

Die Physik des Abnehmens

Martin Apolin

Im Rahmen des Fachtages für
Physiklehrkräfte am 30. September 2015



.....

EINE LÜGE IST BEREITS
DREIMAL UM DIE ERDE
GELAUFEN, BEVOR SICH
DIE WAHRHEIT DIE
SCHUHE ANZIEHT.

MARK TWAIN

Wohin das Fett beim Abnehmen wirklich verschwindet

19. Dezember 2014, 18:14



Umfrage unter Experten mit peinlichem Ergebnis: Kein Arzt kannte die richtige Antwort



London/Wien - Jetzt kommt erst einmal Weihnachten. Und das bedeutet im Normalfall das eine oder andere Festtagsessen, wenig Bewegung und womöglich ein paar Kekse zu viel. Wer sich danach oder ab dem 1. Jänner vornimmt, ein paar Kilos abzunehmen, könnte sich vielleicht fragen, wohin denn das Körperfett verschwindet. Wird es in Hitze umgewandelt? Zu Muskeln umgebaut? Oder verlässt es einfach in Form von Kot, Urin und Schweiß den Körper?

Diesen Fragen sind die australischen Forscher Ruben Meerman und Andrew Brown (University of New South Wales in Sydney) für die Weihnachtsausgabe des "British Medical Journal", in der traditionell nicht ganz bierernste Themen mit britischem Humor abgehandelt werden, nachgegangen. Der mehr oder weniger ironische Teil der Studie: Die Wissenschaftler erhoben in einer nichtrepräsentativen Befragung die Einschätzung vom 50 praktischen Ärzten, 50 Diätologen und 50 Personal Trainern.

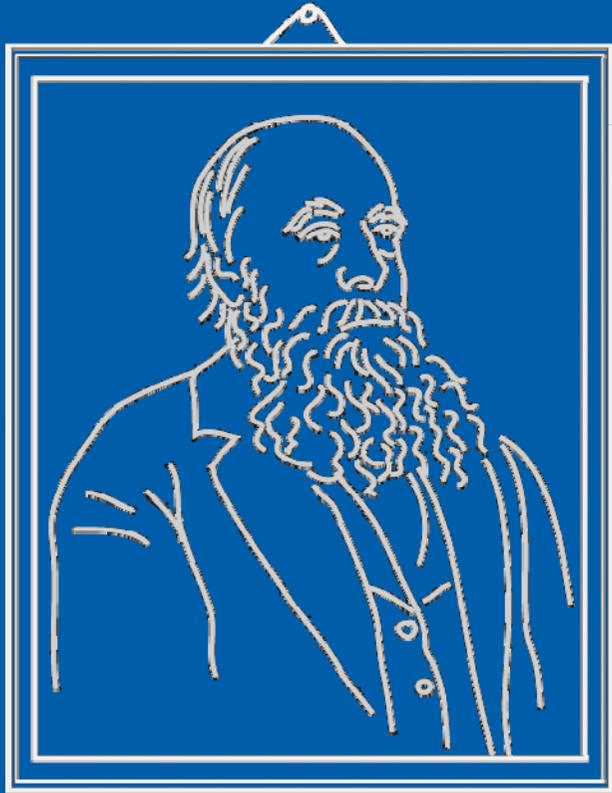
Unsere wichtigste Zutat:
der Energieerhaltungssatz



