

DIE NATUR- STOFFE ALS ENERGIESPEICHER



Quelle: Eigenes Foto

3.3.1 Energetik BF

Was Sie noch wissen sollten

1. Energiediagramme

Damit unser Körper seine Vitalfunktionen ausführen kann, benötigt er Energie. Beim Abbau der aufgenommenen Nahrung, wie zum Beispiel Kohlenhydrate, entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasser. Bei dieser Reaktion wird Energie an unseren Körper abgegeben, es handelt sich um eine exotherme Reaktion.

Eigentlich würde diese Reaktion nicht bei 37°C ablaufen. Damit dies ermöglicht wird, besitzt unser Körper Enzyme, die dafür sorgen, dass die „Verbrennung“ der Kohlenhydrate bereits bei Körpertemperatur freiwillig abläuft.

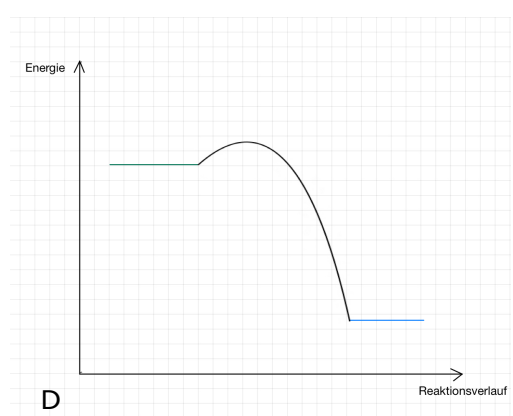
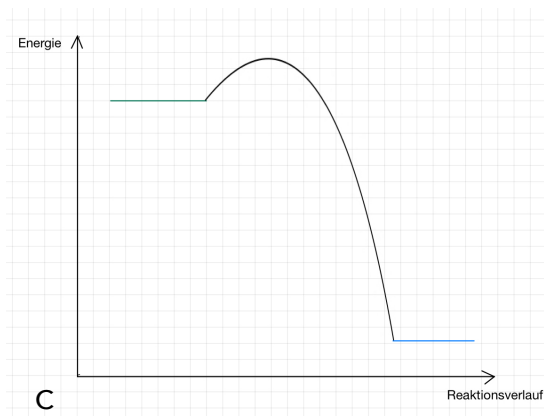
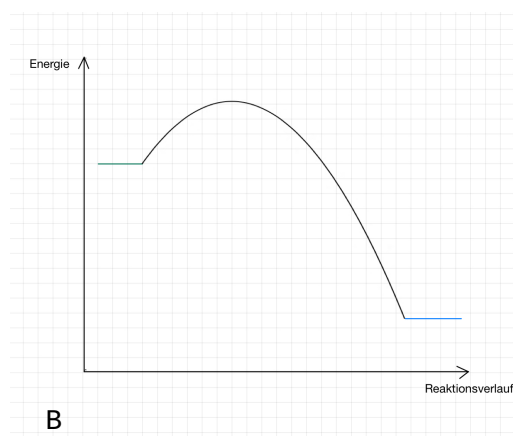
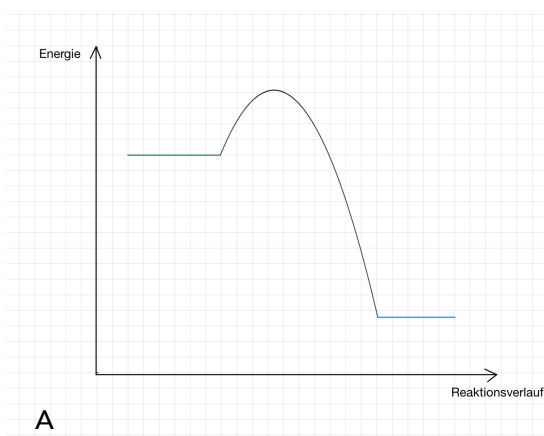
Aufgabe:

Unten sind vier Energiediagramme (A-D) abgebildet. Eines zeigt den energetischen Verlauf für den Abbau der Kohlenhydrate im Körper (Stoffwechselvorgang), ein anderes den Verlauf für die Verbrennung der gleichen Menge an Kohlenhydrate außerhalb des Körpers.

