungen einen unmittelbaren Bezug zum Alltag her. Gleiches gilt für Modelle und fachpraktisches Arbeiten in der Küche und im Labor. Dadurch werden Sinneseindrücke wie Geschmack und Geruch sowie haptische Fertigkeiten geschult.

Die Schaffung eines Lernszenarios, in dem eine persönliche Kooperation und Kommunikation der Lernenden untereinander wichtig ist, erzielt eine höhere Lernwirksamkeit, da damit auch Sozialkompetenzen gefördert werden.

Eine Lernbegleitung des Lehrenden zur direkten Unterstützung der Schülerinnen und Schüler in Form einer kritischen Draufsicht fördert ein umfassendes Bild der Wahrheit und gibt Orientierung.

Fragen des Urheberrechts und des Datenschutzes müssen bei der Arbeit in der Schule mit digitalen Medien stets berücksichtigt werden.



# 3 Umsetzungsbeispiele

#### 3.1 Ruheenergieumsatz, Nährstoffzufuhr für Erwachsene (BPE 1)

#### 3.1.1 VERLAUFSPLAN/STOFFORIENTIERUNG

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
5	Einführung	Chat zum Thema Ernährung:	
		Warum nehme ich zu, mein	
		Zwillingsbruder nicht?	
55	Arbeitsauftrag	Informationen (Texte und Grafi-	Die SuS erklären den Einfluss von ver-
	Einflussfaktoren: Ru-	ken) zu den verschiedenen Fak-	schiedenen Faktoren auf den Ruheener-
	heenergieumsatz	toren	gieumsatz.
30	Arbeitsauftrag und	PAL-Werte s. Hilfsmittelliste	Die SuS berechnen den Gesamtener-
	Ergebnissicherung	(Abitur)	gieumsatz.
	Gesamtenergieumsatz	Übungen und Hausaufgabe	
5	Einführung	Grafik zu BMI und Mortalität	Die SuS bewerten den BMI.
	BMI	(Abitur-Aufgabe 2005-1)	
30	Arbeitsauftrag	Informationsblatt mit Übungen	Die SuS wenden die Formel zur Be-
	BMI	und Hausaufgabe	rechnung des BMI bei verschiedenen
			Problemstellungen an.
10	Vertiefung	Abbildung: Gleicher BMI bei	Die SuS bewerten die Aussage-fähig-
	BMI/Körperfettanteil	Bodybuilding/leichtem Überge-	keit des BMI.
		wicht	
15	Einführung	Abbildungen zu Iod-mangeler-	Die SuS deuten die Abbildungen.
	Iod: Mangel	krankungen	
55	Erarbeitung im Lehrer-	Tafel	Die SuS leiten die Folgen von Iodman-
	Schüler-Gespräch		gel aus den Funktionen der Schilddrü-
	Iod, Aufgaben		senhormone ab.
20	Vertiefung	Grafiken zur Iodversorgung und	Die SuS beurteilen ihre Iodversorgung.
	Iod-Versorgung	zur Epidemiologie von Iodman-	
		gel	
5	Einführung	Abbildung/Tabelle zum Ver-	Die SuS vergleichen Gemeinsamkeiten
	Nährstoffe	gleich: Nährstoffbedarf und	und Unterschiede.
		Nährstoffanteile im menschli-	
		chen Körper	



60	Erarbeitung im Lehrer- Schüler-Gespräch Nährstoffe	Tafel	Die SuS stellen die Aufgaben der wichtigsten Nahrungsbestandteile für den Körper dar.
25	Arbeitsauftrag Hyper-, Hypo- und Avitaminose	Abbildung: "Eisberg" eines Nährstoffmangels	Die SuS beschreiben die Begriffe Hyper-, Hypo- und Avitaminose.
45	Arbeitsauftrag und Präsentation D-A-CH-Referenzwerte Arbeitsauftrag Energie- und Nährstoffdichte	Nährwerttabelle Visualizer  Informationsblatt mit Übungen und Hausaufgabe	Die SuS vergleichen und begründen die verschiedenen Referenzwerte bei verschiedenen Gruppen arbeitsteilig.  Sie berechnen exemplarisch die Nährstoffdichte und die Energiedichte von Lebensmitteln.
5	Lehrervortrag Nährstoffrelation	Tafel	Die SuS erklären die Nährstoffrelation.
40	Erarbeitung und Ergeb- nissicherung Empfohlene Nährstoffzu- fuhr	Übungen und Hausaufgabe s. AB 3.1.3	Die SuS berechnen den Energieanteil der einzelnen Nährstoffe, die Nährstoffzufuhr und die Nährstoffrelation. Sie wiederholen Berechnungen zum GEB.
5	Einführung	Chat zum Thema Ernährung: Wie soll ich D-A-CH-Referenzwerte im Alltag umsetzen?	
40	Erarbeitung und Ergebnissicherung DGE-Ernährungspyramide	Informationsmaterial zur DGE- Ernährungspyramide	Die SuS begründen den Aufbau der DGE-Ernährungspyramide.
	Hausaufgabe Ernährungsprotokolle		Die SuS dokumentieren ihre Nahrungsaufnahme.
45	Arbeitsauftrag DGE-Ernährungspyramide DGE-Ernährungskreis 10 Regeln der DGE	Abbildung und Infomaterial	Die SuS vergleichen die DGE-Ernäh- rungspyramide mit dem DGE-Ernäh- rungskreis und den 10 Regeln der DGE.
90	Vertiefung	Nährwertberechnungs-programm	Die SuS vergleichen ihr Protokoll mit den Empfehlungen der DGE.



#### 3.1.2 FACHLICHE HINWEISE

#### **Unterscheidung Grundumsatz und Ruheenergieumsatz**

Der Grundumsatz wird unter standardisierten Bedingungen gemessen (z. B. morgens nach ca. 8 Stunden Schlaf, in thermoneutraler Umgebung, ca. 12 Stunden nach der letzten Nahrungsaufnahme), der Ruheenergieumsatz unter weniger strengen Bedingungen (z. B. nicht unmittelbar nach dem Aufwachen, sondern erst nach Aufsuchen der Einrichtung, Nahrungskarenz auch weniger als 12 Stunden).

Der Ruheenergieumsatz liegt ca. 10 % höher als der Grundumsatz und wird in den meisten Studien anstelle des Grundumsatzes gemessen, da es praktikabler ist.

Grundsätzlich wird empfohlen, von Energieumsatz und nicht von Energieverbrauch zu sprechen, da physikalisch gesehen Energie umgewandelt, aber nicht verbraucht wird, dies wird jedoch selbst in der Fachliteratur nicht konsequent beachtet.

Die Werte der nachfolgenden Aufgaben wurden einer Nährwerttabelle entnommen. Unter Umständen aktualisieren diese sich, wodurch sich der Lösungsvorschlag verändern kann.

#### Didaktische Hinweise

Die ausgewählten Berechnungsbeispiele sollen zeigen, dass der Proteinbedarf im Vergleich zur Proteinaufnahme bei unseren Schülerinnen und Schülern häufig sehr viel niedriger ist, vor allem bei sportlich aktiven Schülerinnen und Schülern.



#### 3.1.3 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Hinweis: Die Lösung ist jeweils in kursiv im Arbeitsblatt enthalten.

#### Aufgabe 1:

Eine junge Frau ist 17 Jahre alt, wiegt 60 kg und hat einen PAL von 1,4.

Laut Nährwerttabelle hat diese Frau einen Gesamtenergiebedarf (GEB) von 8.500 kJ. Berechnen Sie für den täglichen Protein-, Fett- und Kohlenhydratbedarf jeweils:

die Nährstoffzufuhr (g), den Energiegehalt (kJ) und die Nährstoffrelation (%).

	NÄHRSTOFFZUFUHR	ENERGIEGEHALT	NÄHRSTOFFRELATION
	(g)	(kJ)	(%)
Protein	$60 kg \cdot 0.8 g/kg = 48 g$	$48 g \cdot 17 \ kJ/g = 816 \ kJ$	$8.500 \text{ kJ} \triangleq 100 \%$
			816 kJ
Fett	$2.550 \ kJ : 37 \ kJ/g = 69 \ g$	2.550 kJ	$8.500 \text{ kJ} \triangleq 100 \%$
			$2.550 \text{ kJ} \triangleq 30 \%$
Kohlen- hydrate	5.134  kJ : 17  kJ/g = 302  g	GEB: 8.500 kJ	8.500 kJ ≙ 100 %
llydrate		Prot: - 816 kJ	$5.134 \text{ kJ} \triangleq 60,4 \%$
		Fett: - 2.550 kJ	
		$KH = 5.134 \ kJ$	

Ergebnis: Nährstoffzufuhr: Protein/Fett/KH = 48 g/69 g/302 g

Energiegehalt: Protein/Fett/KH = 816 kJ/2.550 kJ/5.134 kJ

Nährstoffrelation: Protein/Fett/KH = 9,6 %/30 %/60,4 %



#### Aufgabe 2:

a) Berechnen Sie den Ruheenergieumsatz für diese junge Frau aus Aufgabe 1.

Ruheenergieumsatz = GEB : PAL

8.500 kJ : 1,4 = 6.071 kJ

b) Berechnen Sie den GEB für diese junge Frau aus Aufgabe 1, wenn sie Sport treibt und damit einen PAL von 1,7 erreicht.

Ruheenergieumsatz · PAL = GEB

 $6.071 \text{ kJ} \cdot 1,7 = 10.321 \text{ kJ}$ 

#### Aufgabe 3:

Ein junger Mann ist 17 Jahre alt, wiegt 60 kg und hat einen PAL von 1,4.

Laut Nährwerttabelle hat dieser junge Mann einen Gesamtenergiebedarf von 10.900 kJ. Berechnen Sie für den täglichen Protein-, Fett- und Kohlenhydratbedarf jeweils:

die Nährstoffzufuhr (g), den Energiegehalt (kJ), und die Nährstoffrelation (%).

	NÄHRSTOFFZUFUHR	ENERGIEGEHALT	NÄHRSTOFFRELATION
	(g)	(kJ)	(%)
Protein	$60 \ kg \cdot 0.8 \ g/kg = 48 \ g$	$48 g \cdot 17 \ kJ/g = 816 \ kJ$	$10.900 \text{ kJ} \triangleq 100 \%$
			816 kJ ≙ 7,5 %
Fett	3.270  kJ : 37  kJ/g = 88  g	3.270 kJ	$10.900 \text{ kJ} \triangleq 100 \%$
			$3.270 \text{ kJ} \triangleq 30 \%$
Kohlen-	6.814  kJ : 17  kJ/g = 401	GEB: 10.900 kJ	$10.900 \text{ kJ} \triangleq 100 \%$
hydrate	g	Prot: - 816 kJ	6.814 kJ
		Fett: - 3.270 kJ	
		$KH = 6.814 \ kJ$	

Ergebnis: Energiegehalt: Protein/Fett/KH = 816 kJ/3.270 kJ/6.814 kJ

Nährstoffzufuhr: Protein/Fett/KH = 48 g/88 g/401 g

Nährstoffrelation: Protein/Fett/KH = 7,5 %/30 %/62,5 %



#### Aufgabe 4:

a) Berechnen Sie den Ruheenergieumsatz für diesen jungen Mann aus Aufgabe 3.

Ruheenergieumsatz = GEB : PAL

10.900 kJ : 1,4 = 7.786 kJ

b) Berechnen Sie den GEB für diesen jungen Mann aus Aufgabe 3, wenn er Sport treibt und damit einen PAL von 1,7 erreicht.

Ruheenergieumsatz · PAL = GEB

 $7.786 \text{ kJ} \cdot 1,7 = 13.236 \text{ kJ}$ 

#### **Aufgabe 5:**

Wie viel Prozent des täglichen Proteinbedarfs können die junge Frau aus Aufgabe 1 und der junge Mann aus Aufgabe 3 durch 150 g gebratenen Tofu und durch 150 g paniertes Schweineschnitzel decken? Berechnen Sie.

	TOFU	PANIERTES SCHWEINESCHNITZEL
Protein in 100 g Lebensmittel	16 g	23 g
Protein in 150 g Lebensmittel	24 g	34,5 g
% des täglichen Proteinbedarfs	48 g Protein <i>≙</i> 100 %	48 g Protein ≙ 100 %
	24 g Protein	34,5 g Protein <i>≙</i> 72 %

Ergebnis: Der tägliche Proteinbedarf wird durch 150 g gebratenen Tofu zu 50 % und durch paniertes Schweineschnitzel zu 72 % gedeckt.



