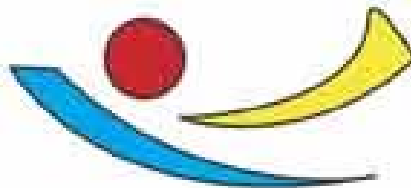


STAATLICHES SEMINAR FÜR DIDAKTIK UND LEHRERBILDUNG (RS) REUTLINGEN

NWA-TAG 2007

STOFFWECHSEL- UND ENERGIEUMWANDLUNGSPROZESSE

WAHRNEHMEN – BEOBACHTEN – BESCHREIBEN – ERKLÄREN



Die Behandlung des Themas „Nahrung, Nährstoffe & Co.“ am Beispiel der Fette

Erstellt von

Bianca Moll, Nadine Wieland und Nicole Ruge

INHALT

1 Fachliche Grundlagen.....	3
1.1 Fette – Aufbau, Funktion, Tagesbedarf	3
1.2 Vorkommen der Fette in Nahrungsmitteln	5
1.3 Fettverdauung	6
1.4 Exkurs: Fettdiäten	8
 2 Bildungsplanbezug	 9
 3 Allgemeine didaktisch-methodische Überlegungen	 10
 4 Verschiedene Fettnachweise	 12
4.1 Methodische Überlegungen	12
4.2 Versuchsprotokolle und deren Lösungen	13
4.3 Mögliche Modelle für Fette	19
 5 Versuche zur Fettverdauung	 20
5.1 Methodische Überlegungen	20
5.2 Versuchsprotokolle und deren Lösungen	22
5.2.1 Die Wirkung des Gallensaftes auf Fett	22
5.2.2 Die Wirkung des Bauchspeicheldrüsensaftes auf Fett	25
5.3 Abschließende Hinweise zu den Verdauungsversuchen	28
 6 Literatur	 30

1 FACHLICHE GRUNDLAGEN

1.1 Fette – Aufbau, Funktion, Tagesbedarf¹

Aufbau:

Fette gehören neben den Phospholipiden und Steroiden zu den Lipiden und sind Triglyceride. Das heißt, sie setzen sich über Esterbindungen aus dem dreiwertigen Alkohol Glycerin und drei Fettsäuren zusammen:

- Glycerin ist ein Alkohol mit drei Kohlenstoffen. Diese Kohlenstoffe tragen jeweils eine Hydroxylgruppe(-OH) und sind somit wasserlöslich.
- Eine Fettsäure besitzt ein langes Kohlenstoffgerüst aus 16 oder 18 Kohlenstoffatomen und hat am Ende einen „Kopf“, der aus einer Carboxylgruppe (-COOH, Säuregruppe) besteht (Diese Säuregruppe verleiht dem Molekül den Namen *Fettsäure*.) An die Carboxylgruppen ist ein langer „Kohlenstoffschwanz“ gehängt.
Die unpolaren C-H-Bindungen im Kohlenstoffschwanz sind der Grund dafür, dass Fette hydrophob (wasserabweisend) sind – Fett und Wasser trennen sich, da Wassermoleküle untereinander Wasserstoffbrücken ausbilden und somit die Fette ausschließen.
- Esterbindungen sind jeweils Bindungen zwischen einer Hydroxyl- und einer Carboxylgruppe.

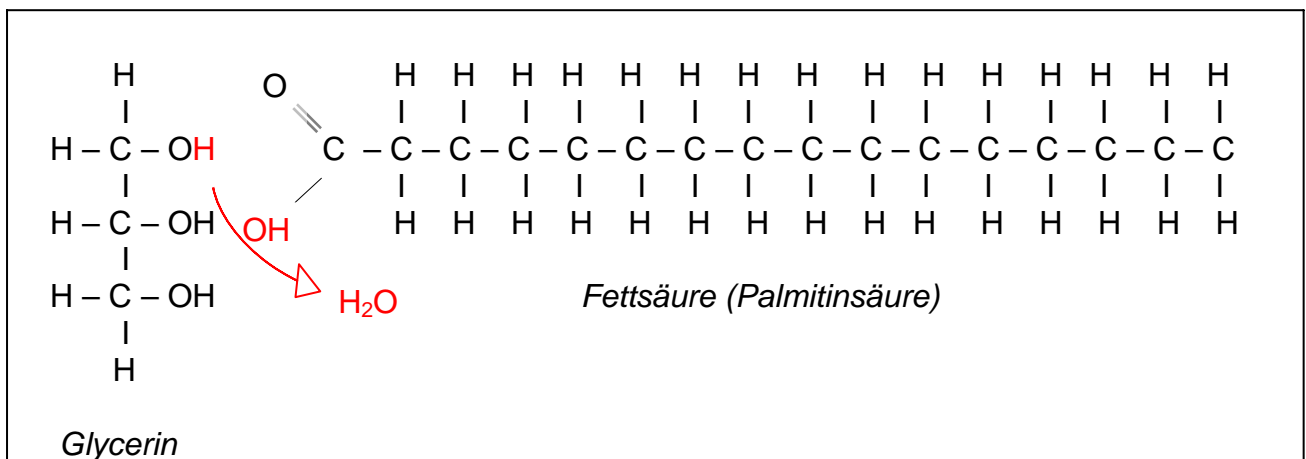


Abbildung 1: Struktur eines Fettes A – Für jede an das Glycerin geknüpfte Fettsäure wird ein Wassermolekül entfernt

¹ Vgl. Mörike / Betz / Mergenthaler (2001): Biologie des Menschen. S. 387 ff
Vgl. Campbell (2000): Biologie S. 76 ff

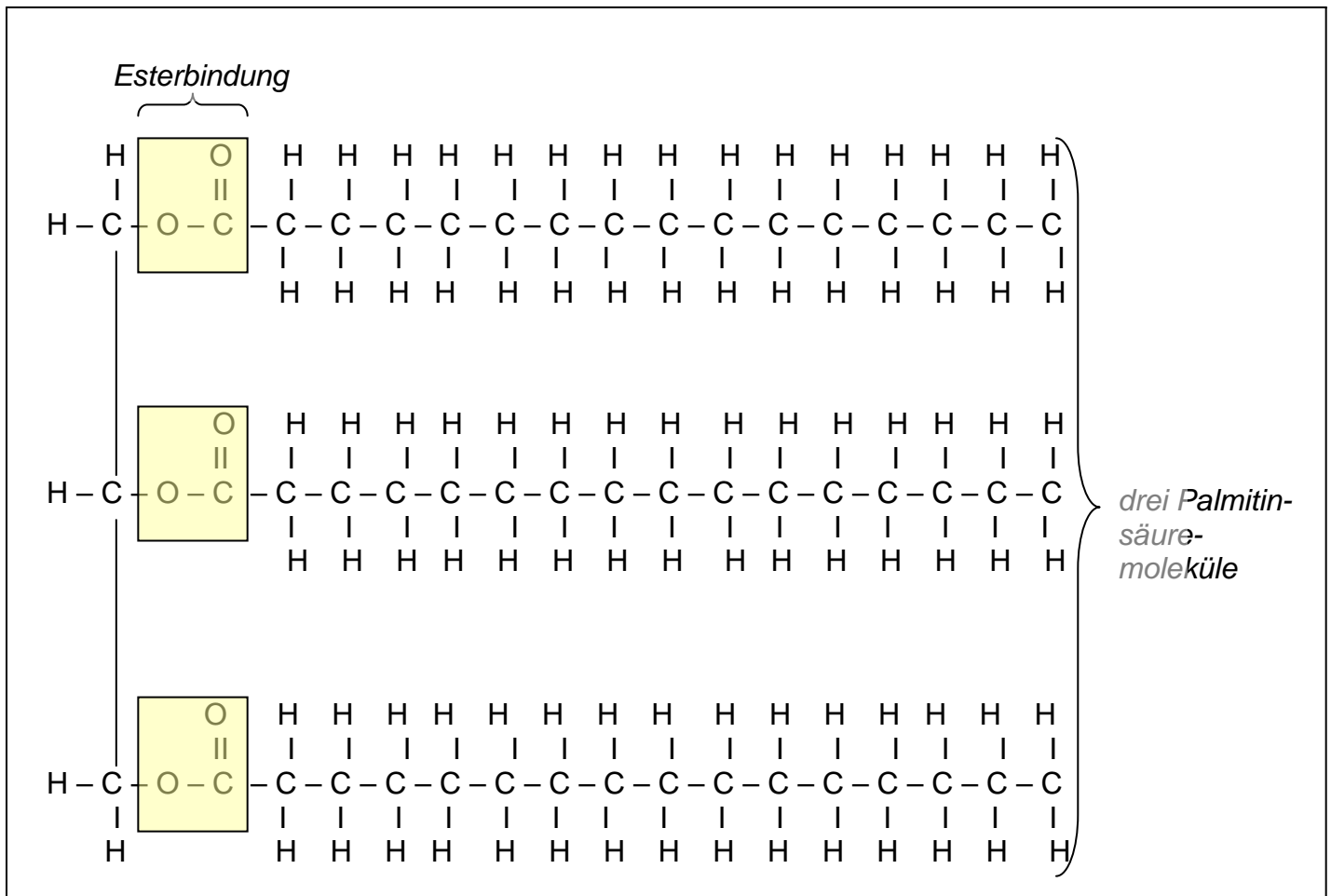


Abbildung 2: Struktur eines Fettes B – Das Ergebnis ist ein Fett

Man unterscheidet zwischen gesättigten und ungesättigten Fetten bzw. Fettsäuren:

- Gesättigte Fettsäuren besitzen keine Doppelbindungen zwischen den Kohlenstoffatomen und deren Höchstzahl von Wasserstoffatomen ist somit an das Kohlenstoffgerüst gebunden.
 Sie sind schwer verdaulich, nicht essentiell (d.h. der Körper kann sie selbst aus Kohlenhydraten herstellen) und sie kommen hauptsächlich in tierischer Nahrung vor.
- Ungesättigte Fettsäuren besitzen dagegen eine oder mehrere Doppelbindungen, die durch das Entfernen von Wasserstoffatomen von dem Kohlenstoffgerüst gebildet werden. Bei jeder auftretenden Doppelbindung haben sie einen Knick in ihrer Gestalt.
 Man unterscheidet hier nochmals zwischen einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren.
 - Einfach ungesättigte Fettsäuren besitzen nur eine Doppelbindung, sind gut verdaulich, nicht essentiell (s.o.) und sie kommen in tierischer und pflanzlicher Nahrung vor.
 - Mehrfach ungesättigte Fettsäuren besitzen dagegen mehrere Doppelbindungen, sind ebenfalls gut verdaulich, essentiell (der Körper kann sie nicht selbst herstellen) und sie kommen ausschließlich in pflanzlicher Nahrung und in Fettfischen (Hering, Lachs) vor.

Funktion:

Fette sind wie Kohlenhydrate und Eiweiße Nährstoffe, welche dem Körper Energie zum Wachstum bzw. Aufbau des Körpers liefern und den Stoffwechsel aufrecht erhalten. Jedoch sind Fette wegen ihres hohen Brennwertes (= Energie, die durch Stoffwechselprozesse maximal gewonnen werden kann; liegt bei Fetten bei 39kJ/g bzw. 9,3 kcal/g und bei Kohlenhydraten und Eiweißen bei ca. 17kJ bzw. 4,1 kcal/g) ein idealer Depotstoff, der nahezu unbegrenzt gespeichert werden kann, während Kohlenhydrate kaum und Eiweiße überhaupt nicht speicherbar sind. Im Detail erfüllen sie als Betriebs- und Reservestoff folgende Funktionen:

- Energielieferant
- Energiespeicher (Depotfett, das sich vor allem an Bauch, Hüfte und Gesäß anlagert)
- Isolation gegen Kälte
- Polsterung lebenswichtiger Organe
- Aufnahme der fettlöslichen Vitaminen A, D, E und K im Körper
- Träger von Geschmacks- und Aromastoffen
- Aufbau der Zellmembranen
- Herstellung von Gewebshormonen

Tagesbedarf:

Für Fette liegt kein einheitlicher Bedarf vor, da der Körper sie auch selbst herstellen und er auch von Vorräten leben kann.

Jedoch wäre eine völlig fettfreie Kost ebenso verfehlt wie eine zu fettreiche Kost, bei der zuviel Depotfett im Körper angesetzt wird. Denn einerseits kann der Mensch nur in den Fetten die fettlöslichen Vitaminen zu sich nehmen und andererseits benötigt der Körper für die Herstellung bestimmter Gewebshormone essentielle Fettsäuren.

Somit rechnet man mit einem täglichen Fettminimum von 50-60g.

1.2 Vorkommen der Fette in Nahrungsmitteln

Fette sind vor allem in Fleisch, Wurst, Milch und Milchprodukten, in Koch- und Streichfetten sowie in Süßigkeiten vertreten.

Genauere Angaben sind aus der folgende Tabelle zu entnehmen:

100 g Nahrungsmittel enthalten	Kohlenhydrate g	Fette g	Eiweiß g	Wasser g	kcal
<u>Brot und Mehlf Früchte</u>					
Helles Roggenbrot	54	0,8	0,6	37	220
Vollkornbrot	46	1,1	7,8	42	200
Weizenbrötchen	57	0,6	8,1	33	250
Weizenmehl	71	1,5	11,8	14,5	305

Reis	77	0,5	8	13	330
Früchte					
Äpfel	14	-	0,4	84	40
Bananen	23	-	1	74	93
Erdbeeren	9	-	-	85	21
Haselnüsse	7	63	17	7	670
Gemüse					
Blumenkohl	4	Spur	2,5	91	15
Bohnenkerne	47	2	26	14	260
Champignons	3	0,2	5	90	28
Gurken	1	Spur	0,6	97	-
Kartoffeln	21	0,1	2,1	75	74
Spinat	2	Spur	2	93	15
Fleisch					
Gänsefleisch	Spur	44	14	41	445
Hühnerfleisch	Spur	12	20	68	190
Rindfleisch	Spur	15	21	63	160
Schweinefleisch	Spur	28	18	54	325
Speck	Spur	85	4	8	781
Eier, Milchprodukte und Fette					
Ei	0,6	11	14	74	150
Frauenmilch	6-7	2-4	1-1	87-90	45-70
Kuhmilch	4,7	3,4	3,4	88	63
Buttermilch	4,7	0,5	3,4	91	33
Butter	0,5	84,5	0,8	14	787
Margarine	0,4	80	0,5	10-20	750
Fett-Käse	2	30	26	37	375
Quark	4	15	15	65	220
Sahne	4	20	2,4	73	200
Schweineschmalz	Spur	99,5	Spur	0,3	884
Sonstiges					
Honig	80	-	0,3	19	300
Schokolade	33	25	22	5	400

Tabelle 1: Gehalt wichtiger Nahrungsmittel an Nährstoffen und Wasser²

1.3 Fettverdauung³

Im Gegensatz zu den Kohlenhydraten und Eiweißen erreicht nahezu das gesamte Fett einer Mahlzeit den Dünndarm völlig unverdaut (siehe Abbildung 3).

Die Hydrolyse der Nahrungsfette ist besonders schwierig, weil sie hydrophob (wasserabweisend) sind und deshalb zur Bildung von größeren Tropfen oder zusammenhängenden „Filmen“ neigen.

Durch die Einwirkung der Gallensäure im Zwölffingerdarm werden die Fette jedoch emulgiert (Gallensäuren ummanteln winzige Fett-Tröpfchen und hindern sie somit am Zusammenfließen), so dass die fettspaltenden Enzyme (Lipasen) im Pankreasaft eine große Angriffsfläche haben.

² Vgl. Mörike / Betz / Mergenthaler (2001): Biologie des Menschen. S. 391

³ Vgl. Campbell (2000): Biologie S. 883 ff

Vgl. Eschenhagen / Kattmann / Rodi (1995): Handbuch des Biologieunterrichts – Band 3. S. 69 f

Vgl. <http://www.nwo.at/downloads/nwonewsletter.pdf> (Stand: Mai 2007)

Diese Enzyme spalten die Triglyceride bis zu Diglyceriden, Monoglyceriden sowie Glycerin und Fettsäuren auf.