1. Vergleichen Sie die vier Energiediagramme.
2. Tragen Sie in Diagramm A folgende Begriffe ein:

Edukte - Produkte - Aktivierungsenergie - freiwerdende Energie

3. Ordnen Sie begründet ein Diagramm dem Stoffwechselvorgang und ein weiteres der Verbrennung zu.



Hilfe 1



Hilfe 2

Aufgabe 1 und 3:



Lösung 1



Lösung 3

4. Zeichnen Sie ein Energiediagramm einer endothermen Reaktion.

Energiediagramm:

Was Sie noch wissen sollten

1. Die Fette

Unter Fetten versteht man Triglyceride. Das bedeutet, dass ein Glycerin-Molekül (Propan-1,2,3-triol) mit drei (eventuell unterschiedlichen) Fettsäure-Molekülen verestert ist. Fettsäuren sind langkettige Alkansäuren. Besonders häufig sind die Palmitinsäure ($C_{15}H_{31}COOH$), die Stearinsäure ($C_{17}H_{35}COOH$), die Ölsäure ($C_{17}H_{33}COOH$) und die Linolensäure ($C_{17}H_{29}COOH$) am Aufbau von Fetten und Ölen beteiligt.

Pflanzliche Fette (Öle) sind im Wesentlichen aus ungesättigten Fettsäuren aufgebaut, tierische Fette hingegen fast ausschließlich aus gesättigten Fettsäuren. Bei ungesättigten Fettsäuren enthalten die Alkylreste eine oder mehrere C=C-Doppelbindungen (einfach oder mehrfach ungesättigt), dies ist bei den gesättigten Fettsäuren nicht der Fall.

Aufgabe:

1. Ordnen Sie den untenstehenden Fettsäuren (Abb. 1) die Begriffe *gesättigt*, *einfach ungesättigt* und *mehrfach ungesättigt* zu.
2. Zeichnen Sie die Strukturformel eines Triglycerids unter Verwendung der abgebildeten Fettsäuren.

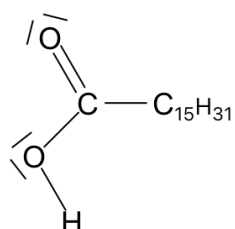
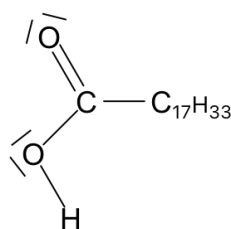
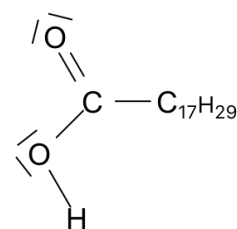


Abb. 1 Stearinsäure
(Alle Strukturformeln sind selbst erstellt)



Ölsäure



Linolensäure



Hilfe 1

Triglycerid:

Strukturformel:

2. Die Kohlenhydrate

Kohlenhydrat-Moleküle sind aus Kohlenstoff-, Sauerstoff- und Wasserstoffatomen aufgebaut. Formal besitzen sie die allgemeine Summenformel $C_x(H_2O)_y$. Man unterscheidet in Mono-, Di- und Polysaccharide.

Monosaccharide wie die Glucose und die Fructose kommen häufig in den Früchten von Obstpflanzen vor. Das Disaccharid Saccharose lässt sich aus Zuckerrohr und heimischen Zuckerrüben gewinnen. Als Quelle für das Polysaccharid Stärke dienen vorzugsweise Süßgräser, wie Getreide, Mais und Reis. Insbesondere die Stärke ist für unsere Nahrung fast unabdingbar. In der Stärke findet man zwei unterschiedliche Bestandteile, zum einen die aus langkettigen und unverzweigten Makromolekülen aufgebaute Amylose sowie das Amylopektin, deren Makromoleküle eine verzweigte Raumstruktur aufweisen. Beiden ist gemein, dass ihre Monomer-Einheit die α -D-Glucose ist. In den Amylose-Molekülen sind diese Bausteine 1-4-glycosidisch verknüpft. In den Amylopektin-Molekülen kommen zusätzliche 1-6-glycosidische Verknüpfungen vor.