## 3.2 Zellstoffwechsel (BPE 15)

#### 3.2.1 VERLAUFSPLAN/STOFFVERTEILUNG

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
10	Einstieg: 400-m-Lauf	Fallbeispiel Energiegewinnung beim 400-m-Lauf: Einteilung der Sprintstrecke nach Hauptenergielieferanten	Die SuS erfassen, dass es unterschied- liche Möglichkeiten der Energiegewin- nung im Körper gibt und können die Notwendigkeit eines kurzzeitigen Koh- lenhydratspeichers nachvollziehen.
35	Erarbeitung, Anwendung, Vertiefung, Ergebnissicherung: Glykogenbildung und Glykogenabbau, Aufgaben von Muskel- und Leberglykogen, Glykogenspeicher-erkrankungen	Informationsblatt, Fallbeispiel Glyko- genspeicher-erkran- kungen	Die SuS können den Auf- und Abbau von Glykogen ohne Einzelschritte beschreiben.  Die SuS erläutern die Bedeutung der Glykogenspeicherung für den Körper und wenden ihr Wissen im Hinblick auf Glykogenspeichererkrankungen an.
15	Einstieg: Vergleich der Energiegewinnung aus Glucose in vitro und in vivo	Bruttogleichung des Glucoseabbaus, Versuch: Glucose- verbrennung, Ge- genüberstellung des Versuchs mit den Körpervorgängen (schrittweise Ener- giegewinnung)	Die SuS erfassen, was die Energie-gewinnung aus Glucose im Körper von der Verbrennung in vitro unterscheidet und folgern daraus, dass Cosubstrate notwendig sind.
30	Erarbeitung: Vorstellung der Cosubstrate ATP, NAD, FAD, Coenzym A Anwendung: Hydrolyse von ATP	Informationsblatt, Übung Hydrolyse von ATP	Die SuS sind in der Lage die Struktur- formeln der Cosubstrate zu erkennen und ihre Funktionen als Energieträger, Wasserstoffüberträger und Aktivator zu erklären.
90	Erarbeitung: Reaktionsfolge der Glykolyse	Arbeitsblatt zur Reaktionsfolge der Glykolyse mit Lücken	Die SuS erklären die Einzelschritte der Glykolyse mithilfe vorgegebener Strukturformeln und ergänzen die Lücken an den Reaktionspfeilen.



90	Erarbeitung: Reaktionsfolge der oxidativen Decarboxylierung und des Citratzyklus Anwendung: Wiederholung von Reaktionstypen, Cosubstraten usw. am Beispiel des Citratzyklus	Informationsblatt, das als Arbeitsblatt eingesetzt werden kann	Die SuS geben die Reaktion der oxidativen Decarboxylierung an. Sie erklären die Einzelschritte des Citratzyklus mithilfe vorgegebener Strukturformeln. Das Informationsblatt kann dahingehend modifiziert werden, dass die SuS Strukturformeln, Cosubstrate und Reaktionstypen ergänzen und damit ihr Wissen anwenden.
45	Erarbeitung: Prinzip der Atmungskette	Informationsblatt mit Schema zur Wasserstoff- und Elektronenübertragung, Internet	Die SuS erklären das Prinzip der ATP-Bildung im Rahmen der Wasserstoff- und Elektronenübertragung in der Atmungskette und erläutern die Rele- vanz der Oxidation der reduzierten Co- substrate für den Ablauf der Stoff- wechselwege. Die SuS recherchieren Abbildungen, die den Ablauf der Atmungskette in den Mitochondrien zeigen.
45	Problemerarbeitung & Transfer: Weshalb ist ein anaerober Abbau notwendig und wie läuft er ab? Vertiefung & Reflexion: Vorbereitung auf einen 400-m-Lauf	Informationsblatt, Fallbeispiel Energiegewinnung 400-m-Lauf	Die SuS begründen, dass auch bei einem Sauerstoffdefizit im Körper die Energiegewinnung möglich sein muss. Die SuS leiten aus ihren Kenntnissen des aeroben Glucoseabbaus die Stoffwechselsituation bei Sauerstoffdefizit ab und erläutern den Ablauf der anaeroben Energiegewinnung. Die SuS reflektieren anhand des Fallbeispiels die Komplexität der Energiegewinnung während des 400-m-Laufs. Sie diskutieren, ob mit der Ernährung die Leistungsfähigkeit beim 400-m-Lauf beeinflusst werden könnte. Des Weiteren kann auf die Kurzzeitenergiespeicher (z. B. Kreatinphosphat) eingegangen werden.



#### 3.2.2 FACHLICHE HINWEISE

Um den realen Bedingungen im Zellstoffwechsel Rechnung zu tragen, werden grundsätzlich die deprotonierten Formen der Metaboliten verwendet. Die Schülerinnen und Schüler sollen dafür sensibilisiert werden, dass die Säuren auch zu einem geringen Teil in protonierter Form vorliegen, es sich aber um Gleichgewichtszustände handelt. Dabei sind die stöchiometrischen Widersprüche, wie beispielsweise fehlende Wasserstoffatome bei der oxidativen Decarboxylierung, aufzulösen.

Ein Einstieg mit der Bruttogleichung des Glucoseabbaus ( $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O$ ) ist empfehlenswert. Davon ausgehend kann die Bedeutung der Cosubstrate im Stoffwechselgeschehen durch eine Gegenüberstellung der Verbrennung der Glucose in vitro mit der Dissimilation im Organismus abgeleitet werden.

Die Informationsblätter zu den Cosubstraten sind als Orientierung für die Fachlehrkräfte gedacht. Sie weisen auf die fachliche Tiefe in diesem Zusammenhang hin. Es wird darauf hingewiesen, dass die Schülerinnen und Schüler die Strukturformeln der Cosubstrate lediglich erkennen und die zugrunde liegenden chemischen Prinzipien erläutern können müssen.

Die Schülerinnen und Schüler müssen in der Lage sein, die Reaktionsschritte der Glykolyse und des Citratzyklus anhand vorgegebener Metaboliten erklären und die im Bildungsplan genannten Metaboliten aktiv angeben zu können (Benennung und Strukturformeln).

#### 3.2.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Aufgrund der Komplexität der Stoffwechselwege bietet es sich an, diese gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern zu erarbeiten. Dabei kann auf Vorwissen zu Reaktionstypen und Nomenklatur zurückgegriffen werden. Die Visualisierung der Stoffwechselwege durch Legeübungen und Filme ermöglicht nachhaltiges Lernen.

#### 3.2.4 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

- Strukturlegen der Reaktionsfolgen Glykolyse und Citratzyklus mit Kärtchen (Vorderseite Name, Rückseite Strukturformel) und Beschreibungen der einzelnen Abläufe, Bandolino
- Prinzip der Atmungskette anhand von Modellen darstellen: Pumpspeicherkraftwerk, szenische Darstellung, Murmel kullert Treppe hinunter, Gegenüberstellung der Verbrennung von Glucose im Verbrennungsrohr und der Dissimilation im Stoffwechsel
- Tablet: Legeübung Stoffwechsel als Lernzielkontrolle



#### 3.2.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Hinweis: Die Lösung ist jeweils in kursiv im Arbeitsblatt enthalten.

#### Glykogen

Glykogen ist das Speicherkohlenhydrat des Menschen und wird manchmal auch als tierische Stärke bezeichnet.

Es ist ein Polysaccharid, das aus Glucosemolekülen aufgebaut ist. Die Glucosemoleküle sind über  $\alpha$ -1,4- und  $\alpha$ -1,6-glycosidische Bindungen miteinander verknüpft. Das Glykogen ist somit – was den Aufbau betrifft – mit der Stärke vergleichbar, jedoch aufgrund von häufigen  $\alpha$ -1,6-glycosidischen Bindungen weitaus stärker verzweigt.

Die Speicherung von Glykogen erfolgt beim Menschen hauptsächlich in der Leber (ca. 150 g) und in den Muskeln (ca. 250 g).

Der Glykogengehalt der Leber ist abhängig vom Ernährungszustand. Nach einer kohlenhydratreichen Mahlzeit sind die Glykogenspeicher gefüllt, wobei sie bei einem Nahrungsverzicht von ca. 12 bis 18 Stunden bereits geleert sind.

#### Glykogensynthese

Bei einem Überangebot an Glucose wird vom Körper Glykogen synthetisiert. Im ersten Schritt wird wie in der Glykolyse Glucose zu Glucose-6-phosphat phosphoryliert. Als Nächstes wird Glucose-6-phosphat zu Glucose-1-phosphat isomerisiert. Nach weiteren Reaktionen kann die eigentliche Glykogensynthese beginnen. Dabei werden ausgehend von dem Core-Protein Glykogenin lange Glykogenketten synthetisiert. Weitere Enzyme sind für die Verzweigungen des Glykogens verantwortlich. Man kann sich das Glykogenmolekül als kugelförmige Struktur vorstellen, deren Mittelpunkt Glykogenin bildet.

Das Hormon Insulin fördert die Glykogensynthese.



#### Glykogenabbau (Glykogenolyse)

Bei Glucosebedarf wird das Glykogen analog zum Aufbau wieder zu Glucose-6-phosphat abgebaut. Dieses kann zum Abbau in die Glykolyse eingeschleust werden.

Das aus dem Leberglykogen gebildete Glucose-6-phosphat kann vom Enzym Glucose-6-Phosphatase zu Glucose dephosphoryliert und an das Blut abgegeben werden.

Das Muskel-Glykogen steht lediglich den Muskeln zur Verfügung und wird dort zur Energiegewinnung herangezogen. Eine Abgabe von Glucose von den Muskeln an das Blut ist nicht möglich, da Muskeln keine Glucose-6-Phosphatase besitzen.

Die Hormone Glukagon und Adrenalin fördern den Glykogenabbau.



#### Aufgaben:

#### Aufgabe 1:

Formulieren Sie die Reaktionsgleichungen mit Strukturformeln für die Reaktion von Glucose zu Glucose-6-phosphat und die Isomerisierung von Glucose-6-phosphat zu Glucose-1-phosphat.

Lösung:

#### Aufgabe 2:

Beim Menschen können sogenannte Glykogenspeicherkrankheiten auftreten, die meist bereits im Säuglingsalter diagnostiziert werden.

Bei der Von-Gierke-Krankheit liegt ein Defekt des Enzyms Glucose-6-Phosphatase vor. Erläutern Sie die Ursachen der Symptome Hypoglykämie und vergrößerte Leberglykogenspeicher.

#### Lösung:

Das Enzym Glucose-6-Phosphatase dephosphoryliert Glucose-6-phosphat und setzt damit Glucose frei, die von der Leber ans Blut abgegeben werden kann. Wenn dieses Enzym defekt ist, kann keine Glucose an das Blut abgegeben werden, was eine Hypoglykämie zur Folge hat. Des Weiteren führt der Enzymdefekt dazu, dass Glykogen nicht vollständig abgebaut werden kann und Glucose-6-phosphat stattdessen zum Glykogenaufbau herangezogen wird. Dies verschiebt das Gleichgewicht zwischen Glykogenaufbau und Glykogenabbau aufseiten des Aufbaus, was in vergrößerten Glykogenspeicher resultiert.

#### Aufgabe 3:

Der Glykogenabbau im Muskel findet auch in den Lysosomen der Zellen statt und wird dort vom Enzym  $\alpha$ -Glucosidase (saure Maltase), das die endständige Glucose vom Glykogen abspaltet, katalysiert. Bei Morbus Pompe liegt ein Defekt dieses Enzyms vor. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung mit Strukturformeln für die Reaktion der funktionsfähigen  $\alpha$ -Glucosidase anhand geeigneter Strukturformelausschnitte.

#### Lösung:



#### **COSUBSTRATE IM STOFFWECHSEL**

#### ATP (Adenosintriphosphat) - der universelle Energieträger der Zelle

Für einen funktionsfähigen Organismus ist die Bereitstellung von Energie unerlässlich. Energie wird im Körper beispielsweise für Transportprozesse, Synthesen oder für die Muskelkontraktion benötigt. Die Energie muss dafür in einer geeigneten "mobilen" Art und Weise zur Verfügung stehen.