ROBERT JULIUS MAYER

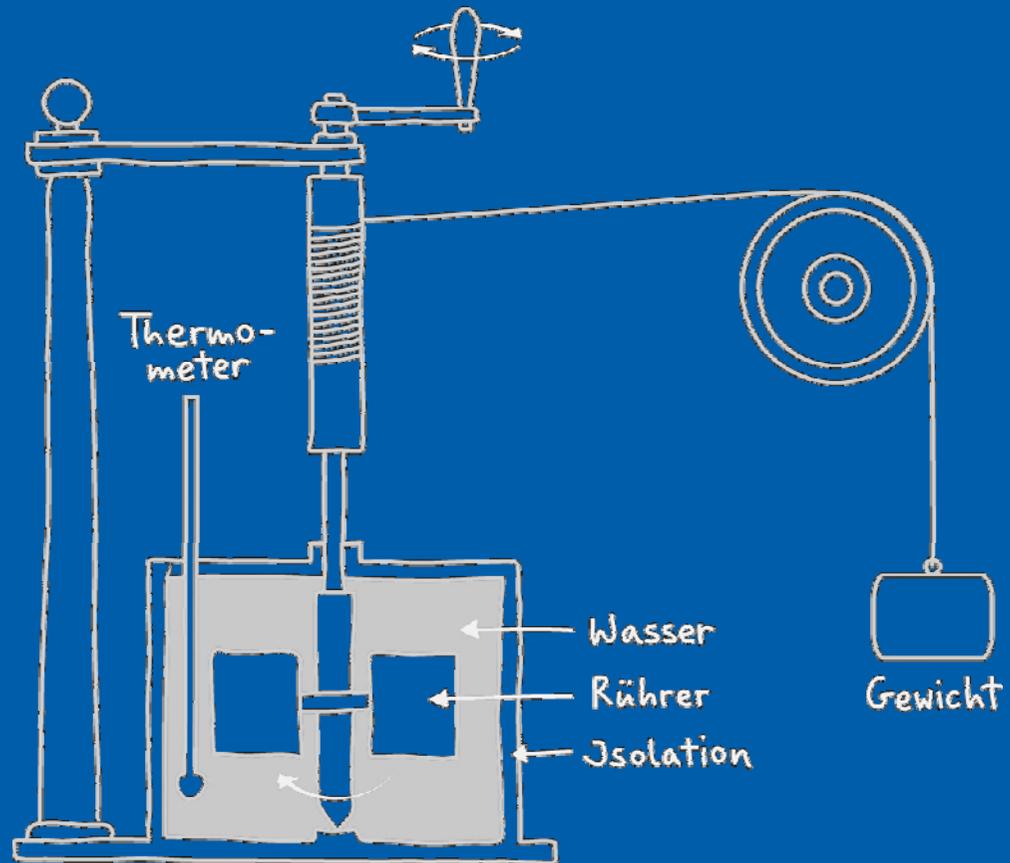
...machte um **1840** die
ersten wissenschaftlichen
Entdeckungen zum Thema
Energieerhaltungssatz...

Kohlenhydrate/Fette + Sauerstoff →
Wasser + Kohlenstoffdioxid + Energie



JAMES PRESCOTT JOULE

...bestimmte im Jahre 1843,
wie viel mechanische Energie
notwendig ist, um Wasser zu
erwärmen...



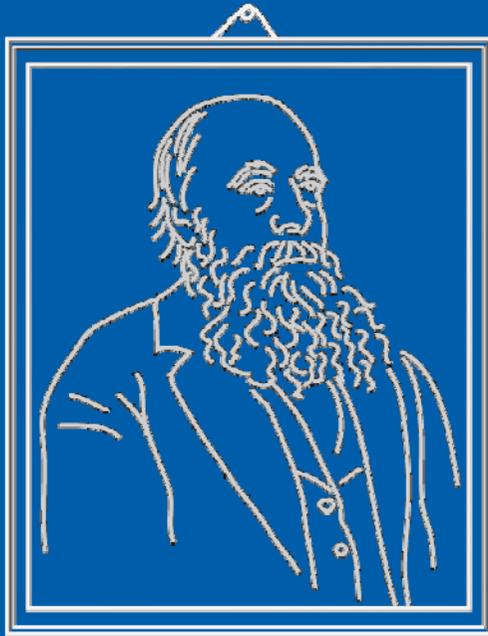


...lieferte **1848** eine
sehr exakte
Formulierung des
Energieerhaltungs-
satzes...