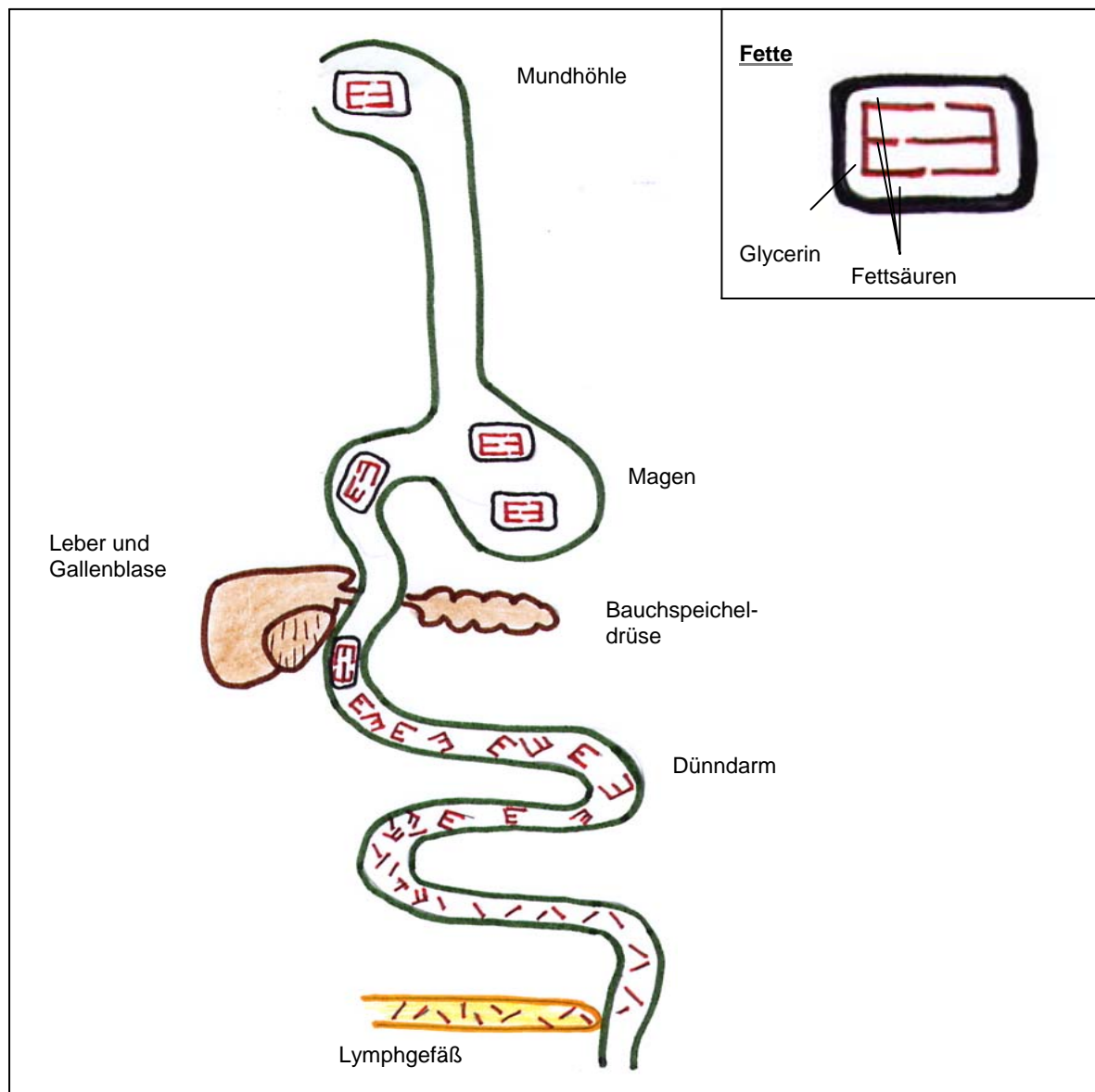


Abbildung 3: Fettverdauung

Die Fettabbauprodukte werden anschließend in die Zellen der Dünndarmwand aufgenommen und größtenteils in den Lymphgefäßen, zum kleineren Teil durch die Pfortader zu ihren Bestimmungsorten (Muskelzellen, Fettzellen, Leber) abtransportiert.

Die Fettsäuren, die an der Muskelzelle ankommen, stehen dort zur aeroben Energiegewinnung zur Verfügung.⁴ Für diesen Vorgang wird ein Zwischenprodukt aus dem Kohlenhydratabbau benötigt, was auch durch folgenden Merkspruch verdeutlicht wird:

„Fette verbrennen im Feuer der Kohlenhydrate.“

⁴ Näheres hierzu siehe: Eschenhagen / Kattmann / Rodi (1995): Handbuch des Biologieunterrichts – Band 3. S.214

Nach vollständiger Oxidation liegt der Energiegewinn aus Fetten, wie bereits erwähnt, bei ca. 9,3kcal je 1g und ist damit doppelt so groß wie die Energie, die bei der Glucoseverbrennung frei wird. Betrachtet man allerdings den Energiegewinn bezogen auf die benötigte Sauerstoffmenge, so ergeben Kohlenhydrate um 6,4% mehr Energie als Fette bei gleichem Sauerstoffverbrauch. Beim Überangebot an Fett füllen sich die Fettzellen und bilden größere Fettpolster als Reserve aus.

1.4 Exkurs: Fettdiäten

Fett ist – wie bereits erwähnt – der Nährstoff mit der höchsten Energiedichte. Dieses Phänomen ist Grundlage für die verschiedenen Fettdiäten. Sie stellen eine ketogene Ernährungsform dar, das heißt der Vorgang der Verbrennung im Körper wird von Kohlenhydrate auf Fette umgestellt. Einige Menschen sind davon überzeugt, dass eine Fettdiät weitaus effektiver ist, als eine normale Diät. Eine besonders bekannte Form einer solchen Fettdiät ist die „Atkins-Diät“.

Ende der 80er Jahre veränderte Dr. Pasquale die Atkins-Diät um einen entscheidenden Faktor. Atkins sieht für seine Diät einen 4-Stufen Plan vor: In der 1. Phase dürfen keine Kohlenhydrate zu sich genommen werden. In den folgenden Phasen werden die Kohlenhydratmengen nach bestimmten Kriterien gesteigert.

Pasquale hingegen kombinierte eine extrem kohlenhydratarme mit einer kohlenhydratreichen Phase.

Beide Diäten funktionieren nur dann, wenn man sich strikt an die an die kohlenhydratarmen Tage hält.

Die Grundlage beider Diäten ist der Blutzuckerspiegel. Nimmt man Kohlenhydrate auf, steigt der Blutzuckerspiegel. Einem Anstieg des Blutzuckerspiegels wirkt der Körper entgegen, indem er Insulin ausschüttet.

Ein zu hoher Insulinspiegel führt aber dazu, dass vermehrt Glukose und Protein in Fett umgewandelt und in den Fettzellen gespeichert werden.

Fällt der Blutzuckerspiegel durch die beiden oben genannten Diäten unter einen kritischen Wert, wird Glucagon freigesetzt. Durch dieses Hormon werden zuerst das in der Leber gespeicherte Fett und anschließend die Fette aus den Körperfettdepots verwendet, um den Körper mit der benötigten Energie zu versorgen. Die Körperfettdepots werden in so genannte Ketonkörper gespalten. Dieser Zustand, die Ketose, ist das Ziel solcher Fettdiäten.

Wie bei allen anderen Diäten gilt auch hier der Grundsatz: Nicht mehr Kalorien mit der Nahrung aufnehmen, als der Körper verbraucht. Des Weiteren ist es wichtig genügend zu trinken.

2 BILDUNGSPLANBEZUG⁵

Das Thema „Nahrung, Nährstoffe und Co. (Ernährung / Verdauung)“ findet sich im Bildungsplan unter dem Punkt **„Kompetenzerwerb durch das Erschließen von Phänomenen, Begriffen und Strukturen“** wieder – und zwar unter den folgenden drei Unterpunkten:

- *Den eigenen Körper verstehen:* Die Schüler sollen Nährstoffe in Lebensmittel nachweisen, ihre Bedeutung erkennen sowie ihren Abbau durch Verdauung anhand einfacher chemische Experimente nachvollziehen.
- *Experimentieren und mit ausgewählten Stoffen umgehen können:* Die Schüler sollen bis zum Ende der 7. Klasse einfache Laborgeräte und Stoffe für Experimente nutzen können sowie auf Verhaltensregeln beim Umgang mit diesen achten.
- *Phänomenologisches Wissen im Bereich der Stoffe sammeln und strukturieren:* Die Schüler sollen die Eigenschaften von Stoffen experimentell erarbeiten, erkennen und einordnen.

Da diese Thematik allgemein durch zahlreiche Schüler-Versuche erarbeitet wird, kann man dem Punkt **„Kompetenzerwerb durch Denk- und Arbeitsweisen“** im großen Maße gerecht werden. Wie hier beschrieben sollen die Schüler nämlich die Fähigkeit erwerben, Fragen an die Natur zu stellen und Antworten durch *Primärerfahrungen* wie

- Beobachten – Beschreiben – Fragen
- Planen – Untersuchen – Schlussfolgern
- Reflektieren – Verknüpfen – Anwenden

sowie durch *Sekundärerfahrungen*, das heißt durch Dokumentation, Präsentation und Reflektion der Ergebnisse, finden.