Die Verbindung ATP erfüllt diese Voraussetzung und ist deswegen der universelle Energieträger der Zelle. ATP wird vom Körper ständig ab- und wiederaufgebaut.

Die Verbindung ATP besteht aus der Base Adenin, dem Monosaccharid Ribose (zusammen Adenosin) und drei Phosphatresten. Zwei der Phosphatreste sind über energiereiche sogenannte Säureanhydridbindungen miteinander verknüpft. Wenn diese Bindungen hydrolysiert werden, wird Energie frei.

Bei der Abspaltung eines Phosphatrests durch enzymatische Hydrolyse werden pro mol ATP ca. 30 kJ frei. Als Reaktionsprodukte entstehen dabei ADP (Adenosindiphosphat - "di", da nur noch zwei Phosphatgruppen an das Adenosin gebunden sind) und ein freies Phosphat, das mit  $P_i$  (i = inorganic) abgekürzt wird.

Die Regeneration von ATP kann auf zwei Arten erfolgen: Als Substratkettenphosphorylierung, wenn Phosphat von Metaboliten auf ADP übertragen wird oder im Rahmen der Atmungskette als oxidative Phosphorylierung.



Ebenfalls möglich ist die Abspaltung von zwei Phosphatresten gleichzeitig, was einen Energiebetrag von ca. 40 kJ pro mol ATP freisetzt. Als Reaktionsprodukte entstehen dabei AMP (Adenosinmonophosphat – "mono", da nur noch eine Phosphatgruppe an Adenosin gebunden ist) und ein Diphosphat, das auch Pyrophosphat genannt wird und mit PP<sub>i</sub> abgekürzt wird.

Aufgabe: Formulieren Sie obige Reaktion als Reaktionsgleichung mit Strukturformeln.

Lösung:



#### NAD+/NADH+H+ und FAD/FADH2 – Protonen- und Elektronenakzeptoren und -donatoren

Bei einer Vielzahl von Stoffwechselreaktionen werden Protonen und Elektronen von Metaboliten aufgenommen oder an diese abgeben. Es handelt sich dabei also um Redoxreaktionen. Den an diesen Reaktionen beteiligten Enzymen stehen verschiedene Cosubstrate zur Verfügung, von denen NAD<sup>+</sup>/NADH+H<sup>+</sup> und FAD/FADH<sub>2</sub> eine besondere Rolle spielen. Beide Verbindungen haben B-Vitamine als Grundbestandteile und wirken als Protonen- und Elektronenakzeptoren sowie -donatoren. Die Beteiligung der Vitamine am Aufbau dieser Cosubstrate zeigt die Wichtigkeit einer adäquaten Vitaminversorgung.

#### $NAD^+/NADH+H^+$ (Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid)

NAD<sup>+</sup> und NADH+H<sup>+</sup> sind die beiden Formen des Nicotinamid-Adenin-Dinukleotids, an denen das Vitamin Niacin (Vitamin B<sub>3</sub>) beteiligt ist. Niacin ist eigentlich ein Sammelbegriff für verschiedene Derivate der Nicotinsäure, wobei in NAD<sup>+</sup> und NADH+H<sup>+</sup> Nicotinamid gebunden ist. An diesem Nicotinamid-Rest findet auch die Reduktion statt: Zwei Elektronen und ein Proton können im Ring gebunden werden. Das zweite Proton ist nicht gebunden, weswegen NADH+H<sup>+</sup> für die reduzierte Form geschrieben wird. Bei der Oxidation werden die beiden Elektronen und Protonen wieder abgegeben. Die oxidierte Form wird als NAD<sup>+</sup> abgekürzt. Bei einigen Reaktionen im Stoffwechsel taucht eine Variante des Coenzyms auf: NADP<sup>+</sup>/NADPH+H<sup>+</sup>. Bei dieser Verbindung ist zusätzlich eine Phosphatgruppe gebunden; die Funktionsweise ist gleich.

Nicotinamid-Rest

Nicotinamid-Rest

H

O

CH2

NH2

Reduktion

$$+2 e^{-}$$
 $+2 H^{+}$ 
 $-2 e^{-}$ 
 $-2 H^{+}$ 

Oxidation

O=P-O

OH OH

NAD<sup>+</sup>

NADH+H<sup>+</sup>



#### FAD/FADH<sub>2</sub> (Flavin-Adenin-Dinukleotid)

Die Funktionsweise des Flavin-Adenin-Dinukleotids ist mit dem Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid vergleichbar. Auch hier spielt ein Vitamin beim Aufbau der Verbindung eine Rolle. Es handelt sich dabei um Riboflavin (Vitamin B<sub>2</sub>). Die Verbindung FAD (oxidierte Form) kann im Ringsystem zwei Elektronen und zwei Protonen aufnehmen und wird damit zur reduzierten Form FADH<sub>2</sub>.

#### Coenzym A – Aktivierung von Verbindungen

Am Aufbau des Coenzyms A (CoA) ist ebenfalls ein Vitamin beteiligt. Das Vitamin Pantothensäure (Vitamin B<sub>5</sub>) ist gemeinsam mit anderen Verbindungen Ausgangsstoff für das Coenzym A, welches vor allem die Rolle eines Aktivators innehat. Wenn Coenzym A an einen Metaboliten gebunden wird, ist dies das Signal für Enzyme, den Metaboliten weiter zu verstoffwechseln. Das Coenzym A besitzt eine endständige Thiolgruppe (HS-), das Schwefel-Gegenstück zur Hydroxygruppe (OH-), mit der es an Metaboliten in Form eines Thioesters gebunden wird. Die Thioestergruppe ist energiereich, weswegen Thioester bei ihrer Spaltung ähnlich viel Energie wie bei der ATP-Hydrolyse freisetzen.



Das Coenzym A wird im ungebundenen Zustand mit HS-CoA und im gebundenen Zustand in Strukturformeln als S-CoA abgekürzt.

Beispiel Acetyl-CoA:



## ${\bf Zellstoffwechsel\ Glucoseabbau:\ GLYKOLYSE\ im\ Cytoplasma}$

Teil 1: Spaltung des C<sub>6</sub>-Körpers Glucose in zwei C<sub>3</sub>-Körper

Teil 1: Spaltung des C <sub>6</sub> -Körpers Glucose in zwei C₃-Körper			
STRUKTURFORMEL	NAME UND ERLÄUTERUNG		
H <sub>2</sub> C-OH  H C H C H C H C H C H C H C H C H C			
$\begin{array}{c c} H_2C - O - \boxed{P} \\ H & C & O + H \\ C & H & C \\ HO & C & O + H \\ C & O + H & O + H \\ HO & C & O + H \\ HO & O + H \\ H$			
P-O-CH <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> C-OH C H HO C OH OH H ATP ADP			
P-O-CH <sub>2</sub> O H <sub>2</sub> C-O-P  H HO C OH  OH H			
A $ \begin{array}{ccccccccccccccccccccccccccccccccccc$			



#### Zellstoffwechsel Glucoseabbau: GLYKOLYSE im Cytoplasma

Teil 1: Spaltung des C<sub>6</sub>-Körpers Glucose in zwei C<sub>3</sub>-Körper: Lösungsblatt

# **STRUKTURFORMEL** H<sub>2</sub>C-OH В H<sub>2</sub>Ċ—OH

#### NAME UND ERLÄUTERUNG

#### α-D-Glucose

Aktivierung von Glucose durch Phosphorylierung (Veresterung), benötigte Energie stammt aus ATP-Spaltung

#### Glucose-6-phosphat

Isomerisierung über Keto-Endiol-Tautomerie Glucose-6-phosphat und Fructose-6-phosphat sind Konstitutionsisomere

#### Fructose-6-phosphat

Aktivierung durch Phosphorylierung, benötigte Energie stammt aus ATP-Spaltung

#### Fructose-1,6-bisphosphat

Molekül ist reaktiver und lässt sich leicht in der Mitte spalten (Abstoßung der beiden Phosphatreste, -I-Effekte),

Spaltung des C<sub>6</sub>- Körpers in zwei C<sub>3</sub>-Körper

#### A: Dihydroxyacetonphosphat

#### B: Glycerinaldehyd-3-phosphat

Die beiden Verbindungen sind Konstitutions-isomere und wandeln sich über Keto-Endiol-Tautomerie ineinander um.

Glycerinaldehyd-3-phosphat reagiert weiter!



#### Zellstoffwechsel Glucoseabbau: GLYKOLYSE im Cytoplasma

Teil 2: Umwandlung des C<sub>3</sub>-Körpers

	mwandlung des C <sub>3</sub> -Körpers	
STRUKT	URFORMEL	NAME UND ERLÄUTERUNG
2	$ \begin{array}{c} O \\ C \end{array} $ $ \begin{array}{c} H \\ H - C - OH \\ H - C - O - P \\ H \end{array} $ $ \begin{array}{c} P_a \\ 2 \text{ NAD}^+ \end{array} $	
2	$ \begin{array}{c c} P_a \\ 2 \text{ NAD}^+ \\ 2 \text{ NADH+H}^+ \end{array} $ $ \begin{array}{c c} O & P \\ H-C-OH \\ H-C-O-P \\ H \end{array} $ $ \begin{array}{c c} ADP $	
2	2 ATP  O C O H  H-C-OH  H-C-O-P  H	
2	 H-C-OH H	
2	$ \begin{array}{cccc} & & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & & \\ & & & & $	
2	2 ADP 2 ATP 0 C O C O H-C-H H	



#### ${\bf Zellstoffwechsel\ Glucoseabbau:\ GLYKOLYSE\ im\ Cytoplasma}$

Teil 2: Umwandlung des C<sub>3</sub>-Körpers: Lösungsblatt

STRUKTURFORMEL		NAME UND ERLÄUTERUNG	
	O H H-C-OH H-C-O-(P) H	Glycerinaldehyd -3-phosphat	
	°Ç_H	ab hier läuft die Reaktion doppelt ab! Oxidation der Al-	
2	H-Ç-OH	dehydgruppe zur Carboxygruppe, NAD <sup>+</sup> wird zu	
2	$H-\overset{\mid}{C}-O-\overset{\mid}{P}$	NADH+H <sup>+</sup> reduziert → Energiegewinn	
	H	Durch die Anlagerung von anorganischem Phosphat	
	<b>√</b> P <sub>a</sub>	am C <sub>1</sub> entsteht eine energiereiche	
	P <sub>a</sub> 2 NAD⁺ → 2 NADH+H⁺	Säureanhydridbindung	
	2 NADH+H*		
	O P P	1,3- Bis-Phosphoglycerat	
2	 Н-С-ОН	Abspaltung von Phosphatrest am C <sub>1</sub> ,	
_		frei werdende Energie wir zu ATP-Bildung genutzt	
	H-C-O-P		
	2 ADP		
	2 ATP		
	0, 0	2 m 1 1 4	
	Č	3-Phosphoglycerat	
2	н-¢-он 	Isomerisierung, Umlagerung des	
	H-C-O-P	Phosphatrestes/der Estergruppe von C <sub>3</sub> auf C <sub>2</sub>	
	Ĥ		
	1		
	0 0	2 W 1 1 1	
_	O O O O O O O O O O O O O O O O O O O	2-Phosphoglycerat	
2		Intramolekulare Abspaltung von Wasser	
	H-C-OH H		
	; 1		
	✓ 2 H <sub>2</sub> O		
	o″c_o.	Phosphoenolpyruvat	
2	Ĭ Ç−0∽( <b>P</b> )	Durch die Enol-Phosphat-Struktur wird die Bindung	
	II CH <sub>2</sub>	zum Phosphatrest energiereich	
	2 ADP	ATP-Bildung durch Abspaltung von Phosphat aus	
		energiereicher Bindung	
	2 ATP		
2		Endprodukt der Glykolyse ist <b>Pyruvat</b>	
2	Ċ=0	Anion der 2-Ketopropansäure/	
	H-C-H   	Brenztraubensäure	



#### Anaerobe Energiegewinnung im Cytoplasma

Für den weiteren Abbau des Pyruvats aus der Glykolyse wird in den Mitochondrien Sauerstoff benötigt (= aerobe Energiegewinnung). Wenn der Organismus nicht in der Lage ist, ausreichend Sauerstoff für den Abbau zur Verfügung zu stellen, beispielsweise bei kurzzeitigen körperlichen Belastungen (400-m-Lauf), dürfen der Stoffwechsel und damit die Energiegewinnung nicht zusammenbrechen. Die Zellen haben hier die Möglichkeit, über die sogenannte Milchsäuregärung weiterhin Energie in Form von ATP zu gewinnen. Beim Abbau eines Glucosemoleküls werden in der Glykolyse 2 ATP gewonnen. 2 NADH+H<sup>+</sup> entstehen ebenfalls. Ohne die Oxidation von NADH+H<sup>+</sup> zu NAD<sup>+</sup> kann die Glykolyse jedoch nicht weiter ablaufen, da NAD<sup>+</sup> als Protonen- und Elektronenakzeptor nicht mehr zur Verfügung steht. Die Zellen wandeln deswegen das Pyruvat in L-Milchsäure um. Dabei wird NADH+H<sup>+</sup> zu NAD<sup>+</sup> regeneriert und kann wieder in der Glykolyse eingesetzt werden. Die L-Milchsäure ist jedoch in großer Menge für die Zelle schädlich, da sie zu L-Lactat und einem Proton dissoziiert, was eine Senkung des pH-Wertes zur Folge hat (vgl. Henderson-Hasselbalch-Gleichung). L-Milchsäure muss deswegen, wenn wieder Sauerstoff zur Verfügung steht, abgebaut werden.