Energie bleibt immer erhalten. Sie kann weder erzeugt noch vernichtet werden, sondern nur von einer in die andere Form umgewandelt werden.

oder kürzer

Von nichts kommt nichts!



JAMES PRESCOTT JOULE



ROBERT JULIUS MAYER

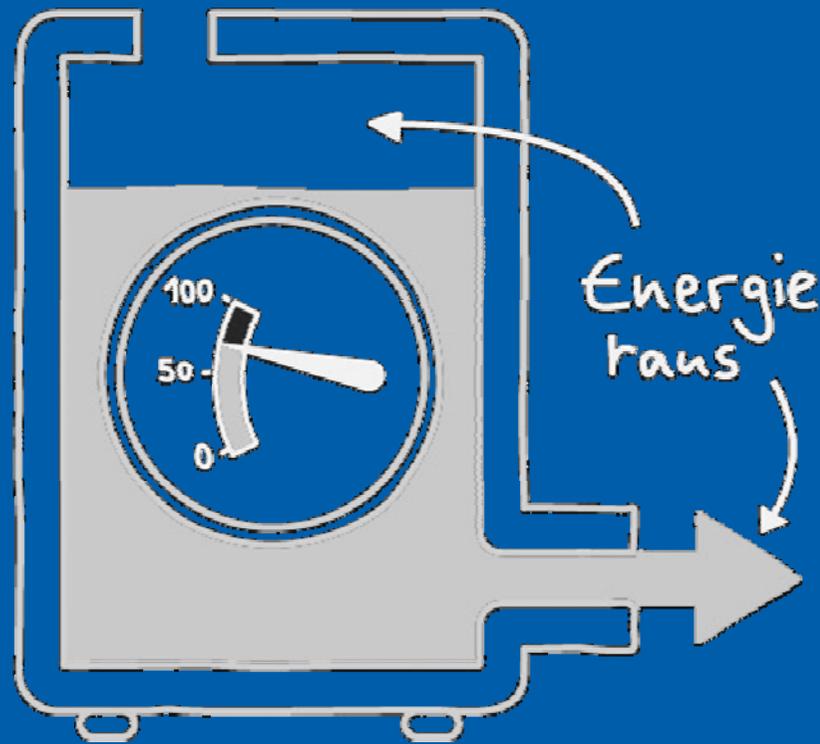
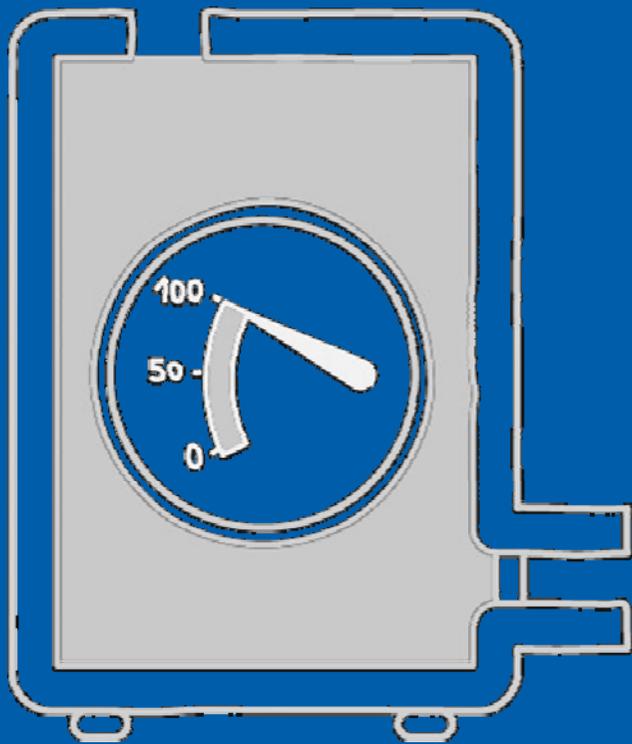