Aufgabe:

1. Zeichnen Sie einen Strukturformelausschnitt eines Amylose-Moleküls, welcher vier Monomer-Einheiten beinhaltet.

Strukturformelausschnitt:

2. Vergleichen Sie die beiden Naturstoffe (Fette und Stärke) hinsichtlich ihres molekularen Aufbaus miteinander.

Vergleich:

DIE FETTE ALS ENERGIESPEICHER

Viele Tiere wie beispielsweise das Murmeltier halten einen Winterschlaf. Ein Grund hierfür ist unter anderem, dass ihnen im Winter ihre Nahrung nicht mehr zur Verfügung steht. Um ihre Vitalfunktionen aufrecht zu halten, fahren sie ihren Stoffwechsel so weit herunter, dass sie in dieser Zeit weniger Energie benötigen. Im Gegensatz zu Waschbären und Eichhörnchen senken die Murmeltiere zusätzlich ihre Körpertemperatur herab. Trotzdem verlieren sie während des Winters ca. 50 % ihres Körpergewichts.

Als Energiespeicher dienen ihnen die Fettreserven, die sie sich im Laufe des Sommers angefressen haben. Vorzugsweise ernähren sie sich von Gräsern und Kräutern. Obwohl ihre Nahrungsquellen hauptsächlich aus Kohlenhydraten (Cellulose) bestehen, legen die Murmeltiere ihre Energiespeicher in Form von Fetten an. Pflanzen wie die Kartoffel oder das Getreide speichern die Sonnenenergie durch die Photosynthese hingegen in Form von Stärke (Amylose und Amylopektin).

Beim Abbau der Kohlenhydrate und Fette im Körper entstehen, durch Reaktion mit dem eingeatmeten Luftsauerstoff, Kohlenstoffdioxid und Wasser. Die dabei freiwerdende Energie nutzt der Organismus, um die Vitalfunktionen am Leben zu halten. Dazu zählt auch das Aufrechterhalten der Körpertemperatur.

Es stellt sich die Frage, warum sich die Tiere, die einen Winterschlaf halten, Fettreserven und keine Kohlenhydratspeicher anlegen.

1. Arbeitsauftrag

1. Stellen Sie am Beispiel der Glucose ($C_6H_{12}O_6$) die Reaktionsgleichung für die Verbrennung der Kohlenhydrate auf.



Abb. 2: Ein Alpenmurmeltier
(*Marmota marmota*)

Quelle: Eigenes Foto

Reaktionsgleichung:

2. Stellen Sie nach der *think-pair-share-Methode* Hypothesen auf, warum Säugetiere ihre Energiespeicher als Fette und nicht als Kohlenhydrate anlegen. Tragen Sie die Ergebnisse der „Share-Phase“ in den Kasten unten ein.

Hypothesen:

3. Im Körper von Säugetieren läuft der Abbau von Kohlenhydraten und Fetten bei ca. 37°C ab. Planen Sie ein Experiment, um die dabei freiwerdende Energie zu messen. Ihnen stehen dafür die unten aufgeführten Materialien und Chemikalien zur Verfügung, wobei nicht alle Materialien benötigt werden. Erstellen Sie hierfür eine Skizze, die Ihr Vorgehen dokumentiert und zeigen Sie diese der Lehrkraft.

Materialien: - o Reagenzgläser - o Messzylinder 250 mL - o Teelichtschale mit Docht (Karton) - o Thermometer	- o Stativmaterial - o Bunsenbrenner - o Waage - o Getränkedose	Chemikalien: - o Wasser - o Sonnenblumenöl
---	---	---

4. Führen Sie den Versuch durch und halten Sie Ihre Beobachtungen fest.

Skizze:

5. Vergleichen Sie Ihre Werte mit denen der anderen Gruppen und deuten Sie mögliche Unterschiede.

Deutung:



Hilfe

Information

Man erwärmt eine bestimmte Menge Wasser der Masse m_1 . Dabei führt man die Wärmemenge Q_1 zu und erhöht so die Temperatur der Wasserportion um ΔT_1 . Es gelten folgende Zusammenhänge:

1. Verdoppelt man die zugefügte Wärmemenge Q_1 ($Q_2 = 2 Q_1$) bei gleicher Wassermenge m_1 , so verdoppelt sich die Temperaturerhöhung ΔT ($\Delta T_2 = 2 \Delta T_1$).
2. Verdoppelt man die Wassermenge m_1 ($m_2 = 2m_1$) bei gleicher zugeführter Wärmemenge Q_1 , so halbiert sich die Temperaturerhöhung ΔT ($\Delta T_2 = \frac{1}{2} \cdot \Delta T_1$).
3. Daher gilt, dass die zugeführte Wärmemenge Q proportional zur Masse des Wassers (m_w) und der Temperaturerhöhung (ΔT) ist:

$$[1] \quad Q \sim m_w \cdot \Delta T$$

Der Proportionalitätsfaktor wird spezifische Wärmekapazität c genannt. Dabei handelt es sich um eine Stoffkonstante. Diese gibt an, welche Wärmemenge notwendig ist, um die Temperatur einer Stoffportion Wasser der Masse $m = 1\text{g}$ um $\Delta T = 1\text{K}$ zu erhöhen. Die spezifische Wärmekapazität für Wasser c_w beträgt:

$$[2] \quad c_w = 4,19 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$$

Somit muss man 1g Wasser eine Wärmemenge von 4,19J zuführen, um die Temperatur um 1K zu erhöhen.