Die Energiegewinnung über die Milchsäuregärung ist für die Zelle ineffektiv, da aus einem Glucosemolekül im Gegensatz zum anaeroben Abbau nur wenig Energie gewonnen werden und der Vorgang aufgrund des Produkts L-Milchsäure nur kurzfristig ablaufen kann.

Die manchmal auftauchende Bezeichnung "anaerobe Glykolyse" für die Milchsäuregärung ist missverständlich, da für die Glykolyse grundsätzlich kein Sauerstoff benötigt wird.



Oxidative Decarboxylierung und Citratzyklus im Mitochondrium

HS-CoA 
$$CO_2$$
 $H_3C$ 
 $CO_2$ 
 $CO_2$ 

Die oxidative Decarboxylierung ist das Bindeglied zwischen der Glykolyse und dem folgenden Stoffwechselweg, dem Citratzyklus.

Vom Produkt der Glykolyse, Pyruvat, wird ein Kohlenstoffatom in Form von CO<sub>2</sub> abgespalten (= Decarboxylierung). Des Weiteren werden Protonen und Elektronen auf das Coenzym NAD<sup>+</sup> übertragen, welches in seiner reduzierten Form NADH + H<sup>+</sup> aus der Reaktion hervorgeht (Redoxreaktion).

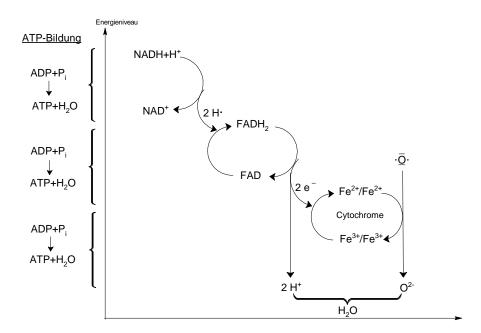
Das Produkt der Reaktion ist Acetyl-CoA. Das Coenzym A ist mittels einer Thioesterbindung an den Acetylrest gebunden. Das Molekül ist damit für den weiteren Abbau "aktiviert", weshalb es neben Acetyl-CoA auch aktivierte Essigsäure genannt wird. Als Cosubstrat ist an dieser Reaktion Thiamin (Vitamin B<sub>1</sub>) in Form von Thiamindiphosphat (auch Thiaminpyrophosphat, TPP) beteiligt.





Atmungskette (Endoxidation) im Mitochondrium

#### Vereinfachtes Prinzip der Atmungskette



In der Atmungskette entstehen durch Abgabe der Wasserstoffatome (Oxidation) aus:

#### Aufgabe:

Für die Darstellung der Atmungskette gibt es vielfältige Formen. Recherchieren Sie im Internet und Fachbüchern andere Darstellungen der Atmungskette und vergleichen Sie diese Abläufe mit dem oben gezeigten vereinfachten Schema der Atmungskette.



#### 3.3 Proteine (BPE 20)

#### 3.3.1 VERLAUFSPLAN/STOFFVERTEILUNG

DAUER	UNTERRICHTS-PHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
5	Einführung	Werbung für Pro-	Die SuS überlegen sich, ob das stimmt
	Sind Proteinshakes oder Lebensmit-	teinshakes:	und wie man das beurteilen kann.
	tel, die zusätzlich mit Proteinen an-	Filmclips, Anschau-	
	gereichert sind, sinnvoll?	ungsmaterial	
40	Erarbeitung, Anwendung, Vertie-	Arbeitsblätter	Die SuS erfassen die Bedeutung der
	fung, Ergebnissicherung:	Internetrecherche	Stickstoffbilanz beim Menschen für
	Stickstoffbilanz/Tagesbedarf		die Erfassung der empfohlenen Tages-
			zufuhr an Protein.
40	Erarbeitung, Anwendung, Vertie-	Arbeitsblätter	Die SuS beurteilen die Qualität von
	fung, Ergebnissicherung:		Proteinen exemplarisch mit der Me-
	AAS-Score, PDCAAS		thode PDCAAS.
5	Abschließende Beurteilung:	Diskussion im Ple-	Die SuS erfassen, dass eine zusätzliche
	Benötigt man Proteinshakes?	num	Proteinzufuhr über Proteinshakes nicht
			notwendig ist.

#### 3.3.2 FACHLICHE HINWEISE

#### Proteinqualität

Die WHO bevorzugt seit 1993 die Methode der PDCAAS-Beurteilung. Diese Methode beruht darauf, die limitierende Aminosäure zu berechnen, indem das Aminosäuremuster eines Lebensmittelproteins (Testprotein) mit einem Referenzprotein (WHO-Referenzprotein mit einem idealen Aminosäurenverteilungsmuster für den Menschen) verglichen wird. Hierbei wird der sogenannte AAS-Wert (AAS = Amino Acid Score) der einzelnen unentbehrlichen Aminosäuren erstellt.

AAS = Konzentration einer Aminosäure im Testprotein (mg/g Protein)/Konzentration der entsprechenden Aminosäure im Referenzprotein (mg/g Protein).

Die limitierende Aminosäure entspricht der unentbehrlichen Aminosäure, die den geringsten AAS-Wert aufweist. Dieser Wert wird mit der Verdaulichkeit des Testproteins multipliziert und damit der PDCAAS-Wert ermittelt, der bestenfalls 1,0 betragen kann.

#### $PDCAAS = AAS \times Verdaulichkeit$

Unter Verdaulichkeit (auch als wahre oder effektive Verdaulichkeit bezeichnet) wird in diesem Zusammenhang die Verdauung und Absorption (Bioverfügbarkeit) verstanden. Die Ermittlung der wahren Verdaulichkeit des Testproteins ( $D_F$ ) basiert auf Stoffwechselexperimenten mit folgender Formel:



$$D_F = \underline{N_{1}\text{-}(N_{FP} - N_{FO})}$$

$$N_1$$

N<sub>1</sub> Gesamte Stickstoffaufnahme

N<sub>FP</sub> Fäkale Stickstoffausscheidung nach Verzehr des Testproteins

N<sub>FO</sub> Fäkale Stickstoffausscheidung nach Verzehr proteinfreier Kost

Die Verdaulichkeit von tierischen Proteinen schwankt zwischen 94 und 98 %, die von pflanzlichen Proteinen liegt niedriger bei 75 - 85 %.

Die Verdaulichkeit wird unter anderem negativ beeinflusst durch Nahrungsmittelbegleitstoffe wie Gerbstoffe, Tannine oder auch Ballaststoffe, die nur in pflanzlichen Lebensmitteln vorkommen. Weitere beeinflussende Faktoren sind denaturierende Prozesse, z. B. Erhitzen oder auch die Aminosäurezusammensetzung selbst (hohe Gehalte an Prolin verschlechtern und hohe Gehalte an Lysin verbessern die Verdaulichkeit des Gesamtproteins).

Generell weisen somit pflanzliche Proteine niedrigere PDCAAS-Werte und damit eine geringere Proteinqualität auf. Das bedeutet aber nicht, dass eine pflanzenbasierte Ernährung abzulehnen ist, da die Qualität der pflanzlichen Lebensmittel insgesamt durch weitere Begleitstoffe wie Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe, günstige Fettsäuremuster und einem meist niedrigen Energiegehalt erhöht ist.

Des Weiteren ist durch eine sinnvolle Kombination verschiedener Pflanzenproteine mit unterschiedlichen limitierenden Aminosäuren, z. B. Getreide mit Hülsenfrüchten, eine Verbesserung der Proteinqualität zu erreichen.

Die Verdaulichkeit kann für die einzelnen Aminosäuren eines Proteins unterschiedlich sein. Daher wurde der Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) entwickelt, der die Verdaulichkeit jeder einzelnen Aminosäure im Lebensmittel berücksichtigt. Dieser Wert ist vor allem für die Bewertung der Proteinqualität bei Lebensmitteln interessant, wenn sie den Hauptanteil der Ernährung ausmachen, zum Beispiel bei Säuglingsnahrung und enteralen Produkten. Der PDCAAS reicht für die routinemäßige Bewertung von Proteinen in der Mischkost aus.



#### 3.3.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Die Schülerinnen und Schüler haben sich bereits mit der chemischen Seite der Proteine auseinandergesetzt und wissen um die Bedeutung der unentbehrlichen Aminosäuren. Sie unterscheiden zwischen unentbehrlichen und entbehrlichen Aminosäuren. Das nun vorgelegte Arbeitsmaterial ist als intensivere Auseinandersetzung mit dem Thema Proteinqualität konzipiert. Die Schülerinnen und Schüler lernen die Methode der Stickstoffbilanzbestimmung kennen und erlangen damit einen Einblick in wissenschaftliche Arbeitsweisen. Anschließend wird in dem Wissen, dass die Stickstoffbilanzbestimmung hier als Grundlage dient, der Bedarf an Proteinen bei verschiedenen Bevölkerungsgruppen erarbeitet. Da es mehrere unterschiedliche Verfahren und Methoden gibt, um die Beurteilung der Qualität von Proteinen zu bestimmen, wird exemplarisch vorgegangen, damit die Lernenden wesentliche Grundlagen erhalten, ohne dabei zu sehr ins Detail zu gehen. Aus diesem Grund wurde in dieser Unterrichtseinheit der PDCAAS und nicht der DIAAS zur Bestimmung der Proteinqualität herangezogen. Somit kann ein Überblick gewonnen werden, der nach Bedarf in den Folgestunden als gemeinsame Grundlage dienen kann, um z. B. entsprechende Tageskostpläne zu erstellen.

Hinweis zur Tabelle "Aminosäuremuster" Spalte Cys/Met und Phe/Tyr:

Die unentbehrliche Aminosäure Methionin kann zum Aufbau von der bedingt entbehrlichen Aminosäure Cystein verwendet werden. Analog kann aus Phenylalanin Tyrosin gebildet werden. Ist nur ein Wert angegeben, so wird dieser Wert den unentbehrlichen Aminosäuren Methionin bzw. Phenylalanin zugeordnet.

#### 3.3.4 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Durch die methodische Aufbereitung der Unterrichtssequenz wird sichergestellt, dass die schwierigen und komplexen Zusammenhänge bei der Ermittlung der Proteinqualität sicher erlernt werden. Die Bearbeitung der Arbeitsblätter erfolgt daher mit Unterstützung der Lehrkraft. Die Aufgaben sollen in Einzelarbeit gelöst werden. Schwierige Arbeitsaufträge können auch durch Partnerarbeiten aufgefangen werden. Die Nutzung des Internets zur Recherche des Proteinbedarfs soll wiederum das digitale Verständnis für seriöse Internetquellen schulen und das Interesse der Schülerinnen und Schüler wecken. Durch weitere Vertiefungsaufgaben kann bei Bedarf eine Binnendifferenzierung erfolgen.



#### 3.3.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Hinweis: Die Lösung ist jeweils in kursiv im Arbeitsblatt enthalten.