Dabei sollen die Schüler zudem eine *Kooperations- und Kommunikationsfähigkeit* erwerben, was ebenfalls durch die experimentelle Erarbeitung des Themas möglich ist.

⁵ Vgl. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (2004), S. 97 ff

3 ALLGEMEINE DIDAKTISCH-METHODISCHE ÜBERLEGUNGEN

Jeder Mensch geht täglich mit Nahrungsmitteln um und gibt einen erheblichen Anteil seines Einkommens für ihre Beschaffung aus. Darüber hinaus leiden viele Menschen – bereits Kleinkinder – unter den Folgen von Fehl- oder Überernährung und auch die Massenmedien befassen sich ausgiebig mit der Ernährung und Nahrung des Menschen.

Das Thema hat aber nicht nur eine große individuelle und gesellschaftliche Relevanz, sondern ist in fachlicher als auch in methodischer Hinsicht sehr bedeutsam.

Über Nahrungsmittel und Nährstoffe sowie über Regeln der gesunden Ernährung erfahren die Schüler bereits in der Grundschule einiges: besonders eingehend werden hier die Zähne und die Zahnpflege behandelt.

Diese Themen werden in der Regel in der Klassenstufe 5 / 6 noch einmal unter neuen Aspekten aufgegriffen. Die Verdauung der Nahrung (einschließlich Resorption und Defäkation) wird entweder bereits in dieser Altersstufe oder in der Klassenstufe 7 / 8 berücksichtigt, wobei die zweite Möglichkeit eine tiefergehende Behandlung der Verdauungsvorgänge erlaubt, weil die Schüler dieser Altersstufe über mehr chemische und physiologische Kenntnisse verfügen.

Das Thema „Ernährung“ bietet zudem viele Ansatzpunkte für die Förderung des Gesundheitsbewusstseins der Schüler. Ob der Unterricht in Kursform oder als Projekt organisiert wird – immer sollte ein Hauptziel sein, die Schüler zu einem ihrer Gesundheit förderlichen Ernährungsverhalten anzuregen. Der beste Weg zur Annäherung an dieses Ziel besteht darin, das gesamte Schulleben so zugestalten, dass die Schüler selbst erfahren, was es bedeutet, sich gesund zu ernähren.

In methodischer Hinsicht bietet der Unterricht über Fragen der Ernährung sehr vielfältige Möglichkeiten. Neben der experimentellen Methode können auch unterschiedliche Gesprächsformen (z.B. Streitgespräch über vegetarische Ernährung), Rollenspiele (z.B. zum Thema „Ernährungsberatung“) als auch eine Gestaltung einer Ausstellung (z.B. zum Thema „Gesunde Ernährung“) zur Geltung kommen.

Durch die zahlreichen Schüler-Versuche gewinnen die Schüler Einblicke in die Methoden der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung, trainieren ihren Fähigkeiten bezüglich den naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen, erhalten einen direkten Objektbezug und damit Anschaulichkeit und die Schüleraktivität bzw. Selbsttätigkeit wird gefördert.

Ob man den Schülern bei der Durchführung der Versuche ein bereits vorgefertigtes Versuchsprotokoll aushändigt oder die Schüler selbst ein Versuchsprotokoll erstellen sollen, ist von deren Vorerfahrungen sowie deren Methodenkompetenzen abhängig.

Ziel eines naturwissenschaftlichen Unterrichts ist natürlich, dass die Schüler weitgehend selbstständig arbeiten und somit auch ihre eigenen Versuchsprotokolle schreiben. Demzufolge sollte man die Schüler auch auf diesen Weg hinführen und ihnen mit zunehmenden Kompetenzen auch weniger Anleitungen geben.

Im Folgenden finden Sie deshalb bei den Verdauungsversuchen (Punkt 5) auch ein Versuchsprotokoll als Arbeitsblatt sowie ein Arbeitsauftrag zum Versuch bzw. zum Erstellen eines Versuchsprotokolls, welcher foliert sein könnte.

Man könnte hier natürlich noch einen Schritt weitergehen und den Schülern eine Forscherkiste zur Verfügung stellen, welche sämtliche Materialien sowie einige Experimentieranregungen (z.B. Überlege und beschreibe, wie du mit den zur Verfügung stehenden Mitteln die Wirkung des Gallensaftes auf Fett nachweisen kannst) enthält. Dieses offene Experimentieren fördert im höchsten Maße die Eigenständigkeit, Eigenaktivität sowie die Selbstbestimmung der Schüler und wird einem naturwissenschaftlich geprägten Unterricht mit seinen spezifischen Denk- und Arbeitsweisen am meisten gerecht.

4 VERSCHIEDENE FETTNACHWEISE

4.1 Methodische Überlegungen

Bei der Auswahl unserer Versuche zu den Fettnachweisen bei verschiedenen Lebensmitteln bevorzugen wir Versuche, die einfach und anschaulich sind.

Deshalb würden wir den Versuch mit Sudan-III-Papier dem Versuch mit Sudan-III-Lösung vorziehen. Das Sudan-III-Papier ist einfach herzustellen und weist eine Zeitersparnis bei der Durchführung auf. Des Weiteren ist die Verwendung von Sudan-III-Papier weitaus unschädlicher als die Lösung. (Die Sudan-III-Lösung wird mit Aceton hergestellt, das leicht entzündlich ist und reizend wirkt.)

Eine Alternative zu diesem Versuch bildet die Fettfleckprobe. Hierfür drückt man die verschiedenen Lebensmittel auf ein Butterbrot- oder Filterpapier und hält dieses gegen das Licht oder auf einen dunklen Untergrund.

Da die Ergebnisse oft schlecht sichtbar sind, tendieren wir zum Versuch mit Sudan-III-Papier. Außerdem beeindruckt die rote Verfärbung die SchülerInnen mehr, als der transparente Fleck bei der Fettfleckprobe.

Hat man jedoch nicht die Möglichkeit, Sudan-III-Papier herzustellen, bietet dieser Versuch eine gute Alternative. Er lässt sich auch als Ergänzung im Unterricht oder zu Hause durchführen.

Leider mussten wir feststellen, dass nicht an allen Schulen die notwendigen Geräte und Materialien vorhanden sind. Deshalb ist der Versuch „Milchwettlauf“ in den meisten Fällen nur als Demonstrationsversuch durchführbar.

Allgemein könnten die Schüler beim Thema „Nahrung und Nährstoffe“, bei dem nicht nur die Fette behandelt werden, sondern auch Kohlenhydrate und Eiweiße, ein kleines Nahrungsforscherheft anlegen. In diesem Heft könnten sie ihre Versuchsprotokolle und wichtige Informationen zu den Nährstoffen sammeln.⁶

⁶ Vgl. Neuhaus, Brigitte (2007): Was ist drin im Reiseproviand? – Arbeiten mit dem Nahrungs-Forscherheft. In: Unterricht Biologie – Offenes Experimentieren. Heft 317. S. 13 ff

4.2 Versuchsprotokolle und deren Lösungen

Versuchsprotokoll 1



Unsere Frage: *Kann man verschiedene Milchsorten mit einfachen Mitteln unterscheiden?*

Unsere Hypothese(n): _____

Material:

- 3 Büretten oder Glasröhren
- 3 Bechergläser
- 1 Trichter
- Stoppuhr
- 3 Messzylinder
- Stativ mit Muffen
- Milch: 1,5 %, 3,5 % und 30 % Fett



Versuchsanleitung:

- Baut die Versuchsanordnung wie in der Abbildung auf.
- **Achtet darauf, dass der Hahn am unteren Ende geschlossen ist.**
- Fülle die Büretten (oder Glasröhren) mit jeweils 100 ml Milch auf.
Bürette 1 (B1): 1,5 % Milch; Bürette 2 (B2): 3,5 % Milch; Bürette 3 (B3): 30% Milch.
- Einer von euch sollte jetzt den Hahn öffnen, der andere muss mit der Stoppuhr in der Hand genau die Zeit messen. Vergleiche den Milchstand nach 15 Sekunden.

Beobachtung: Wie verhalten sich die unterschiedlichen Milchsorten?

Auswertung: Wie wirkt sich das Fett auf die Fließgeschwindigkeit der Milch aus?