Setzt man die spezifische Wärmekapazität in [1] ein, so erhält man folgende Gleichung:

$$[3] \quad Q = c_w \cdot m \cdot \Delta T$$

2. Berechnungen

1. Berechnen Sie mit den Messwerten Ihres Experiments und der Gleichung [3] des vorherigen Informationskastens die Wärmemenge, die bei der Verbrennung des Sonnenblumenöls abgegeben wurde.
2. Nebstehende Tabelle zeigt das Etikett einer Sonnenblumenöl-Flasche:
Überprüfen Sie, ob die von Ihnen experimentell ermittelten Werte mit den Angaben auf dem Etikett übereinstimmen. (Hinweis: Beachten Sie, dass Sie nicht 100 g des Sonnenblumenöls verbrannt haben.)
3. Führen Sie eine Fehlerbetrachtung durch und geben Sie Ursachen für mögliche Abweichungen an.

Energie- und Nährwerte ϕ je 100 g	
Brennwert	3700 kJ / 900 kcal
Fett	100 g
davon:	
gesättigte Fettsäuren	10 g
einfach ungesättigte	26 g
mehrfach ungesättigte	64 g
Kohlenhydrate	0 g
Eiweiß	0 g
Salz	< 0,01 g
Vitamin E	60 mg

Tabelle: Brennwert und Inhaltsstoffe von Sonnenblumenöl (selbst erstellt)

Aufgabe 1-3

BESTIMMUNG DER WÄRMEKAPAZITÄT EINES KALORIMETERS C_K

Bei Kalorimetern handelt es sich um Gefäße, mit denen die Reaktionswärme gemessen werden kann. Man unterscheidet geschlossene, isolierte und offene Systeme. Als offenes System kann man die Getränkedose aus Kapitel 3 bezeichnen. Hier ist sowohl ein Energie- als auch ein Materieaustausch mit der Umgebung möglich. Bei geschlossenen Systemen ist ein stofflicher Austausch nicht möglich, jedoch ein energetischer. Isolierte Systeme verhindern sowohl einen Austausch von Energie als auch Materie. In der Praxis wird am häufigsten ein energetisch isoliertes Gefäß verwendet, bei dem jedoch der Austausch von Materie möglich ist.

Die Reaktion kann dabei direkt im Kalorimeter (z. B. die Neutralisation von Salzsäure mit Natronlauge) erfolgen. Bei Reaktionen zweier Feststoffe muss man ein Reaktionsgefäß (z. B. Reagenzglas) in das Kalorimeter einbringen, in dem die Reaktion dann abläuft. Das Kalorimeter selbst ist mit Wasser gefüllt (siehe Abbildung rechts).

Allen Kalorimetern ist gemein, dass sie im Verlauf der Reaktion ebenfalls Wärme aufnehmen. Somit wird für die Temperaturerhöhung des Wassers ein geringerer Betrag gemessen. Zur genaueren Messung muss also die Wärmemenge, die das Kalorimeter aufnimmt, bestimmt werden. Die Wärmekapazität des Kalorimeters (C_K) ist ein Maß für diese Wärmemenge.

1. Mischversuch zur Bestimmung der Wärmekapazität C_K

Um die Wärmekapazität des Dosenkalorimeters zu bestimmen, führt man einen Mischversuch durch.

Materialien:

- o Kalorimeter (Getränkedose aus Kapitel 3)
- o Wasserkocher
- o Messzylinder 50
- o Thermometer

Chemikalien:

- o Wasser



Abb. 3: unterschiedliche Kalorimeter

Quelle: Eigenes Foto

1. Durchführung

- ▶ Messen Sie mit dem Messzylinder exakt 50 mL kaltes Wasser (ca. 20°C) ab und geben Sie es in die Getränkedose. Bestimmen Sie die Temperatur des Wassers exakt und notieren Sie sich den Wert.
- ▶ Messen Sie nun mit dem Messzylinder exakt 50 mL warmes Wasser (ca. 50°C) ab. Bestimmen Sie auch hier die genaue Temperatur und notieren Sie diese.
- ▶ Geben Sie nun das warme Wasser ebenfalls in die Dose. Schwenken Sie die Dose, sodass sich das warme Wasser gut mit dem kalten mischt.
- ▶ Bestimmen Sie zügig die Mischtemperatur des Wassers und halten Sie auch diese fest.