#### 1. Stickstoffbilanz

Um Studien mit Proteinen am Menschen durchzuführen, bietet sich als zu untersuchendes Element der Stickstoff N an, da er vorwiegend in Proteinen vorkommt und nicht in den energieliefernden Nährstoffen Kohlenhydrate und Fette.

Stickstoffbilanz = zugeführte Menge an Stickstoff (N, hauptsächlich in Form von Protein) – ausgeschiedene Menge an Stickstoff (hauptsächlich in Form von Harnstoff und Ammoniak im Urin)

AUSGEGLICHENE N-BILANZ	POSITIVE N-BILANZ	NEGATIVE N-BILANZ		
N-Aufnahme = N-Ausscheidung	N-Aufnahme > N-Ausscheidung	N-Aufnahme < N-Ausscheidung		
gesunde Erwachsene	Kinder/Jugendliche	durch Krankheit		
Bei erhöhter Zufuhr wird entsprechend mehr N ausgeschieden.	zum Neuaufbau von kör- pereigenen Proteinen (z. B. im Muskel)			

#### • Bestimmung: Stickstoffbilanzstudien

Um die Stickstoffbilanz zu erfassen, ist eine mehrtägige Untersuchungsperiode notwendig. Während einer Gewöhnungsperiode von mindestens 8 Tagen wird den Testpersonen unter kontrollierten Bedingungen eine vordefinierte Nahrung gereicht. Während der anschließenden ca. 6 Tage wird der Urin und (wenn möglich) der Stuhl gesammelt. Der N-Gehalt der Nahrung als auch die N-Ausscheidung (z. B. Urin) werden durch Methoden wie z. B. Chemilumineszenz oder nach Kjeldahl bestimmt.

Um aussagekräftige Studienergebnisse zu erreichen, muss Folgendes beachtet werden:

Bedarfsgerechte Energiezufuhr und ähnliche körperliche Aktivität der Versuchsteilnehmer – Begründung:

z. B. zu geringe Energiezufuhr führt zu einer negativen N-Bilanz (Abbau von Körperprotein) oder Aufbau von Muskelprotein führt zur positiven N-Bilanz.



Durchschnittliche obligatorische Stickstoff- (Protein-) Verluste erwachsener Männer bei proteinfreier Ernährung:

	TÄGLICHE N-VERLUSTE	PROTEINÄQUIVALENT
	[mg/kg KG]	[g/kg KG]
Urin	37	0,23
Faeces	12	0,08
Haut	3	0,02
andere Verluste	2	0,01
Summe	54	0,34

Mithilfe eines Protein-Berechnungsfaktors von 6,25, der sich daraus ergibt, dass N zu ca. 16 % in Proteinen vorkommt, kann aus dem N-Verlust das entsprechende Proteinäquivalent berechnet werden.

Berechnen Sie den täglichen Proteinverlust in g/kg KG: 0,34 g

Berechnen Sie den täglichen Proteinverlust eines 70 kg schweren Mannes: 23.8 g (= Minimalbedarf an Protein)

Studien zur Stickstoffbestimmung werden bei der Ermittlung des Mindestbedarfs an definierten Proteinen und damit zur Bestimmung der Proteinqualität herangezogen.

#### 2. Tagesbedarf an Protein

#### Aufgabe:

Füllen Sie folgende Tabellen mithilfe der Referenzwerte der DGE (www.dge.de) aus:

Für Erwachsene ab 19 bis unter 65 Jahren wird der Proteinbedarf mittels Daten aus Stickstoffbilanzstudien bestimmt.

#### Referenzwert Protein:

ALTER	g/kg Körpergewich	t und Tag	g/Tag		
Erwachsene	m	w	m	W	
19-25 Jahre	0,8	0,8	57	48	

Gründe für die Abweichung vom Minimalbedarf von 0,34 g/kg Körpergewicht und Tag:

Sicherheitszuschläge, individuelle Schwankungen, Verluste bei der Proteinverwertung, Unterschiede in der Aminosäurezusammensetzung usw.



#### Proteinbedarf weiterer Personengruppen:

	KLEINKINDER	SENIOREN
Proteinbedarf in g/kg Körperge- wicht und Tag	1,0	1,0
Ursachen für veränderten Bedarf	Wachstums- und Erhal- tungsbedarf	körperliche Funktionalität bzw. der Funktionserhalt

#### Übergewicht:

Berechnen Sie den Proteinbedarf für einen erwachsenen Mann mit einem BMI von 30 kg/m². Gehen Sie von einem angestrebten BMI von 22 kg/m² und einer Körpergröße von 1,70 m aus.

$$K\ddot{o}rpergewicht\ in\ kg = BMI\ x\ (K\ddot{o}rpergr\ddot{o}\beta e\ in\ m)^2$$

$$22 kg/m^2 x 1,70 m^2 = 63,6 kg$$

$$63.6 \text{ kg x } 0.8 \text{ g/kg } KG = 50.8 \text{ g Protein pro Tag}$$

Ein physiologischer Bedarf besteht streng genommen nicht für Protein, sondern für die unentbehrlichen Aminosäuren (Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin sowie für Säuglinge Histidin) sowie für das Element Stickstoff. Daher hängt hiervon auch die Qualität eines Lebensmittelproteins ab.

#### 3. Qualität eines Proteins

Je ähnlicher die Zusammensetzung der unentbehrlichen Aminosäuren in einem Lebensmittelprotein der Zusammensetzung eines Körperproteins des Menschen entspricht, desto höher ist seine Qualität.

Die Proteinqualität hängt daher ab von:

- 1. der Menge an unentbehrlichen Aminosäuren im Lebensmittel. Das Verhältnis von unentbehrlichen zu entbehrlichen Aminosäuren ist ebenso von Bedeutung.
- 2. der Verdaulichkeit der Anteil der Aminosäuren aus dem Nahrungsprotein, der nach Verdauung und Absorption den Zellen zur Verfügung steht.

Bei einer höheren Qualität ist eine geringere Proteinaufnahme bedarfsdeckend.



Eine direkte Bewertung der Proteine in einem Lebensmittel erfolgt über die Anteile der unentbehrlichen Aminosäuren im Vergleich mit dem idealen Aminosäuremuster eines Referenzproteins (entwickelt von der WHO/FAO).

AMINOSÄUREMU	AMINOSÄUREMUSTER (ANGABEN IN MG AS/G PROTEIN)									
	CYS	MET	LYS	ILE	LEU	PHE	TYR	THR	TRY	VAL
Referenzprotein	2	.5	58	28	66	6	3	34	11	35
Ei	23	32	53	66	88	58	42	50	17	72
Sojabohne	19	13	64	53	77	55	37	40	14	53
Kuhmilch	9	27	83	64	104	52	53	51	14	68
Rindfleisch	3	33	79	42	77	7	70	42	10	45
Erbse	10	9	73	42	70	44	31	38	15	47
Weizen	۷	40	25	33	76		88	30	10	40
Wachtelbohne	2	21	70	42	80		90	44	9	50

Entscheidend für die Beurteilung der Qualität eines Proteins ist die Bestimmung der limitierenden Aminosäure, der Aminosäure, von der – bezogen auf den Bedarf – am wenigsten im Testprotein enthalten ist.

#### Aminosäuren-Score (Amino Acid Score, AAS)

Mit dem AAS-Score wird die limitierende Aminosäure eines zu beurteilenden Proteins bestimmt. Diese limitierende Aminosäure weist den niedrigsten AAS auf und begrenzt damit die körpereigene Proteinsynthese.

AAS = Konzentration einer AS im Testprotein (mg pro g Protein)/Konzentration der entsprechenden AS im Referenzprotein (mg pro g Protein)

AAS - Score										
	CYS	MET	LYS	ILE	LEU	PHE	TYR	THR	TRY	VAL
Referenzprotein	2	25	58	28	66	6	3	34	11	35
Wachtelbohne	2	21	70	42	80	9	0	44	9	50
AAS-Score		0,8	1,2	1,5	1,2	1	,4	1,3	0,8	1,4

Limitierende Aminosäure in der Wachtelbohne mit dem niedrigsten AAS: Tryptophan mit 0,8



#### PDCAAS (Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)

Der AAS berücksichtigt nicht die individuell unterschiedliche Verdaulichkeit der Nahrungsproteine. Die Verdaulichkeit der Aminosäuren kann durch küchentechnische Verarbeitungsschritte, welche die Proteinstruktur verändern, beeinflusst werden. Dazu gehören z. B. Keimen und Erhitzen. Lebensmittelbestandteile, welche die Absorption von freigesetzten Aminosäuren einschränken, können die Verdaulichkeit vermindern. Dazu gehören z. B. Tannine in Getreide und Hülsenfrüchten.

Daher wurde der PDCAAS-Wert entwickelt, der die Verdaulichkeit einbezieht. Dieser Wert wird über Tierversuche ermittelt.

Verdaulichkeit bei:

tierischen Proteinen: meist > 90 % (0,9), pflanzlichen Proteinen: meist < 90 % (0,9)

z. B. Wachtelbohne 73 % (0,73), Weizen 85 % (0,85)

 $PDCAAS = AAS \times Verdaulichkeit$ 

Beispiel:

PDCAAS (Wachtelbohne) =  $0.8 \times 0.73 = 0.58$ 

Der maximale PDCAAS-Wert beträgt 1,0. Alle darüber liegenden Werte werden abgerundet.

Die Berechnung des Proteinbedarfs richtet sich an den Bedarfswerten für Kinder im Alter von 2–5 Jahren aus, da diese aufgrund von Wachstumsvorgängen einen sehr hohen Aminosäurenverbrauch aufweisen.

	PDCAAS
Ei	1,00
Sojamehl	0,99
Kuhmilch	0,85
Rindfleisch	0,87
Erbse	0,61
Weizen	0,34
Wachtelbohne	0,58



Aufgabe 1: Bestimmen Sie den AAS – Score und den PDCAAS von Weizen.

AAS - SCORE										
	CYS	MET	LYS	ILE	LEU	PHE	TYR	THR	TRY	VAL
Referenzprotein	2	.5	58	28	66	63	3	34	11	35
Weizen	4	-0	25	33	76	88	3	30	10	40
AAS-Score	1	,6	0,4	1,2	1,2	1,2	4	0,9	0,9	1,1

Niedrigster AAS-Score: 0,4 (Lysin)

Verdaulichkeit: 0,85

PDCAAS (Weizen) =  $0.4 \times 0.85 = 0.34$ 

#### Aufgabe 2:

Vergleichen Sie die Weizen-Werte mit denen der Wachtelbohne, indem Sie tabellarisch festhalten, welche unentbehrlichen Aminosäuren einen hohen und welche einen niedrigen AAS-Score aufweisen. Überlegen Sie sich, wie eine Verbesserung der Proteinqualität zu erreichen ist.

	HOHER AAS	NIEDRIGER AAS
Wachtelbohne	ILE, PHE/TYR, LYS	TRY, CYS/MET
Weizen	CYS/MET, PHE/TYR	LYS, THR, TRY

→ AAS –Werte ergänzen sich; die limitierenden Aminosäuren in der Bohne sind in hohen Mengen in Weizen enthalten und umgekehrt: Nahrungsmittel Weizen mit Bohnen ergänzen.



#### Aufgabe 3:

Beurteilen Sie die Qualität von pflanzlichen und tierischen Proteinen mithilfe des PDCAAS. Empfohlen wird der Verzehr von 1/3 tierischem und 2/3 pflanzlichen Proteinquellen. Erklären Sie die Diskrepanz dieser Empfehlung zu den PDCAAS-Werten.

PDCAAS-Werte sind für tierische Proteine, bis auf Soja, besser.

Aber Vorteile pflanzlicher Kost sind: energieärmer, mehr (andere) Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe.

Nachteile tierischer Kost: oft energiereicher, hoher Anteil an tierischen Fetten mit vorwiegend gesättigten Fettsäuren.

Aufgabe 4: Der PDCAAS-Wert ist nicht unumstritten. Ermitteln Sie Nachteile dieses Wertes.

Maximaler PDCAAS-Wert beträgt 1,0. Alle darüber liegenden Werte werden abgerundet.

Die Berechnung des Proteinbedarfs richtet sich an den Bedarfswerten für Kinder im Alter von 2-5 Jahren, Vergleich mit Erwachsenen schwierig.

Verdaulichkeit wird über Tierversuche ermittelt  $\rightarrow$  Vergleich mit Menschen schwierig.