Versuchsprotokoll 2



Unsere Frage: *Enthalten verschiedene Lebensmittel unterschiedlich viel Fett?*

Unsere Hypothese(n): _____

Material:

- Sudan-III-Papier
- Verschiedene Lebensmittel: Salatgurke, Kürbiskerne, Käse, Schokolade, Kartoffel

Versuchanleitung:

- Schneidet die verschiedenen Lebensmittel auf und drückt sie auf das Filterpapier.
- Macht euch mit einem Bleistift Markierungen, damit ihr wisst, wo ihr welches Lebensmittel hingedrückt habt.
- Beobachtet das Papier nach dem Aufdrücken und dann noch mal nach 10 Minuten.

Beobachtung:

Auswertung: Welche Lebensmittel enthalten besonders viel Fett?

Versuchsprotokoll 3



Unsere Frage: *Lässt sich Fett lösen?*

Unsere Hypothese(n): _____

Material:

- 2 Petrischalen
- Öl, Benzin, Wasser,
- Pipette
- Spülmittellösung

Achtung: Benzin ist leicht entzündlich, daher immer von Zündquellen entfernt halten.

Versuchanleitung:

1)

- Gebt eine kleine Menge Wasser in eine Petrischale (P1) und tropft etwas Öl dazu.

Beobachtung:

2)

- Füllt eine zweite Petrischale (P2) mit etwas Benzin und gebt ebenfalls ein paar Tropfen Öl dazu.

Beobachtung:

Auswertung: Was kannst du über die Löslichkeit von Fett aussagen?

Versuchsprotokoll 1 - Lösungsvorschlag



Unsere Frage: *Kann man verschiedene Milchsorten mit einfachen Mitteln unterscheiden?*

Unsere Hypothese(n): *Die Milchsorten fließen unterschiedlich schnell*

Material:

- 3 Büretten oder Glasröhren
- 3 Bechergläser
- 1 Trichter
- Stoppuhr
- 3 Messzylinder
- Stativ mit Muffen
- Milch: 1,5 %, 3,5% und 30% Fett



Versuchsanleitung:

- Baut die Versuchsanordnung wie in der Abbildung auf.
- **Achtet darauf, dass der Hahn am unteren Ende geschlossen ist.**
- Fülle die Büretten (oder Glasröhren) mit jeweils 100 ml Milch auf.
Bürette 1 (B1): 1,5 % Milch; Bürette 2 (B2): 3,5 % Milch; Bürette 3 (B3): 30% Milch.
- Einer von euch sollte jetzt den Hahn öffnen, der andere muss mit der Stoppuhr in der Hand genau die Zeit messen. Vergleicht den Milchstand nach 15 Sekunden.

Beobachtung: Wie verhalten sich die unterschiedlichen Milchsorten?

Die Milchsorte die den größten Anteil an Fett besitzt (30%) fließt am langsamsten. Am schnellsten fließt die 1,5% Milch.

Auswertung: Wie wirkt sich das Fett auf die Fließgeschwindigkeit der Milch aus?

Durch den unterschiedlichen Fettanteil unterscheiden sich die verschiedenen Milchsorten ihrer in Zähigkeit (Viskosität). Die 1,5 % Milch ist dünnflüssiger und läuft deshalb schneller durch, als die andern beiden Milchsorten.

In Milch ist Fett in Wasser feinst verteilt (emulgiert). Die Fettteilchen sind modellhaft gesehen größer, als die Wasserteilchen (Wasser: 1mm Durchmesser; Fett: 1 - 100m Durchmesser). Durch den höheren Fettgehalt in der 30 % Milch enthält sie viel mehr Fettteilchen, als eine 1,5 % Milch.

Stellt man sich nun vor, dass diese Kugeln durch einen Trichter rieseln, wird schnell klar, dass sich die großen Kugeln im Rohr gegenseitig behindern.

Versuchsprotokoll 2 - Lösungsvorschlag



Unsere Frage: *Enthalten verschiedene Lebensmittel unterschiedlich viel Fett?*

Unsere Hypothese(n): *Lebensmittel enthalten unterschiedlich viel Fett. (Öl und Gemüse)*

Material:

- Sudan-III-Papier
- Verschiedene Lebensmittel: Salatgurke, Kürbiskerne, Käse, Schokolade, Kartoffel

Versuchsanleitung:

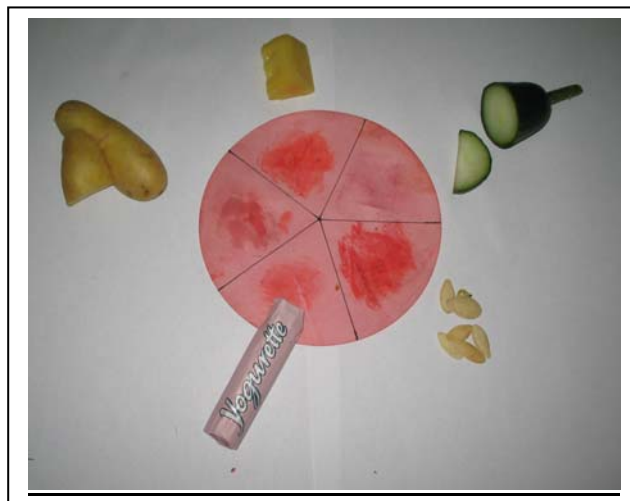
- Schneidet die verschiedenen Lebensmittel auf und drückt sie auf das Filterpapier.
- Macht euch mit einem Bleistift Markierungen, damit ihr wisst, wo ihr welches Lebensmittel hingedrückt habt.
- Beobachtet das Papier nach dem Aufdrücken und dann noch mal nach 10 Minuten.

Beobachtung:

Das Sudan-III-Papier verfärbt sich unterschiedlich intensiv.

Auswertung: Welche Lebensmittel enthalten besonders viel Fett?

Je intensiver die Färbung des Papiers, desto größer der Fettgehalt des Lebensmittels.



Versuchsprotokoll 3 - Lösungsvorschlag



Unsere Frage: *Lässt sich Fett lösen?*

Unsere Hypothese(n): *Fett löst sich unterschiedlich in verschiedenen Flüssigkeiten*

Material:

- 2 Petrischalen
- Öl, Benzin, Wasser,
- Pipette
- Spülmittellösung

Achtung: Benzin ist leicht entzündlich, daher immer von Zündquellen entfernt halten.

Versuchanleitung:

1)

- Gebt eine kleine Menge Wasser in eine Petrischale (P1) und tropft etwas Öl dazu.

Beobachtung:

Das Öl lässt sich nicht in Wasser lösen. An der Oberfläche sind „Fettaugen“ sichtbar.

2)

- Füllt eine zweite Petrischale (P2) mit etwas Benzin und gebt ebenfalls ein paar Tropfen Öl dazu.

Beobachtung:

Öl löst sich gut in Benzin. Es sind keine „Fettaugen“ wie beim Wasser sichtbar.

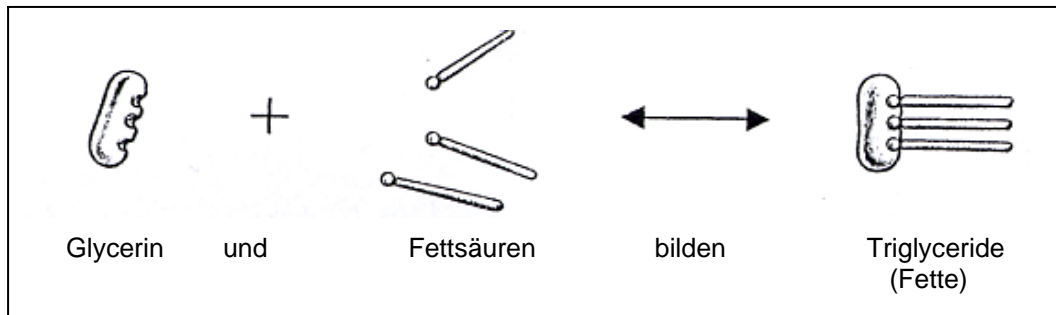
Auswertung: Was kannst du über die Löslichkeit von Fett aussagen?

Fett löst sich unterschiedlich gut in verschiedenen Lösungen. Wasser bezeichnet man als hydrophil (Wasser liebend). Deshalb lösen sich Fette nicht in ihm, sondern bilden eine Emulsion.

Eine Substanz, die sich gut in Fetten und Ölen lösen lässt, bezeichnet man als lipophil (Fett liebend). Hierzu gehören zum Beispiel Benzin, Salatöl etc.

4.3 Mögliche Modelle für Fette

Das Grundschema für den Nachbau eines dreidimensionalen Fettmodells sieht folgendermaßen aus:



Die Möglichkeiten der Materialien, welche man jeweils für das Glycerinmolekül und die Fettsäuremoleküle verwendet, sind sehr groß.