HERMANN VON HELMHOLTZ

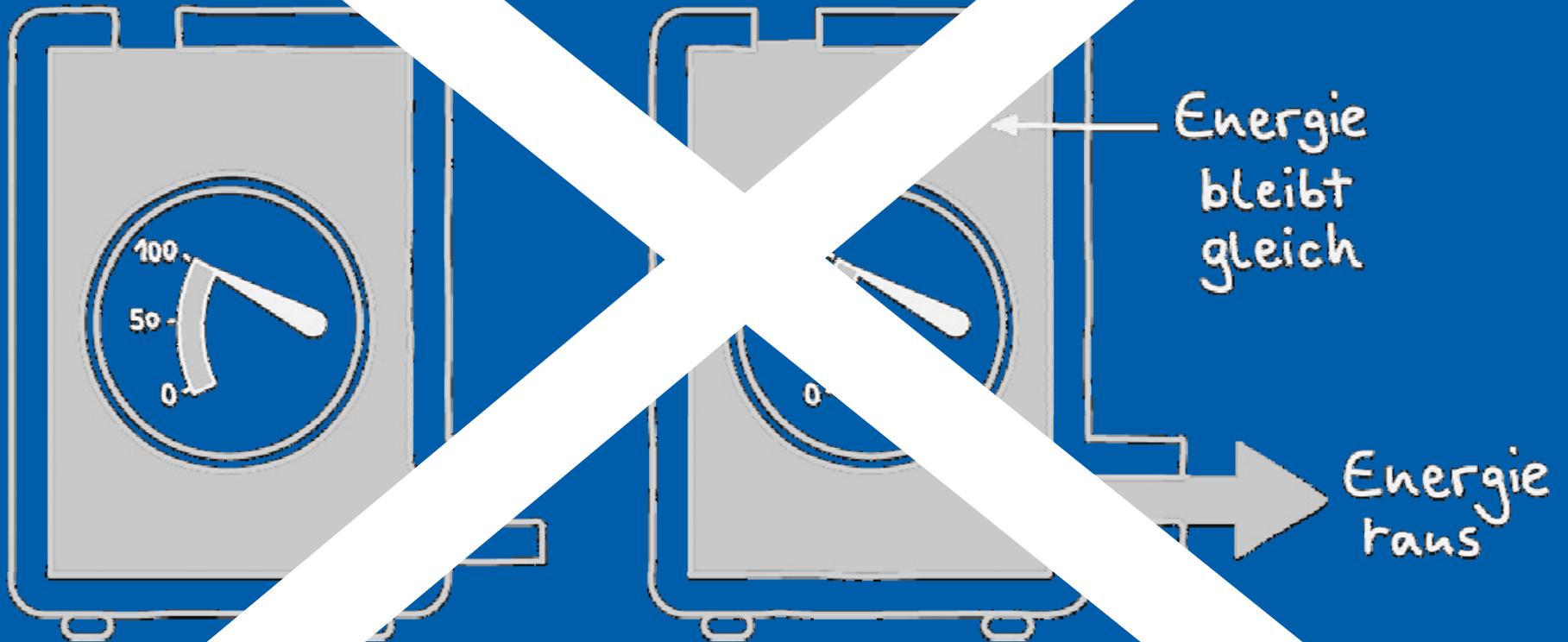


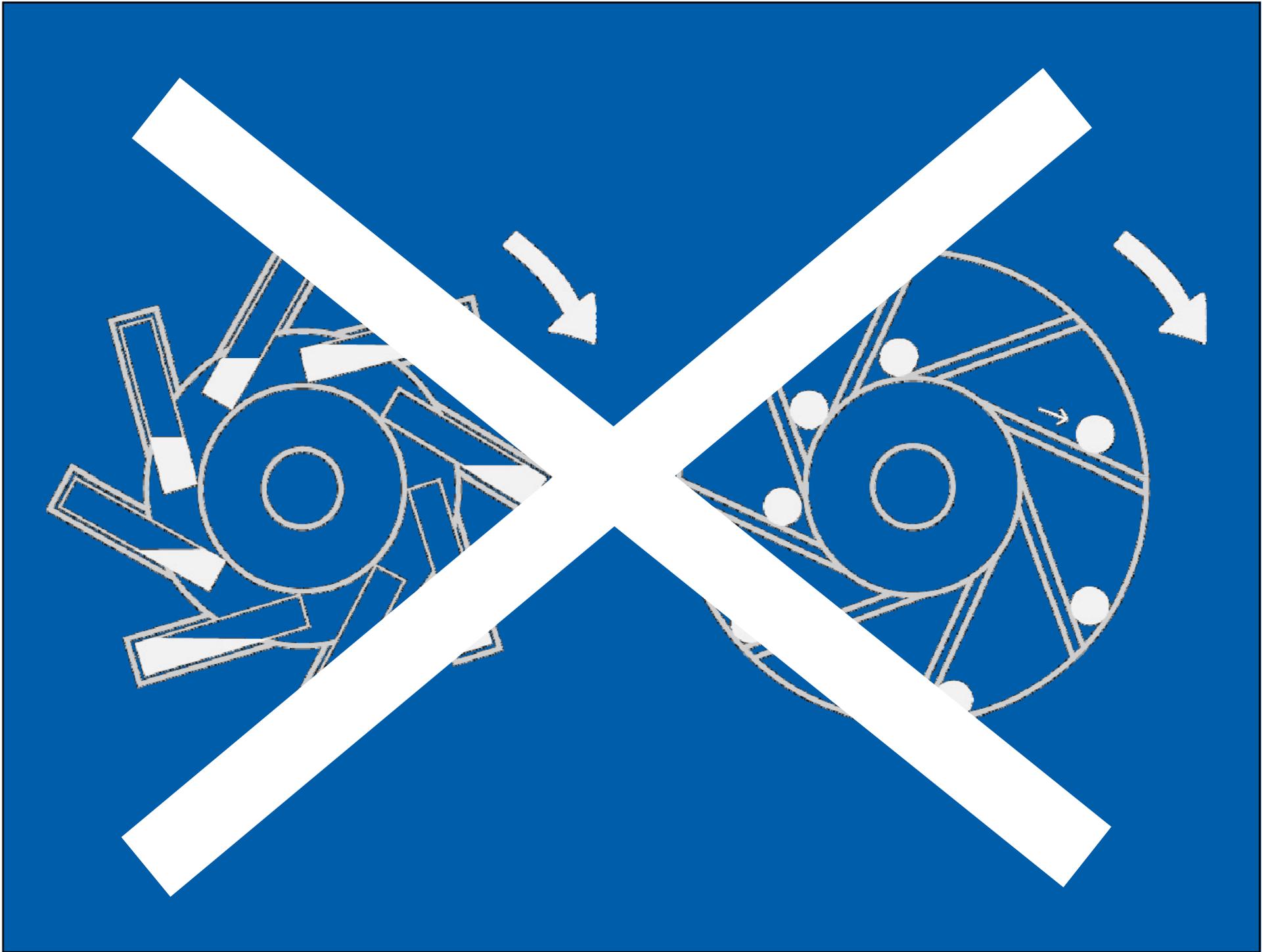
1 Bierbrauer + 2 Ärzte

reale Maschine

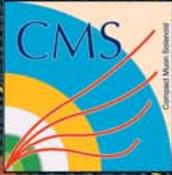


Perpetuum mobile









CMS Experiment at the LHC, CERN

Data recorded: 2010-Jul-09 02:25:58.839811 GMT(04:25:58 CEST)

Run / Event: 139779 / 4994190

Der Energieerhaltungssatz ist
einer der **am besten überprüften**
Sätze der gesamten Physik! Er
gehört zum **sichersten Wissen**
der Menschheit!

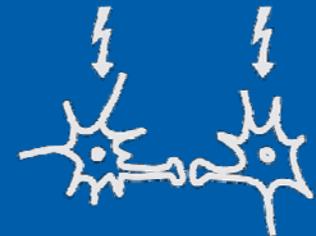


Idee: Randall Munroe

Die Physik macht auch vor dem
Menschen nicht Halt!