# 3.4 Lebensmittelunverträglichkeiten (BPE 22)

#### 3.4.1 VERLAUFSPLAN/STOFFVERTEILUNG

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
5	Einführung	Versuch: Gluten	ERWARTETES SCHOLERVERHALTEN
3	Emiumung	aus Weizenteig iso-	
	Ziel: Sandwichparty für Gäste mit	lieren	
	Weizenallergie und Zöliakie planen.	neren	
40	Erarbeitung	Internet; Biologie-	SuS erarbeiten/wiederholen die allergi-
10	allergische Reaktion	buch	sche Reaktion durch eigene Recherche.
	unergisene reaktion	buen	SuS füllen Spalte aus.
		AB: Spalte "Wei-	Weizenallergie ist aktuelles Thema, d.
		zenallergie"	h. großes Interesse der SuS.
45	Erarbeitung Zöliakie	AB: Entstehung	SuS bearbeiten Arbeitsaufträge.
	Lehrervortrag	von Zöliakie	Sub centerion in consuminage.
	Lemervortag	AB: Spalte "Zölia-	SuS füllen diese Spalte als LZK aus.
		kie"	Sub runen drese spune uis 2211 aus.
45	Rückbezug zum Einstieg/Ziel	Internet	SuS stellen Rezepte, weizenfreie und
	SuS erarbeiten und stellen ihr Kon-		glutenfreie Produkte vor.
	zept für eine Sandwichparty für		
	Gäste mit Weizenallergie und Zölia-		
	kie vor.		
	Oder Rollenspiel: Patient mit Zölia-		
	kie bestellt im Restaurant.		
	Vertiefung	- AB Übersichts-	SuS ordnen Begriffe in die vorgesehe-
		schema: Lebensmit-	nen Kästchen.
		telunverträglichkei-	SuS wiederholen dabei die
		ten als Puzzle	Begriffe Lactoseintoleranz und Fructo-
			semalabsorption und lernen eine syste-
			matische Einteilung der Lebensmit-
			telunverträglichkeiten kennen.
		- Der Markt bietet	SuS beurteilen anhand des Stoffwech-
		Prolylpeptidase für	sels das Angebot.
		Menschen mit Zöli-	
		akie an. Beurteilen	
		Sie die Einnahme	
		dieser Präparate.	



#### 3.4.2 FACHLICHE HINWEISE

Einführungsversuch:

Zur Veranschaulichung knetet man Weizenmehl mit Wasser zu einem festen Teig am Vorabend und wäscht den Teig in einem Stofftuch mit Wasser aus, bis eine kaugummiartige, elastische Masse übrig bleibt = Kleberprotein.

Kleberprotein oder Gluten hält aufgrund dieser Eigenschaft gebildetes Kohlenstoffdioxid im Hefeteig oder Backpulverteig, dadurch wird der Teig locker.

Hafer ist von Natur aus glutenfrei, aber auf den Feldern oft mit Weizen verunreinigt, deshalb muss für die glutenfreie Ernährung glutenfreier Hafer (Kennzeichnung) eingesetzt werden.

Glutenfrei bedeutet, dass höchstens 20 ppm Gluten in einem Lebensmittel enthalten sind.

Alternativer Einstieg:

"Free from ..." bei Lebensmitteln?

→ Lactosefrei: Wiederholung Klasse 12

#### 3.4.3 DIDAKTISCHE HINWEISE

Die Unverträglichkeit von Weizen und Gluten kommt in der Bevölkerung häufig vor. Glutenfrei zu essen ist en vogue. Deshalb werden hier exemplarisch die Weizenallergie und die Zöliakie für den Unterricht ausgewählt und die Unterschiede herausgearbeitet. Fächerübergreifender Unterricht mit Biologie kann hier exemplarisch stattfinden.

#### 3.4.4 METHODISCHE HINWEISE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DIGITALER MEDIEN

Die Verdauung der Proteine mit der Besonderheit des Glutens, die Zottenstruktur des Dünndarms und der Stoffwechsel der Aminosäuren können hier wiederholt werden.

Einsatz des Internets:

Die Schülerinnen und Schüler sollen sich mithilfe des Internets den Vorgang der allergischen Reaktion auf Lebensmittel selbstständig erarbeiten. Dafür eignen sich folgende Suchbegriffe: Bilder, allergische Reaktion Lebensmittel, Erst- und Zweitkontakt, Antikörper.

http://www.dzg-online.de für das Krankheitsbild und die Ernährung bei Zöliakie



#### 3.4.5 ARBEITSMATERIALIEN/AUFGABEN

Hinweis: Die Lösung ist jeweils in kursiv im Arbeitsblatt enthalten.

### Weizenallergie und Zöliakie

Aufgabe: Vervollständigen Sie die Spalte "Weizenallergie" mithilfe Ihrer Recherche.

	WEIZENALLERGIE	ZÖLIAKIE
Entstehung	Sensibilisierung bei Erstkontakt über Mund, Haut, Lunge; IgE-Antikörper entstehen	Glutenabbauprodukte (Gliadin- peptide) passieren die Darm- schleimhaut und werden von einer Gewebstransglutaminase verän- dert.
	Zweitkontakt →  Antikörper vorhanden;  Symptome wie z. B. Bauch- schmerzen, Schwindel, Veren- gung der Bronchien, Lidödeme  Es findet eine Überreaktion des Immunsystems gegen Fremdpro- teine statt.	Es findet eine Autoimmunreaktion gegen die im Körper veränderten (Gliadin)Peptide und die Gewebs- transglutaminase statt. IgA-Antikörper entstehen.
Häufigkeit in der Bevölkerung	0,5 – 4 %	1 %
Auslösende Proteine	verschiedene Weizenproteine	Gluten in Weizen, Dinkel und Grün- kern, Roggen und Gerste
Kennzeichnung in Lebensmitteln unter "Zutaten" in Fettdruck	"Weizen"	z. B. "Weizenmehl, Dinkel, Roggen, Gerste" oder "enthält Gluten"
Darmschädigung mit Folgen	keine	Entzündung und Zottenschwund, Resorptionsstörungen, s. AB



Therapie	weizenfreie Diät (kein Weizenbrot, keine	Glutenfreie Ernährung:
	Produkte mit Weizenmehl wie z. B. Teig-	Kein Weizen, Dinkel und Grünkern, Rog-
	waren, Kuchen, Pfannkuchen)	gen, keine Gerste
	Ersatz durch andere Getreide wie Roggen, Reis, Mais, Hafer, Hirse, Buchweizen, Amaranth, Quinoa; evtl. Dinkel	Ersatz durch Reis, Mais, glutenfreien Hafer, Hirse, Buchweizen, Amaranth, Quinoa
Kennzeichnung in Lebensmitteln	weizenfrei	



#### Entstehung von Zöliakie

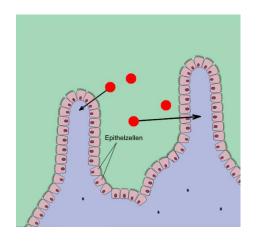
Proteine in Weizen, Dinkel, Gerste und Roggen, die beim Herstellen von Teigen elastische Strukturen bilden und dem Gebäck durch Einschluss von Kohlenstoffdioxid (Teige mit Hefe oder Backpulver) und Luft eine lockere Struktur verleihen, nennt man Kleberprotein oder Gluten.

Gluten ist reich an den Aminosäuren Glutamin und Prolin. Die Verdauungsenzyme können Peptidbindungen zwischen Glutamin und Prolin nicht spalten. Endprodukte der Glutenverdauung sind deshalb Oligo- und Polypeptide bis 33 Aminosäuren, die sogenannten Gliadinpeptide, die von Gesunden toleriert werden, d. h. sie wandern weiter in den Dickdarm, werden bakteriell abgebaut und ausgeschieden. Bei Menschen mit Zöliakie werden diese Gliadinpeptide jedoch absorbiert.

Aufgabe: Formulieren Sie die Strukturformel für ein Tetrapeptid, dass mindestens eine Peptidbindung zwischen Glutamin und Prolin besitzt.

$$H_2N$$
 $H_2N$ 
 $H_2N$ 





Die Abbildung zeigt Darmzotten der Dünndarmschleimhaut.

Bei Zöliakie wird intakte Dünndarmschleimhaut durchlässig. Darminfektionen können diesen Effekt verstärken.

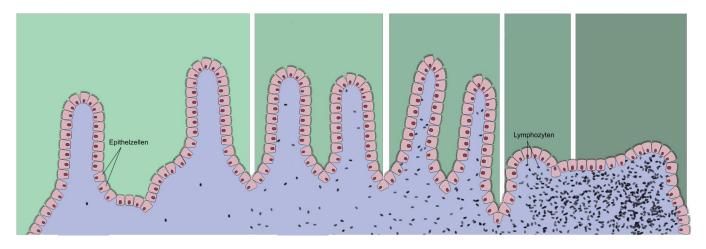
Gliadinpeptide gelangen durch das Darmepithel hindurch und werden von dem Enzym Gewebstransglutaminase verändert.

#### **AUTOIMMUNREAKTION**

mit IgA-Antikörperbildung gegen - Transglutaminase (Autoantigen, da körpereigenes Protein) - veränderte Gliadinpeptide

Entzündung der Dünndarmschleimhaut und Zottenschwund.

Die Anzahl der Lymphozyten steigt stark an.



#### Bilder:

"Coeliac Disease" von WikipedianProlific, bearbeitet. Lizenz: CC BY SA 3.0, Link: www.commons.wikimedia.org/wiki/File:Coeliac\_Disease.png#/media/File:Coeliac\_Disease.png; CC BY SA 3.0 [bearbeitet]



#### Aufgabe:

Leiten Sie aus der veränderten Schleimhaut begründet Symptome ab.

- z. B.:- Zottenabflachung → verminderte Resorption von energieliefernden Nährstoffen → Gewichtsabnahme
- entzündete Darmschleimhaut und verminderte Resorption von Nährstoffen  $\Rightarrow$  Blähungen und Durchfall
- verminderte Resorption von Eisen → Müdigkeit, Konzentrationsstörungen
- verminderte Resorption von Calcium  $\rightarrow$  Osteoporose



#### Überblick über die Lebensmittelunverträglichkeiten

#### Aufgabe:

Setzen Sie folgende Begriffe und Beschreibungen in die Tabelle ein:

- 1. Ebene: Immunsystem ist beteiligt Immunsystem ist nicht beteiligt (Lebensmittelintoleranz)
- 2. Ebene: Autoimmunerkrankung Lebensmittelallergie (IgE-vermittelt) Pseudoallergie (Symptome ähneln einer LM-Allergie) Transportstörung Enzymdefekt
- 3. Ebene: Fructosemalabsorption Zöliakie Laktoseintoleranz Proteine (oft assoziiert mit Pollenallergie) Unverträglichkeit auf Zusatzstoffe z. B. Glutamat oder Aromastoffe

#### Lebensmittelunverträglichkeiten Immunsystem ist beteiligt Immunsystem ist nicht beteiligt (Lebensmittelintoleranz) K Lebensmittel-Pseudoallergie Autoallergie Enzym-de-Transport-Immun-(Symptome äh-(IgE-vermitfekt störung neln einer LMerkrankung telt) Allergie) Proteine Unverträglich-Fructosekeit auf Zusatz-(oft assoziiert Zöliakie Laktosemal-absorpmit Pollenalstoffe intoleranz tion lergie) z. B. Glutamat oder Aromastoffe



# 4 Umsetzungsbeispiele für Vertiefung – individualisiertes Lernen – Projektunterricht (VIP)

### 4.1 VIP zur BPE 1, 22, 23: Nudging

#### Projekt:

Kann durch Nudging das Ernährungsverhalten in der Gemeinschaftsverpflegung verbessert werden?