1. Möglichkeit: Großes anschauliches Fettmodell als Demonstrationsmodell

Für dieses Fettmodell verwendet man folgende Materialien:

- Styropor (Glycerinmolekül)
- Holzstäbe (Fettsäuremoleküle)

Dieses Modell eignet sich aufgrund der Größe und Stabilität als Demonstrationsmodell vor der Klasse.

2. Möglichkeit: Kleines Fettmodell für alle Schüler

Für dieses Fettmodell verwendet man folgende Materialien:

- Knete (Glycerinmolekül)
- Zahnstocher (Fettsäuremoleküle)

Dieses Modell könnten die Schüler jeweils selbst basteln.

Die einzelnen Materialien, welche sehr billig sind, könnte man den Schülern auch ohne Bauanleitung aushändigen, und sie auffordern daraus ein Modell für Fette zu basteln. Auf diese Weise durchlaufen die Schüler die einzelnen Phasen der Modellbildung, wodurch der Erkenntnisprozess im besonderen Maße gefördert wird.

Eine Alternative zu diesen Materialien, wäre die Verwendung von Pappe für die einzelnen Moleküle. Der Nachteil davon allerdings ist, dass dieses Modell nicht dreidimensional ist und man es auch nur legen kann.

5 VERSUCHE ZUR FETTVERDAUUNG

5.1 Methodische Überlegungen

Bei dem Unterrichtsabschnitt „Verdauung“ sollten gewisse inhaltliche Teilschritte beachtet werden⁷:

1) *Klärung elementarer Sachverhalte als Voraussetzung für das Verständnis der Verdauung*

- Die Begriffe „Nahrungsmittel“ und „Nährstoffe“ sollten von den Schülern unterschieden werden können. Die drei Nährstoffgruppen Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße sollten anschaulich eingeführt worden sein.
- Die Verdauungsorgane, ihre Lage im Körper und eine vorläufig grobe Vorstellung von ihren Aufgaben sollten bekannt sein. Als Medien sind zunächst ein Torso des menschlichen Körpers (wegen der Bildung räumlicher Lagevorstellungen), danach Anschauungstafeln und / oder andere bildliche Darstellungen geeignet. Ein wichtiges Ziel ist dabei die Fähigkeit der Schüler, die Lage der betreffenden Organe am *eigenen* Körper zeigen zu können (z.B. im Hinblick auf eine Entzündung des Wurmfortsatzes (Blinddarm))

2) *Erarbeitung des Verdauungsvorganges*

- Die Zerlegung der Nährstoffe sollte experimentell erarbeitet werden (*näheres hierzu siehe nächste Seite*)
- Anhand eines geeigneten Schemas des Blutkreislaufes sollte die Einleitung der im Darm aufgenommenen Nährstoffe gezeigt werden

3) *Zusammenfassung der Stationen des Verdauungstraktes und ihrer Enzyme*

Zum Beispiel in Form einer Übersichtstabelle (z.B. mit den Spalten „Organ, Verdauungssaft, Enzym, Wirkung des Enzyms“), die gemeinsam an der Tafel, in Gruppen-, Partner- oder Einzelarbeit aufgestellt wird, oder in Form eines Schaubildes (vgl. Abbildung 2).

4) *Anwendung auf Fragen der Gesundheitserziehung*

Für weitere gesundheitserzieherische Erörterungen ist der Abschlussteil der Unterrichtseinheit der geeignete Ort. Hier könnten Einsichten über Grundsätze einer gesunden Ernährung erzielt werden, die in unserer heutigen Gesellschaft durchaus von Nöten sind. Folgende Themenbereiche könnten hierbei näher betrachtet werden:

- Gefahren der Über-, Unter- oder Fehlernährung (schon bei Kleinkindern)
- Verschiedene Diäten (Fettdiäten) – ihre Chancen und Risiken

⁷ Vgl. Bonatz (1978): Humanbiologisches Unterrichtspraktikum S.171 f

- Unterschiede in der Ernährung von Säuglingen, Schulkindern und Erwachsenen mit körperlicher oder geistiger Arbeit sowie von älteren Menschen (Kaloriengehalt der Nahrung)
- Mögliche negative Folgen schon bei „mäßigen aber regelmäßigen „Alkoholgenuss für die Leber als der wichtigsten „chemischen“ Fabrik des Körpers“

Die folgenden zwei aufeinander aufbauenden Versuche zur Fettverdauung können *zusammen mit den Versuchen zur Kohlenhydrat- und Eiweißverdauung* wie folgt erarbeitet werden:

In Form von

- Gruppen- oder Partnerarbeit (auch das Gruppenpuzzle wäre hier denkbar)
- Lernzirkel- / Stationenarbeit
- Wochenplanarbeit
- Freiarbeit

oder integriert in ein Projekt.

Die Wahl der Unterrichtsmethode ist von zahlreichen Rahmenbedingungen abhängig und muss aufgrund dessen auf diese abgestimmt sein. Dies gilt natürlich entsprechend auch für die Fettnachweise in den Nahrungsmitteln.

5.2 Versuchsprotokolle und deren Lösungen

5.2.1 Die Wirkung des Gallensaftes auf Fett

Versuchsprotokoll als Arbeitsblatt für Schüler mit wenig Erfahrungen / Kompetenzen:

Versuchsprotokoll 1



Unsere Frage: *Was bewirkt der Gallensaft bei der Verdauung von Fett?*

Unsere Hypothese(n) : _____

Material:

- 2 Reagenzgläser mit Stopfen
- Reagenzglasständer
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- Messzylinder

Versuchsanleitung:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit Wasser und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Fülle das Reagenzglas 2 (RG 2) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5ml Speiseöl dazu.
- Verschließe beide Reagenzgläser jeweils mit dem Stopfen, schüttle das Gemisch in den beiden Reagenzgläsern kräftig und stelle die Reagenzgläser anschließend in den Reagenzglasständer.
- Warte einige Minuten und schüttle anschließend jeweils die 2 Reagenzgläser einmal ganz kurz (Reagenzglas nur kurz umdrehen).

Wasser und
Speiseöl



RG 1

Ochsen-galle und
Speiseöl



RG 2

Beobachtung: Wie verhalten sich Wasser und Öl sowie Gallensaft und Öl?

Auswertung: Was bewirkt der Gallensaft? Welche Bedeutung hat dieser Vorgang für die Verdauung von Öl (Fett)?

Forscherauftrag zur Wirkung des Gallensaftes auf Fett



Du benötigst folgende Materialien für den Versuch:

- 2 Reagenzgläser mit Stopfen
- Reagenzglasständer
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- Messzylinder

Führe den Versuch folgendermaßen durch:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit Wasser und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Fülle das Reagenzglas 2 (RG 2) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5ml Speiseöl dazu.
- Verschließe beide Reagenzgläser jeweils mit dem Stopfen, schüttle das Gemisch in den beiden Reagenzgläsern kräftig und stelle die Reagenzgläser anschließend in den Reagenzglasständer.
- Warte einige Minuten und schüttle anschließend jeweils die 2 Reagenzgläser einmal ganz kurz (Reagenzglas nur kurz umdrehen).

Wasser und
Speiseöl

Ochsen-galle und
Speiseöl



RG 1



RG 2

Schreibe ein Versuchsprotokoll (mit Fragestellung und Hypothesen) und halte darin auch deine Beobachtungen und Erklärungen zu deinen Beobachtungen fest.

Versuchsprotokoll 1 – Lösungsvorschlag



Unsere Frage: *Was bewirkt der Gallensaft bei der Verdauung von Fett?*

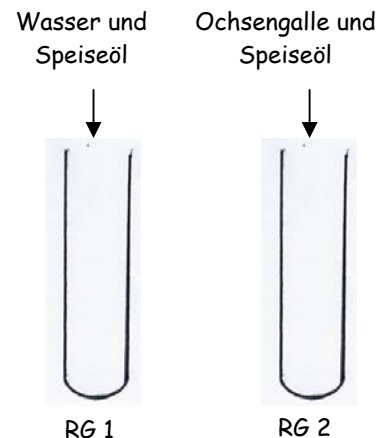
Unsere Hypothese(n): *Der Gallensaft verteilt das Fett, so dass dieses für die Enzyme angreifbar wird.*

Material:

- 2 Reagenzgläser mit Stopfen
- Reagenzglasständer
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- Messzylinder

Versuchsanleitung:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit Wasser und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Fülle das Reagenzglas 2 (RG 2) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5ml Speiseöl dazu.
- Verschließe beide Reagenzgläser jeweils mit dem Stopfen, schüttle das Gemisch in den beiden Reagenzgläsern kräftig und stelle die Reagenzgläser anschließend in den Reagenzglasständer.
- Warte einige Minuten und schüttle anschließend jeweils die 2 Reagenzgläser einmal ganz kurz (Reagenzglas nur kurz umdrehen).