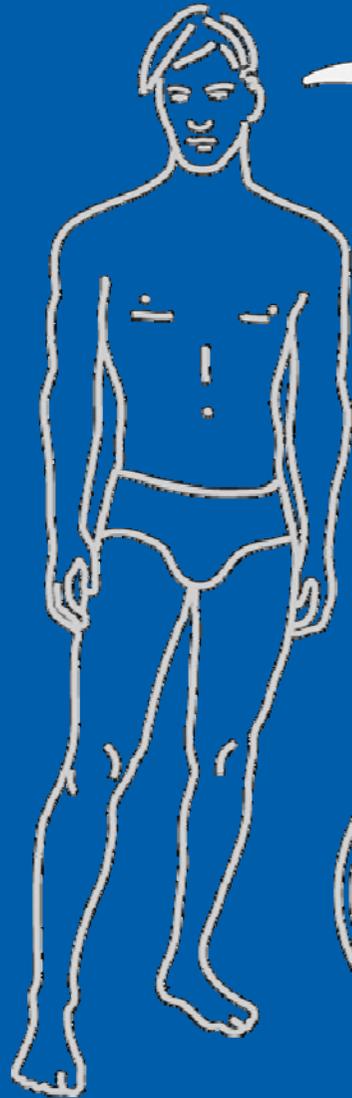
BIOLOGIE



PHYSIK

ist
angewandte

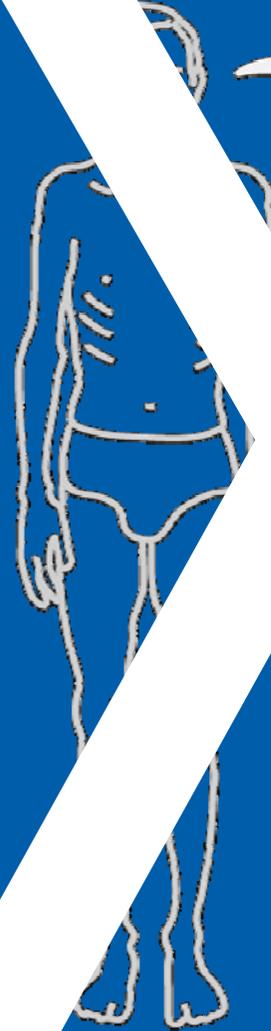
REALER MENSCH



Energie fließt raus
↓
chemische Energie im Inneren sinkt