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, IN- HALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
90	Einstieg mit Problemstellung	"Hilferuf" der Mensa (entspricht	Die SuS leiten die Zielformulierung für
	(Arbeitsauftrag), z. B. werden	dem Arbeitsauftrag)	das Projekt aus dem Arbeitsauftrag ab
	die SuS von einer Schul-		und sprechen im Plenum über ihre Er-
	mensa gebeten, mit ihrem er-		fahrungen im Hinblick auf die Gemein-
	nährungswissenschaftlichen		schaftsverpflegung.
	Wissen bei der Förderung ei-	Besichtigung einer Schulmensa	
	ner gesunden Ernährung in	oder sonstigen Einrichtung der	
	dieser Einrichtung zu helfen.	Gemeinschaftsverpflegung	Die SuS erkunden eine Mensa und do-
	Das Nudging-Konzept soll		kumentieren die Gegebenheiten in
	dabei im Vordergrund stehen.		Form von Fotos und/oder Skizzen (La-
			geplan).
45	Erarbeitung	Informationsmaterial zum	Die SuS erarbeiten sich mit Informati-
		Nudging-Konzept (Internet-	onsmaterial das Nudging-Konzept und
		recherche)	gehen dabei auf bewusste und unbe-
			wusste Entscheidungsfindungen bei der
			Essensauswahl ein. Dabei hinterfragen
			sie auch ihr eigenes Essverhalten. Die
			Kernelemente des Nudging-Konzeptes
		Dokumentation	dokumentieren sie individuell.
90	Durchführung	Placemat/Think-Pair-Share	Die SuS entwickeln Nudging-Maßnah-
			men für den besichtigten Betrieb mit-
			hilfe der Placemat- oder Think-Pair-
		Präsentation	Share-Methode und präsentieren ihre
			Ergebnisse. Anschließend wählen die
			SuS ausgehend von ihren Ideen be-
			gründet Maßnahmen aus, die im Fol-
			genden in Kleingruppen ausgearbeitet
		Dokumentation	und dokumentiert werden. Dabei bietet
		Bildbearbeitungssoftware	es sich an, in die Fotos/Skizzen die ent-
			sprechenden Ideen einzuarbeiten.



45	Auswertung und Reflexion	Eventuell erneute Besichtigung	Die SuS präsentieren ihre Ergebnisse
		und) Vorstellung der Ergebnisse	im Plenum oder dem Betreiber des be-
			sichtigten Betriebs.
		Diskussionsrunde	Sie setzen sich anschließend kritisch
			mit dem Konzept des Nudgings ausei-
			nander und sammeln Vor- und Nach-
			teile. Sie diskutieren, ob das Nudging
			zu einer Verbesserung des Ernährungs-
			verhaltens beitragen kann oder bei der
		Reflexion	derzeitigen Ernährungssituation in
			Deutschland andere Maßnahmen er-
			griffen werden müssten.

#### 4.2 VIP zur BPE 1: Sozialstudie Ernährung

# Fächerübergreifendes Projekt "Sozialstudie-Ernährung (Ernährungsstudie)" in EG11 erstellen

#### → Lehrerblatt

Ernährung und Chemie: In der Bildungsplaneinheit 1 (BPE 1) geht es u. a. um die Empfehlungen der DGE und die Verzehrgewohnheiten in Deutschland. Um den Schülerinnen und Schülern einen Einblick in die Gewinnung dieser Daten, z. B. für die Nationale Verzehrstudie, zu geben, kann eine eigene Ernährungsstudie dienen. Tipp: Diese BPE kann auch alternativ nach den Themen Iod, Calcium und Eisen anhand konkreten Schülerwissens durchgeführt werden.

Die Unterrichtsfächer Ernährung und Chemie (ECH), Geschichte mit Gemeinschaftskunde (GGK) und Informatik arbeiten an dem Thema fächerübergreifend:

BPE 1.1 "Die Schülerinnen und Schüler beschreiben und analysieren das Lebensmittelangebot und die Verzehrgewohnheiten in Deutschland"; BPE 1.2 "Die Schülerinnen und Schüler stellen Zusammenhänge zwischen Ernährung und Gesundheit dar."

Lehrkraft GGK führt den Begriff Sozialstudie, Forscherfrage und Hypothesenbildung ein (VIP im Fach GGK). Das Thema der Sozialstudie ist das Ernährungsverhalten von Menschen und wird auch Ernährungsstudie genannt. Eine enge Absprache mit ECH ist deshalb erforderlich.

Lehrkraft ECH macht inhaltliche Vorschläge zu möglichen Forscherfragen, Hypothesen und Fragebögen aus den oben genannten Bildungsplaneinheiten und betreut Schülerinnen und Schüler individuell bei deren Forscherfrage. Enge Vorgaben durch Lehrkraft, z. B. Ernährungsprotokolle auswerten.

In diesem Rahmen kann die vom Bildungsplan geforderte handlungsorientierte und fächerübergreifende Themenbearbeitung (pro Schuljahr 30 Stunden in Ernährung und Chemie) umgesetzt werden.



Lehrkraft Informatik führt ein Fragebogenprogramm ein und betreut die visuelle Darstellung der gewonnenen Daten.

November/Dezember	Ernährung (und Chemie):
	Projekt vorstellen, Projektmappe anlegen
	2–3 SuS pro Gruppe, auch doppelte Themenvergabe
bis März	GGK:
	Was ist eine Sozialstudie?
	Wann ist eine Studie repräsentativ?
	Studienablauf klären
	Offene und geschlossene Fragen abgrenzen.
März/April	Ernährung (und Chemie):
	Forscherfrage und Hypothesenbildung
	Fragebogen erstellen
	Von jeder Gruppenbesprechung ein Protokoll mit Anwesenheit und Ver-
	antwortlichen für Aufgaben erstellen.
April	Informatik:
	Fragebogen-Software
ab April, nach Fragebogen-Einfüh-	Ernährung (und Chemie):
rung	Daten erheben
Mai/Juni	Informatik:
	Diagramme aus den erhobenen Daten erstellen
Mai/Juni	Ernährung (und Chemie):
	Betreuung
bis Anfang Juli	Bewertung der SuS-Mappen = ½ ECH-KA



# Fächerübergreifendes Projekt "Sozialstudie-Ernährung (Ernährungsstudie)" in EG11 erstellen

#### → Schülerblatt

#### Beteiligte Fächer

- GGK → Einführung: Was ist eine Sozialstudie? Forscherfrage und Hypothesenbildung üben
- Ernährungslehre/ECH → Eine Fragestellung (Forscherfrage) formulieren, dazu drei Hypothesen entwickeln und einen Fragebogen erstellen.
  - Zielsetzung: Bestätigung bzw. Widerlegung der Hypothesen
- Informatik → Einführung eines Programmes zur digitalen Abfrage; visuelle Auswertung Themen z. B.: Lebensmittelauswahl, Energiebedarf/-zufuhr, Iod, Calcium, Eisen

November/Dezember	Ernährung (und Chemie):
	Projektmappe pro Gruppe (3 SuS) anlegen
bis März	GGK:
	Was ist eine Sozialstudie?
	Wann ist eine Studie repräsentativ?
	Studienablauf klären, Hypothesen formulieren
	Offene und geschlossene Fragen abgrenzen
März/April	Ernährung (und Chemie):
	Thema, Forscherfrage = Fragestellung formulieren
	Welche 3 Hypothesen sollen dazu geprüft werden?
	1 Gruppenmitglied = 1 Hypothese→ Fragebogen erstellen
	Stichprobenumfang: 40–50 Teilnehmer
	Von jeder Gruppenbesprechung ein Protokoll mit Anwesenheit und Ver-
	antwortlichen für Aufgaben erstellen.
April	Informatik:
	Fragebogen-Software
ab April, nach Fragebogen-Software	Ernährung (und Chemie):
Einführung	Daten erheben
Mai/Juni	Informatik:
	Diagramme aus den erhobenen Daten erstellen
Mai/Juni	Ernährung (und Chemie):
	Betreuung
bis Anfang Juli	Bewertung der SuS-Mappen = ½ ECH-KA:
	Titelblatt mit Thema, Forscherfrage und 3 Hypothesen,
	Namen der 3 Gruppenmitglieder



	Inhaltsverzeichnis	
	Protokolle	
	Fragebögen pro Gruppenmitglied	
	Darstellung und Auswertung der Ergebnisse	
	Diskussion und Schlussfolgerung	
	Unterrichtsmaterialien zur Sozialstudie, Infomaterialien, Quellen	
Mai/Juni Informatik:		
	Diagramme aus den erhobenen Daten erstellen	
Mai/Juni	Ernährung (und Chemie):	
	Betreuung	
bis Anfang Juli	Bewertung der SuS-Mappen = ½ ECH-KA	

# 4.3 VIP zur BPE 1, 12, 15: Getränke

Projekt: Beurteilung der Eignung von Getränken

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHAL- TEN
10	Einführung	Werbeslogan, -film	SuS beurteilen die Werbung kritisch.
	Wir wollen das Getränkeangebot	eines z. B. Ener-	
	untersuchen und beurteilen.	gydrinks oder Li-	
		monade	
35	Erarbeitung	Brainstorming der	Mögliche Beurteilungskriterien für
	Welche Getränke bevorzugen Sie?	SuS	Getränke: Geschmack, Nährstoffgeh-
	Warum trinken Sie diese Ge-	Karten clustern	alt, Zuckergehalt, Energiegehalt,
	tränke?		Alkohol, ergogene Substanzen, Preis,
	Was beeinflusst Menschen, dieses		Werbung usw.
	Getränk auszuwählen?		
	Unter welchen Aspekten beurteilen		
	Sie Getränke?		
	<b>P.</b> 1.5		
45	Erarbeitung	Außerschulischer	SuS erkunden das Angebot an Ge-
	Getränkeangebot sondieren	Lernort Supermarkt	tränken, machen sich Notizen.
15	Erarbeitung	Diskussion im Ple-	Gruppen von Getränkesorten bilden,
	Zusammenfassung der Ergebnisse	num	z. B.:
	des Supermarktbesuches:		- Wässer
	Welche Getränkesorten gibt es?		- Säfte, Nektar, Limonaden
	In welche Gruppen lassen sich		- Isotonische Getränke
	diese einteilen?		- Energy Drinks



	Wie beurteilen Sie allgemein den gesundheitlichen Nutzen dieser Getränke?		- alkoholische Getränke - usw.
30	Erarbeitung Einteilung der SuS in Gruppen. Jede Gruppe bearbeitet eine Getränkesorte: Beurteilen Sie den gesundheitlichen Nutzen ihrer Getränkesorte. Erwei-tern Sie hierzu die Beurteilungskrite-rien, die schon im Plenum ange-sprochen wurden. Überlegen Sie sich, wie Sie ihre Ergebnisse den anderen SuS vorstellen wollen. Möglichkeiten: Plakat, Film, Flyer, Verkostung usw. Beachten Sie dabei, dass die Materialien für einen Infostand in der Schule genutzt werden können.	anteilige Gruppen- arbeit, eine Geträn- kesorte pro Gruppe	SuS bilden Gruppen und einigen sich auf eine Getränkegruppe. SuS überlegen sich passende Beurteilungskriterien für Ihre Getränkegruppe.
180	Durchführung	Eigenständige Arbeit der SuS	SuS erarbeiten selbständig das Projekt.
90	Äuswertung und Reflexion  Überlegung, wie könnte ein Infostand in der Schule erstellt werden, auf dem die SuS über gesunde Getränke informiert werden. Dabei werden die erstellten Materialien (Film, Flyer usw.) genutzt.	Vorstellung der Ergebnisse im Plenum	Erfassen und Beurteilung der Ergebnisse.  Planungen zu einem Infostand über Getränke.
90	Konsolidierung und Vertiefung Planung eines Infostandes für Getränke.		SuS planen eigenständig, wie Mitschüler über Getränke informiert werden können.
90	Durchführung und Reflexion		Z. B. Umfrage in der Schule, ob sich das Getränkeverhalten geändert hat.