Beobachtung: Wie verhalten sich Wasser und Öl sowie Gallensaft und Öl?

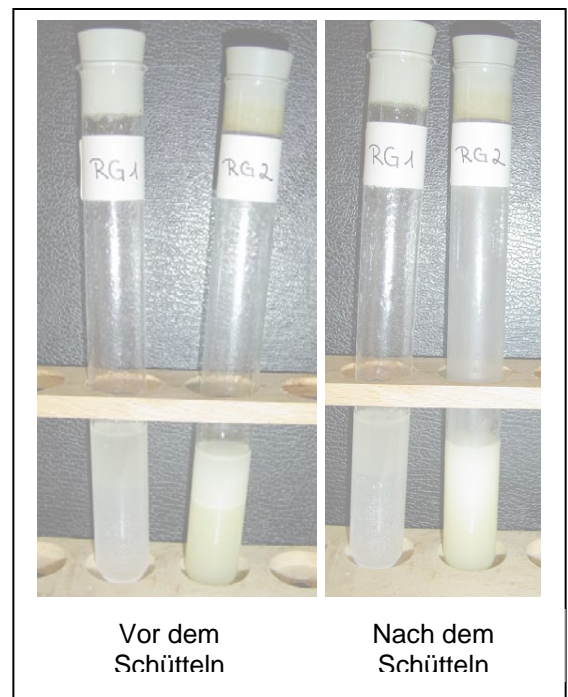
Im Reagenzglas 1 sammelt sich bereits nach kurzer Zeit das Speiseöl an der Wasseroberfläche.

Im Reagenzglas 2 entsteht eine milchige Emulsion - das Öl bleibt nach dem Schütteln viel länger darin verteilt bzw. sammelt sich viel später an der Oberfläche.

Auswertung: Was bewirkt der Gallensaft?

Welche Bedeutung hat dieser Vorgang für die Verdauung von Öl (Fett)?

Die Galle bewirkt eine Verteilung des Öls bzw. Fettes. Das Gleiche geschieht im Darm, wenn die Galle in den fettreichen Speisebrei fließt und durch die Darmbewegungen mit ihm vermengt wird. Auf diese Weise wird die Angriffsfläche aufgrund der vergrößerten Oberfläche des feinstverteilten Fettes für die Verdauungsenzyme größer.



5.2.2 Die Wirkung des Bauchspeicheldrüsensaftes auf Fett

Versuchsprotokoll als Arbeitsblatt für Schüler mit wenig Erfahrungen / Kompetenzen:

Versuchsprotokoll 2

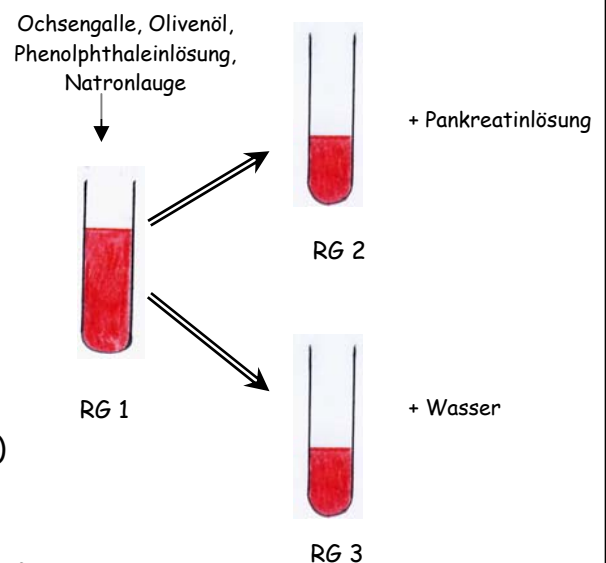


Unsere Frage: Welche Wirkung hat der Bauchspeicheldrüsensaft (Pankreatinlösung) auf Fett?

Unsere Hypothese(n) : _____

Material:

- 3 Reagenzgläser
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- 1%ige Phenolphthaleinlösung
- 1%ige Natronlauge
- 1%ige Pankreatinlösung
- Messzylinder
- Wasserbad (Bunsenbrenner, Dreifuß, Mineralfasernetz, Becherglas, Thermometer)



Versuchsanleitung:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Schüttle das Gemisch in dem RG 1 kräftig und gebe anschließend 8 Tropfen der 1%igen Phenolphthaleinlösung sowie bis zur deutlichen Rotfärbung ca. 20 Tropfen der 1%igen Natronlauge dazu.
- Verteile den Inhalt des RG 1 zu gleichen Teilen auf das RG 2 und RG 3.
- Gebe in das RG 2 zwei ml 1%ige Pankreatinlösung und in das RG 3 zwei ml Wasser. Schüttle die jeweiligen Gemische.
- Stelle beide Reagenzgläser in ein Wasserbad von 37°C. Halte die Temperatur konstant.
- Beobachte einige Minuten lang.

Beobachtung:

Auswertung: Wie wirkt die Pankreatinlösung (=Bauchspeicheldrüsensaft) auf Fett?

Wichtige Zusatzinformation zum Versuch !

Phenolphthalein ist ein Stoff, der bei einem pH-Wert unter 8,2 farblos und bei einem pH-Wert über 9,8 rotviolett ist - dazwischen zeigt er die Farbe rot. Farbänderungen treten also ein bei Änderungen des pH-Wertes infolge der Bildung von Säuren (z.B. chemischen Abbauvorgängen)

Auftrag für Schüler mit mehr Erfahrungen / Kompetenzen:

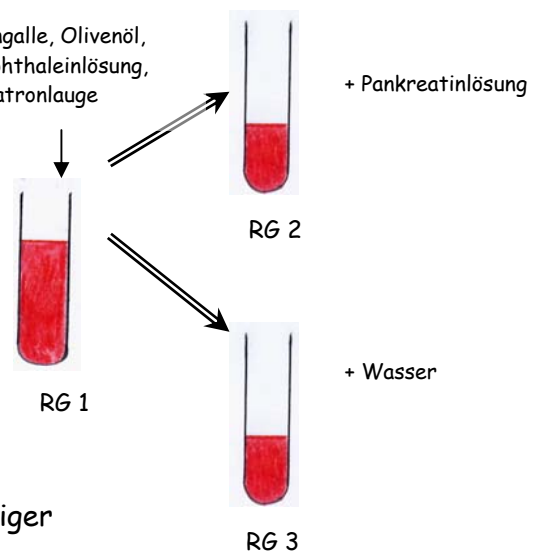
Forscherauftrag zur Wirkung des Bauchspeicheldrüsensaftes auf Fett



Du benötigst folgende Materialien:

- 3 Reagenzgläser
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- 1%ige Phenolphthaleinlösung
- 1%ige Natronlauge
- 1%ige Pankreatinlösung
- Messzylinder
- Wasserbad (Bunsenbrenner, Dreifuß, Mineralfasernetz, Becherglas, Thermometer)

Ochsen-galle, Olivenöl,
Phenolphthaleinlösung,
Natronlauge



Für den Versuch wie folgt durch:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Schüttle das Gemisch in dem RG 1 kräftig und gebe anschließend 8 Tropfen der 1%igen Phenolphthaleinlösung sowie bis zur deutlichen Rotfärbung ca. 20 Tropfen der 1%igen Natronlauge dazu.
- Verteile den Inhalt des RG 1 zu gleichen Teilen auf das RG 2 und RG 3.
- Gebe in das RG 2 zwei ml 1%ige Pankreatinlösung und in das RG 3 zwei ml Wasser. Schüttle die jeweiligen Gemische.
- Stelle beide Reagenzgläser in ein Wasserbad von 37°C. Halte die Temperatur konstant.
- Beobachte einige Minuten lang.

Schreibe ein Versuchsprotokoll (mit Fragestellung und Hypothesen) und halte darin auch deine Beobachtungen und Erklärungen zu deinen Beobachtungen fest.