2. Auswertung

Messwerte:

Temperatur des kalten Wassers: $T_1 =$ °C $\Delta T_1 =$ K	Temperatur des warmen Wassers: $T_2 =$ $\Delta T_2 =$	Mischtemperatur des Wassers: $T_{\text{misch}} =$
--	---	--

- ▶ Berechnen Sie die Temperaturdifferenzen in K und tragen Sie diese Werte ebenfalls in die Tabelle ein: ϑ ?

$\Delta T_1 = T_{\text{misch}} - T_1 =$

$\Delta T_2 = T_{\text{misch}} - T_2 =$

- ▶ Die vom kalten Wasser und dem Kalorimeter aufgenommene Energie (Q_1) ergibt sich aus [1]:

[1] $Q_1 = \{m_{w,1} \cdot c_w + C_K\} \cdot \Delta T_1$

- ▶ Die vom warmen Wasser abgeben Energie (Q_2) ergibt sich aus [2]:

[2] $Q_2 = m_{w,2} \cdot c_w \cdot \Delta T_2$

- ▶ Für diesen Mischversuch gilt der Energieerhaltungssatz. Leiten Sie eine Formel aus [1] und [2] her, mit der Sie die Wärmekapazität des Kalorimeters berechnen können.

[3]

- ▶ Berechnen Sie nun mit Ihren Messwerten des Experiments und der Formel [3] die Wärmekapazität C_K Ihres Kalorimeters.

2. Neuberechnung der Verbrennungswärme des Sonnenblumenöls

Nun kann die Energieaufnahme des Kalorimeters beim Auswerten des Versuchs aus Kapitel 3 berücksichtigt werden. Demnach entspricht der Betrag der bei der Verbrennung des Sonnenblumenöls abgegebene Wärmemenge (Q_{ab}) dem Betrag der vom Wasser und dem Kalorimeter aufgenommenen Wärmemenge (Q_{auf}):

Ansatz: $|Q_{ab}| = |Q_{auf}| = Q$ (Energieerhaltung)

$$[4] \quad Q = \{m_{w,1} \cdot c_w + C_K\} \cdot \Delta T_1$$

Aufgabe:

1. Berechnen Sie die Verbrennungswärme für 100 g Sonnenblumenöl mit Ihren experimentell ermittelten Werten.

2. Vergleichen Sie diesen Wert erneut mit dem Wert auf dem Etikett der Flasche (Seite 9).

Neben dem Begriff des Brennwertes ist auch der Heizwert eines Stoffes geläufig. In der nebenstehenden Tabelle sind die Heiz- und Brennwerte für unterschiedliche Energieträger aufgeführt. Beide Werte beziehen sich auf die Masse von $m = 1\text{ kg}$ des jeweiligen Energieträgers. Bei gasförmigen Stoffen ist auch die Einheit $1 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3}$ gebräuchlich.

Stoff	Heizwert in MJ/kg	Brennwert in MJ/kg
Steinkohle	31	31
Holzpellets	18	20
Ethanol	27	30
Heizöl	40	42
Erdgas	50	55
Benzin	44	47
Diesel	42	45
Wasserstoff	120	142

1. Arbeitsauftrag

1. Vergleichen Sie die Werte der Tabelle für die Heiz- und Brennwerte der unterschiedlichen Energieträger.
2. Formulieren Sie die Reaktionsgleichung für die vollständige Verbrennung von Methan, Wasserstoff und Steinkohle (Kohlenstoff).
3. Vergleichen Sie die Produkte, die bei der Verbrennung von Methan, Wasserstoff und Steinkohle entstehen.
4. Leiten Sie eine Hypothese ab, was man unter dem Heizwert bzw. dem Brennwert versteht (Hilfe 1 und 2).