## 4.4 VIP zur BPE 22.3: Behandlung von Übergewicht

Behandlung von Übergewicht: energiereduzierte Mischkost, modifiziertes Fasten, totales Fasten anhand von entsprechenden Beiträgen in Zeitschriften

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHAL- TEN
5	Einführung		
	Sie sind als VolontärIn in der Re-	Beispiele für solche	
	daktion einer Zeitschrift und es soll	Zeitschriften zeigen	
	ein Sonderteil "gesund abnehmen"		
	veröffentlicht werden.		
10	Erarbeitung Kriterien allgemein:	Think-Pair-Share	Sammeln von Kriterien wie z. B.
	Erstellen Sie (zu zweit) eine Liste	Heftaufschrieb	Energiegehalt muss geringer als der
	mit Kriterien für eine sinnvolle Re-		GEB sein,
	duktionsdiät.		sollte abwechslungsreich sein,
	Bereiten Sie sich auch auf eine		sollte Spaß machen,
	Vorstellung ihrer Ergebnisse im		muss alle Nährstoffe enthalten,
	Plenum vor.		sollte nicht teuer sein etc.
20	Erarbeitung exemplarische Über-		
	prüfung:	echte Diätbeispiele	Mündliche und schriftliche Bearbei-
	Sie prüfen nun beispielhaft ein ech-	aus Zeitschriften, z.	tung der Checkliste
	tes Diätbeispiel aus einer Zeit-	B. "Saftfasten",	
	schrift anhand nachfolgen-der	"Mittelmeerdiät",	
	Checkliste.	"Low Carb",	
		"Intervall-Fasten"	
	Checkliste!		
	Beurteilen Sie die vorliegende	anteilige Gruppen-	
	Diät:	arbeit, eine Diät	
	- erstellen Sie eine Tabelle mit den	pro Gruppe	
	angesprochenen Vor-und Nachtei-		
	len		
	- beschreiben Sie die Stoffwechsel-		
	wege, die bei dieser Diät verstärkt		
	aktiviert werden.		
	- erläutern Sie gesundheitliche Ge-		
	fahren/Stolpersteine.		
	- erstellen Sie ein Fazit.		



	- bereiten Sie sich auch auf die Vorstellung ihrer Ergebnisse im Plenum vor.		
40	Ergebnissicherung Vorstellung der Ergebnisse und Heftaufschrieb	Vorstellung der Ergebnisse im Plenum	Vorstellung der Ergebnisse im Ple- num, dabei Wiederholung und Konsolidie- rung der Kenntnisse über die Verzah- nungen im Stoffwechsel.
15	Konsolidierung/Vertiefung Beurteilen Sie Diät-Slogans verschiedener Zeitschriften oder Analysieren Sie Fragen aus dem Selbsttest "Welcher Diät-Typ sind Sie" und vermuten Sie begründet, um welchen Diät-Typ es sich handeln wird.	Beispiele aus Zeit- schriften Fragen aus Selbst- tests	Beurteilung z. B. von "Ohne Magenknurren 4 Kilo verlieren" oder "Leichter ohne Kohlenhydrate" oder "Genießen wie die Griechen" "Wie starten Sie den Tag?" -"Eine Tasse Kaffee reicht mir" - "Mit einem schönen Müsli" - "Mit etwas Herzhaftem"

### 4.5 VIP: Chemie der Farben

DAUER	UNTERRICHTSPHASE, INHALT	MATERIAL, MEDIEN	ANGESTREBTES ERGEBNIS, ERWARTETES SCHÜLERVERHALTEN
5	Einführung	Redewendungen zu Farben z. B. "Blau machen"	
40	Lehrervortrag zur Geschichte der Farben	Powerpoint: Geschichte der Pigmentfarben	SuS stellen den Zusammenhang zwischen Kunstgeschichte und Geschichte der Chemie dar.
45	Unterrichtsgang ins Freie	Pflanzen; Handys	Die Schüler erstellen ein Pflanzenfoto als Vorlage für die Cyanotypie und ein Profilbild als Vorlage für einen Schat- tenriss (Selbstporträt).
90	Arbeitsauftrag	Internet Drucker Overhead-Folien	SuS bearbeiten ihre Fotos für die Cyanotypie digital. Internet-Recherche zu Fragen wie Maluntergrund, Leim, Firnis, Malen im Freien, Auftragemöglichkeiten von Farben, Acrylfarben



90	Unterrichtsgang ins Kunstmuseum		SuS präsentieren ihre Ergebnisse aus der Internetrecherche vor ausgewählten Kunstwerken.
90	Arbeitsauftrag: Herstellung von Farben	Chemikalien, Laborgeräte, Zeichenblockpapier	SuS stellen Berliner Blau: Eisenhexacyanoferrat her. Kreative Anwendung z. B. Schattenriss
90	Arbeitsauftrag: Cyanotypie	Chemikalien, Laborgeräte Zeichenblockpapier	SuS führen die Cyanotypie mit den bearbeiteten Pflanzenfotos durch. SuS wiederholen die Redoxreaktion am Beispiel der Cyanotypie.
20	Lehrer-Versuch mit Schülerbeteiligung: Färben mit Indigo	Chemikalien, Laborgeräte, weißer Stoff	Ein Stoffstück wird mit Indigo gefärbt. SuS wiederholen das Thema Löslichkeit.
25	Arbeitsauftrag Farbstoff Indigo	Buchtext zu Indigo	SuS wiederholen das Thema Redoxreaktion.
45	Arbeitsauftrag Textilchemikalien	Text zur Nachhal- tigkeit von Klei- dung	SuS diskutieren ihr Konsumverhalten.

#### 4.5.1 FACHLICHE HINWEISE

Bei Berliner Blau handelt es sich um die Komplexverbindung Eisenhexacyanoferrat:  $Fe^{III}[Fe^{II}Fe^{III}(CN)_6]_3$ .

Bei der Cyanotypie werden dazu Ammoniumeisen(III)-citrat und rotes Blutlaugensalz:  $K_3[Fe(CN)_6]$  in Wasser gelöst. Die Lösung wird mit einem Pinsel auf dickes Zeichen- oder Aquarellpapier aufgebracht. Darauf wird die Overhead-Folie mit dem Negativ des Pflanzenbildes gelegt. Unter Einwirkung von Sonnenlicht wird Fe<sup>3+</sup> durch das Citratanion zu Fe<sup>2+</sup> reduziert, das in einer Fällungsreaktion als Berliner Blau dort ausfällt, wo Licht hinkommt.

Bei der Herstellung des Farbpigments Berliner Blau werden Lösungen aus gelbem Blutlaugensalz:  $K_4[Fe(CN)_6]$  und  $FeCl_3$  gemischt. Dabei fällt wiederum Berliner Blau aus.

Weder das gelbe Blutlaugensalz Kaliumhexacyanidoferrat (II) noch das rote Blutlaugensalz Kaliumhexacyanidoferrat (III) und sind laut DEGINTU Gefahrstoffe. Das Reaktionsprodukt Berliner Blau ist als Ammoniumsalz im Farbenhandel erhältlich.

Zur Färbung eines Baumwollstoffes mit Indigo wird der schlecht wasserlösliche blaue Farbstoff Indigo zuerst mit Natriumdithionit ( $Na_2S_2O_4$ ) reduziert und mit 10% iger Natronlauge in das wasserslösliche



Anion von Indigoweiß überführt. Die Oxidation von Indigoweiß zu blauem Indigo erfolgt an der Luft. Da bei der Reduktion auch SO<sub>2</sub> frei wird und die stark alkalische Lösung außerdem erhitzt werden muss, ist dieser Versuch im Abzug und nur als Lehrerversuch evtl. unter Beteiligung einzelner Schülerinnen und Schüler möglich.

# 4.6 VIP: Gesunde Ernährung und Naturphänomene in Kindergarten, Grundschule

Zielsetzung: Schülerinnen und Schüler gehen als Expertinnen und Experten in Kindergärten oder Grundschulen und arbeiten dort mit den Kindern zu o. g. Themen.

#### Rahmenbedingungen:

- Zielgruppe: Kindergarten- und Grundschulkinder
- Projektbeteiligte: Schülerinnen und Schüler der JG 2, Profilfachlehrkraft, Kindergärten bzw.
   Grundschulen
- Zeitraum für Vorbereitung: im Profilfachunterricht zwischen schriftlichem und mündlichem Abitur
- Durchführung in Kindergärten/Grundschulen: Termine nach Absprache, Dauer 60-90 Minuten

DAUER	LEHRKRAFT	SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER
2 h	Vorstellung des Projektes: Rahmenbedingungen und Zielsetzung s. o.	Gruppenbildung, 2-3 SuS pro Team, Vorüberlegungen zur Zielgruppe, Themenwahl
6-8 h	stellt Materialien zur Verfügung, unterstützt und berät	Vorbereitung der "Mitmach-Stunde" a) Gesunde Ernährung
	die Gruppen.	Welche Inhalte sind uns wichtig?
		- Wie können wir diese Inhalte für die Zielgruppe verständlich und interessant darstellen?
		- Wie gehen wir methodisch vor?
		- Kreative Ideen sammeln und prüfen
		<ul><li>Welches Material brauchen wir für die Durchführung?</li><li>Erstellung des Materials, Plakate LM-Einkäufe, etc.</li></ul>
alternativ:	stellt Materialien zur Verfü-	Vorbereitung der "Mitmach-Stunde"
6-8 h	gung, unterstützt und berät	b) Naturphänomene
	die Gruppen,	- Welche Inhalte sind uns wichtig?
	begleitet das Team bei der	- Wie können wir diese Inhalte für die Zielgruppe verständlich
	Auswahl und beim Auspro-	und interessant darstellen?
	bieren der Versuche,	- Welche Versuche sind geeignet zur Vorführung oder zur Durch-
	achtet auf Einhaltung der	führung von den Kindern selbst?
	Gefahrstoffverordnung	- Beschaffung und Vorbereitung der Versuchsmaterialien



		- Ausprobieren der Versuche, Optimierung der Versuchsbedin-
		gungen
läuft zeit-	Lehrkraft unterstützt ggf.	Während der Vorbereitungsphase:
lich paral-	Legt Plan für die vereinbar-	SuS nehmen selbstständig Kontakt zu Einrichtungen auf, stellen
lel	ten Außentermine an, infor-	ihr Projekt kurz vor und fragen an, ob sie dieses durchführen
	miert KuK und SL, da die	können.
	Termine in den Einrichtun-	Nach Zusagen: weitere Absprachen mit der Einrichtung, ggf.
	gen während der Unter-	Veränderungen der Planung, Terminvereinbarung für die Durch-
	richtszeit stattfinden.	führung (Datum und Dauer)
3-4 h	Präsentation wird benotet.	Jede Gruppe stellt im Plenum den geplanten Ablauf in den jewei-
		ligen Einrichtungen vor.
		Besprechung im Plenum, konstruktive Kritik an den jeweiligen
		Konzepten (Positive Rückmeldungen und Verbesserungsvor-
		schläge)
		Ggf. Optimierung des geplanten Ablaufs
		Durchführung in den Grundschulen und Kindergärten in Eigen-
		verantwortung der jeweiligen Gruppen
2 h		Plenum: Berichte und Erfahrungsaustausch über die einzelnen
		Aktionen

Materialien	Umsetzungsbeispiele
Gesunde Ernährung:	Zubereitung eines gesunden Pausenfrühstücks
DGE-Ernährungspyramide	mit den Kindern
Wandbehang Ernährungspyramide für Kinder mit Lebens-	Geschmackstests, Blindverkostung
mittelkarten zum Aufhängen	Stationenspiel im Freien
AID Broschüren:	Sortieren von Lebensmittelkarten
"Das beste Essen für Kinder"	und Wandbehang Pyramide bestücken
"Der Pausenbrot-Check für Kita und Schule - damit	Getränke verkosten, Zuckergehalt mit Würfel-
alle Kinder clever frühstücken"	zucker darstellen
• "Schmecken mit allen Sinnen – Der Feinschmecker-	
kurs für 4- bis 7-Jährige"	
• "So macht Essen Spaß – Entdeckerheft für Grund-	
schulkinder"	

#### Naturphänomene:

auf diesen Seiten findet man eine große Auswahl an Versuchen zum Vorführen oder zum Selbermachen für die Kinder



www.kleine-forscher.com/experimente/	
www.kids-and-science.de/experimente-fuer-kinder	
www.versuch-macht-klug.com	回於 □ (2)(4)(4) (3)(4)(4) (4)(4)(4) (4)(4)(4)(4) (4)(4)(4)(4) (4)(4)(4)(4) (4)(4)(4)(4) (4)(4)(4)(4) (4)(4)(4) (4)(4)(4) (4)(4)(4) (4)(4)(4) (4)
www.haus-der-kleinen-forscher.de/de/praxisanregungen/experimente-fuer-kinder	
www.geo.de/geolino/basteln/15225-thma-experimente	
www.eis-videos.de/experimente/luft/backpulver-luft-ballon/	
www.experimentis.de/physik/experimente-versu- che/gas-wasser-luft/	