Versuchsprotokoll 2 - Lösungsvorschlag

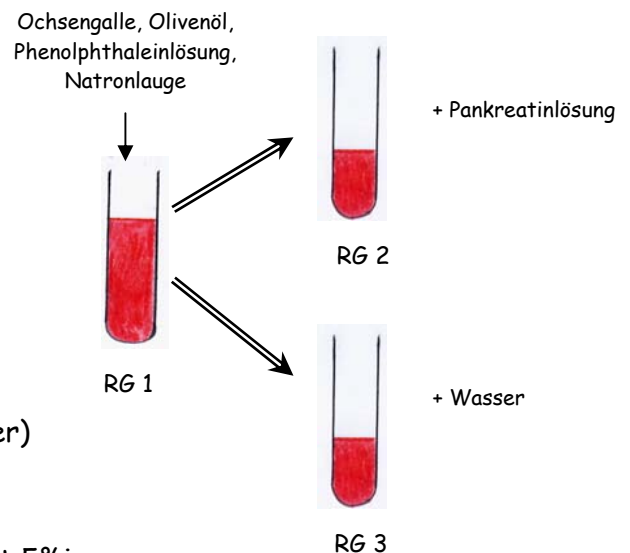


Unsere Frage: Welche Wirkung hat der Bauchspeicheldrüsensaft (Pankreatinlösung) auf Fett?

Unsere Hypothese(n): Enzyme im Bauchspeicheldrüsensaft spalten Fett in Glycerin und Fettsäuren.

Material:

- 3 Reagenzgläser
- Speiseöl
- 5%ige Ochsen-galle
- 1%ige Phenolphthaleinlösung
- 1%ige Natronlauge
- 1%ige Pankreatinlösung
- Messzylinder
- Wasserbad (Bunsenbrenner, Dreifuß, Mineralfasernetz, Becherglas, Thermometer)

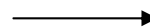
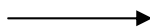


Versuchsanleitung:

- Fülle das Reagenzglas 1 (RG 1) 5 cm hoch mit 5%iger Ochsen-galle und gib 5 ml Speiseöl dazu.
- Schüttle das Gemisch in dem RG 1 kräftig und gebe anschließend 8 Tropfen der 1%igen Phenolphthaleinlösung sowie bis zur deutlichen Rotfärbung ca. 20 Tropfen der 1%igen Natronlauge dazu.
- Verteile den Inhalt des RG 1 zu gleichen Teilen auf das RG 2 und RG 3.
- Gebe in das RG 2 zwei ml 1%ige Pankreatinlösung und in das RG 3 zwei ml Wasser.
- Stelle beide Reagenzgläser in ein Wasserbad von 37°C (entspricht der Temperatur im Darm). Halte die Temperatur konstant.
- Beobachte einige Minuten lang.

Beobachtung: Je länger das RG 2 im Wasserbad steht und somit die Pankreatinlösung einwirkt, desto schwächer wird die rote Farbe des Phenolphthaleins bis das Gemisch schließlich ganz entfärbt ist.

Das Gemisch im RG 3 blieb unverändert bzw. behält die Rotfärbung.



Auswertung: Wie wirkt die Pankreatinlösung (= Bauchspeicheldrüsensaft) auf Fett?
Das Pankreatin spaltet das Fett in Glycerin und Fettsäuren. Die Fettsäuren entfärben die rote Phenolphthaleinlösung. Galle verteilt das Fett, spaltet es aber nicht.
(Hinweis: Dass Galle Fett nicht spalten, sondern nur verteilen kann, zeigt sich daran, dass die zugeführte Phenolphthaleinlösung im RG 3 rot bleibt.)

5.3 Abschließende Hinweise zu den Verdauungsversuchen

Wie stelle ich die jeweiligen Lösungen her?

- Herstellung von 5%iger Ochsen-galle: 5 g getrocknete Ochsen-galle (z.B. Merck-Präparat Nr. 3755) mit einigen Tropfen Wasser anteigen und anschließend 100 ml Wasser dazugeben
- Herstellung von 1%iger Pankreatinlösung (bezogen auch Merck-Präparat Nr. 7131): 1 g Pankreatin mit einigen Tropfen Wasser anteigen und anschließend 100 ml Wasser dazugeben. Frisch ansetzen!
- Herstellung von 1%iger Natronlauge: 1 g Natriumhydroxid (NaOH) in 100 ml Wasser lösen

Kann man auch direkt getrocknete Ochsen-galle (getrocknetes Pankreatin) verwenden?

Einige Autoren schlagen auch vor, statt der gelösten Galle getrocknete Galle zu verwenden, indem man eine Spatelspitze davon direkt in das Reagenzglas gibt. Dies ist natürlich auch möglich bzw. ist das Versuchsergebnis das gleiche.

Jedoch sollte man hier bedenken, dass dies nicht so anschaulich oder realitätsnah für Schüler ist, da im Zwölffingerdarm (entspricht hier dem Reagenzglas) die Gallenflüssigkeit auch im flüssigen Zustand eintrifft.

(Dies gilt entsprechend für das Pankreatin.)

Statt Natronlauge kann man auch Sodalösung verwenden.

In einigen Verdauungsversuchen, welche man in Literatur findet, wird anstatt der Natronlauge (Natriumhydroxid (NaOH) in Wasser gelöst) Sodalösung verwendet. Darunter versteht man Natriumcarbonat (Na_2CO_3), welches im Wasser gelöst ist. Die Verwendung von dieser Lösung ist natürlich auch möglich, denn vor der Verfügbarkeit von großen Mengen an Natriumhydroxid war Natriumcarbonat die wichtigste Lauge.

Kann man bei dem Versuch zur Wirkung des Bauchspeichelsaftes statt Öl auch Milch verwenden?

In einigen Büchern (z.B. in „Prisma Biologie S I – Experimentesammlung“ vom Klett-Verlag, das erst vor kurzem erschienen ist) wird der Versuch mit Milch anstatt mit Öl durchgeführt.

Hierbei ist zu bedenken, dass das Milchfett nicht in makroskopisch erkennbarer Form vorliegt. Deshalb muss hier an den Fettgehalt von Milch erinnert werden und die Vorstellungen müssen Beobachtungen zunächst ersetzen.

Aufgrund dessen ist für die Einführungssituation die Zersetzung von Öl geeigneter als die von Milchfett, weil dort das Öl sichtbar zugesetzt wird. Ist die Fettspaltungsreaktion aber anschaulich eingeführt worden, kann dieser Nachweis an Milch dann als Anwendung folgen.

6 LITERATUR

Fachliche Grundlagen:

- **Campbell, Neil . A (2000):** *Biologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag
- **Eschenhagen / Kattmann / Rodi (1995):** *Handbuch des Biologieunterricht – Band 3: Stoff- und Energiwechsel*. Köln: Aulis Verlag Deubner&CoKG
- **Mörike / Betz / Mergenthaler (2001):** *Biologie des Menschen*. Wiebelheim: Quelle & Meyer Verlag GmbH
- **Förmer, Markus:** *Fettstoffwechsel – Fettspeicherung – Abbau von Fetten*. Quelle: <http://www.nwo.at/downloads/nwonewsletter.pdf> (Stand: Mai 2007)

Didaktische und methodische Grundlagen:

- **Bonatz, Hans H. (1978):** *Humanbiologisches Unterrichtspraktikum*. Köln: Aulis Verlag Deubner&CoKG
- **Eckbrecht, Hanna / Eckbrecht, Detlef / Kluge, Siegfried (2007):** *Prisma Biologie S I – Experimentesammlung*. Stuttgart: Klett Verlag
- **Lechner, Martin / Kiechle, Robert (1974):** *Unterrichtswerk Biologie 7 – Arbeits- und Lernbuch*. Hohengehren: Burgbücherei Wilhelm Schneider
- **Müller, Joachim (1970):** *Biologie experimentell – Schülerübungen und Schulversuche*. Göttingen: Industrie-Druck GmbH
- **Neuhaus, Brigitte (2007):** *Was ist drin im Reiseproviand? – Arbeiten mit dem Nahrungs-Forscherheft*. In: Unterricht Biologie – Offenes Experimentieren. Heft 317; 30.Jahrgang
- **Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg (Hg); (2004):** *Bildungsplan für die Realschule*. Villingen Schwenningen: Neckar Verlag

Schulbücher:

- **Erlebnis – Naturwissenschaften Biologie 3. Baden-Württemberg.** Braunschweig: Schroedel-Verlag (2005)
- **Interaktiv Biologie – Naturwissenschaftliches Arbeiten 1. Realschule Baden-Württemberg.** Berlin: Cornelsen-Verlag (2006)
- **Prisma NWA Biologie 4 / 5. Baden-Württemberg.** Stuttgart: Klett Verlag (2005)

NWA-Logo der ersten Seite:

- <http://www.seminare-bw.de/servlet/PB/s/uwg1q15te7hh1qomz279i1t061ykdav1/menu/1189045/index.html?ROOT=1181976> (NWA-Homepage der Seminarschule Reutlingen)