Hilfe 1



Hilfe 2

5. Der Unterschied zwischen dem Brennwert und dem Heizwert entspricht der Kondensationswärme des bei der Verbrennung entstehenden Wassers. Berechnen Sie mit Hilfe der Reaktionsgleichung für die Verbrennung von Wasserstoff und den Daten der Tabelle die Kondensationswärme des Wassers mit der Einheit $\frac{MJ}{kg}$.



Hilfe 1



Hilfe 2



Lösung 1

6. Auf dem Etikett des Sonnenblumenöls ist der Brennwert angegeben, begründen Sie dies mit den Reaktionsbedingungen im menschlichen Körper.
7. Bei den Bedingungen des Experiments in Kapitel 3 entsteht das Wasser gasförmig. Berechnen Sie nun mit Ihrem Werten und der Kondensationswärme (Aufg. 5) den Brennwert des Sonnenblumenöls und vergleichen Sie diesen ein letztes Mal mit dem Wert auf dem Etikett. Beachten Sie, dass beim Verbrennen von 100 g Öl ca. 100 g Wasser entstehen.

KOHLENHYDRATE ALS ENERGIESPEICHER UND DIE ENERGIEDICHTE

1. Versuch

Nun wird der Versuch aus Kapitel 3 mit einem Stück Lasagne wiederholt, um den Brennwert von Kohlenhydraten zu bestimmen.

Materialien: - o Getränkedose - o Messzylinder 250 mL - o Abdampfschale - o Thermometer	- o Stativmaterial - o Mikrobrenner - o Waage - o Pinzette	Chemikalien: - o Wasser - o Lasagne
---	---	---

1. Durchführung

- ▶ Notieren Sie sich alle folgenden Werte in die untenstehende Tabelle.
- ▶ Wiegen Sie die Abdampfschale (m_A) und anschließend ein längliches Stück (Größe ca. 3cm x 0,5cm) Lasagne (m_{L1}).
- ▶ Füllen Sie die Getränkedose mit $m_w = 100\text{g}$ Wasser ($\hat{=}$ 100mL) und bestimmen Sie die Temperatur (T_1).
- ▶ Fixieren Sie die Getränkedose mit dem Stativ in einer Höhe von ca. 40cm.
- ▶ Stellen Sie die Abdampfschale exakt unter die Getränkedose.
- ▶ Halten Sie die Lasagne mit der Pinzette an den Mikrobrenner und entzünden Sie diese.
- ▶ Sobald die Lasagne gut brennt, halten Sie ihre Flamme direkt unter die Getränkedose.
- ▶ Nachdem die Flamme erloschen ist, geben Sie die verkohlten Reste wieder in die Abdampfschale.
- ▶ Bestimmen Sie die Temperatur des Wassers (T_2).
- ▶ Wiegen Sie die Abdampfschale und bestimmen Sie so die Masse der verkohlten Reste (m_{L2}).

2. Messwerte

Temperatur des Wassers (vorher): $T_1 =$	Temperatur des Wassers (nachher): $T_2 =$	Masse der Abdampfschale: $m_A =$	Masse der Lasagne: $m_{L1} =$	Masse des Restes: $m_{L2} =$
$\Delta T = T_2 - T_1 =$		Masse der verbrannten Lasagne = $m_{L1} - m_{L2} =$		

3. Auswertung

- ▶ Berechnen Sie die Wärmemenge, die bei Ihrem Experiment frei wurde.
- ▶ Ermitteln Sie daraus den Brennwert der Lasagne bezogen auf 100g. Beachten Sie dabei, dass aus 100 g Lasagne ca. 50 g Wasser entstehen.
- ▶ Vergleichen Sie den Brennwert der Lasagne mit dem Brennwert des Sonnenblumenöls (jeweils die Literaturwerte der Etiketten).

Energie- und Nährwerte ϕ je 100 g	
Brennwert	1545 kJ / 365 kcal
Fett	3,9 g
davon gesättigte	1,2 g
Kohlenhydrate	66 g
davon Zucker	2,9 g
Eiweiß	15 g
Balaststoffe	2,9 g
Salz	< 0,1 g

Tabelle 2: Brennwert und Inhaltsstoffe von Lasagne
(selbst erstellt)

2. Vergleich

Die eingangs formulierte Fragestellung war, warum Winterschläfer wie das Murmeltier ihre Energiespeicher in Form von Fett und nicht von Kohlenhydraten anlegen.

Formulieren Sie hierfür eine Erklärung, in die ihre experimentellen Ergebnisse einfließen.



Quelle: Eigenes Foto