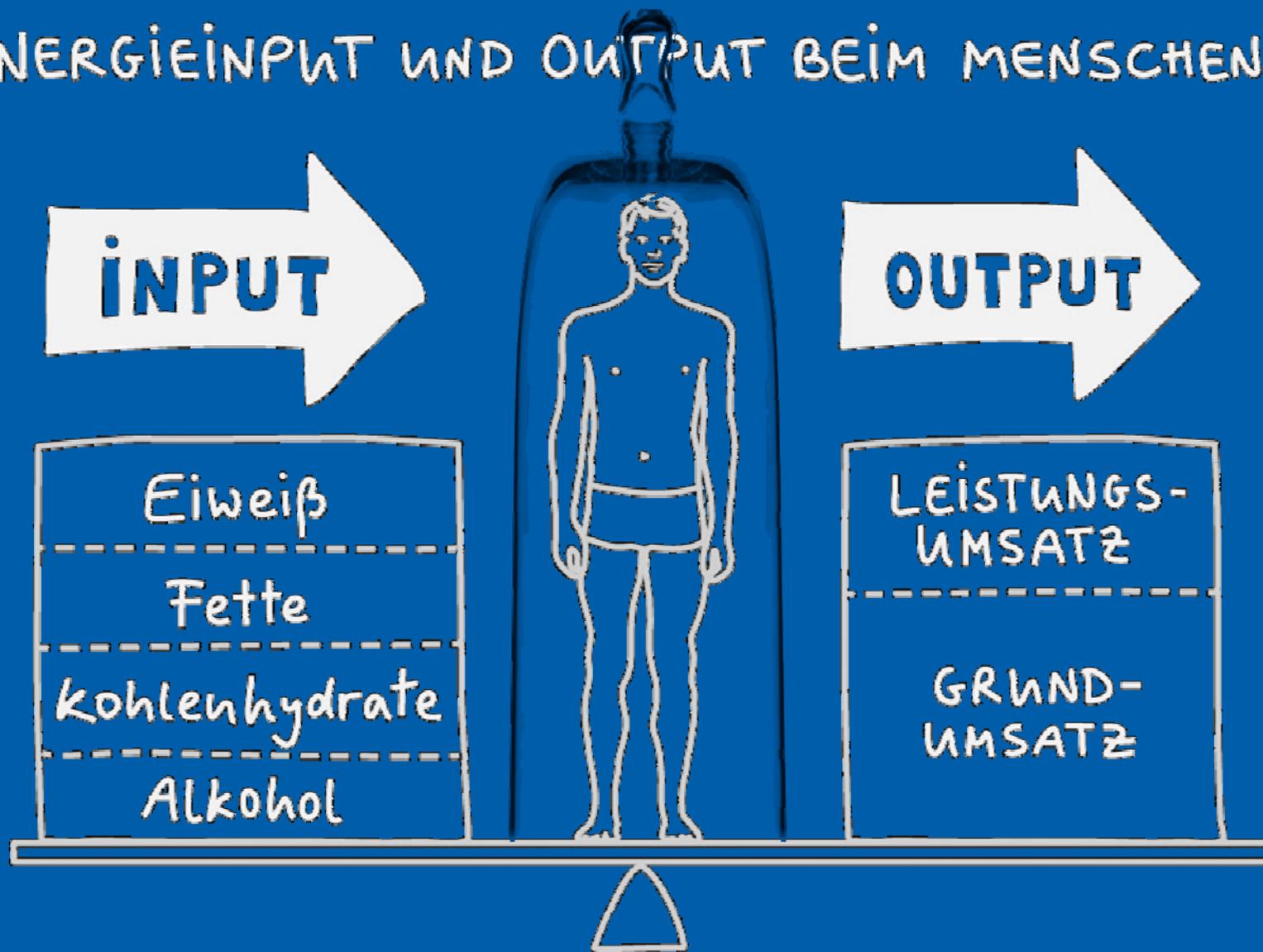
KUNSTLERKÜNSTLER

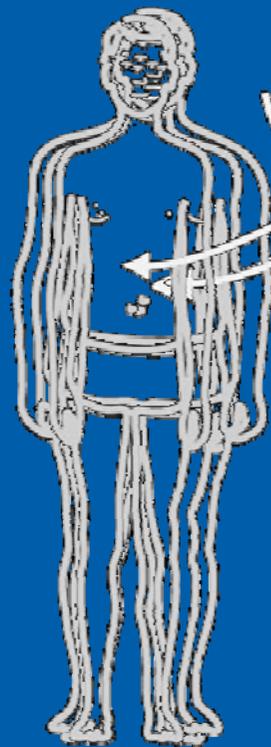
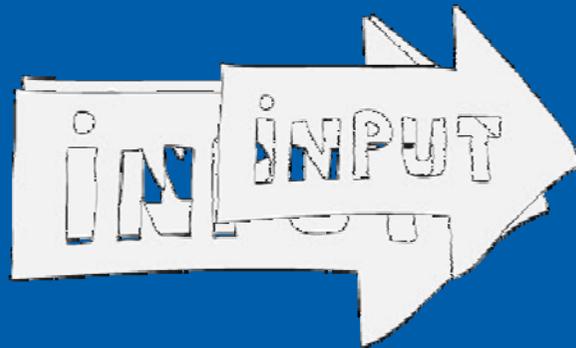


Energie fließt raus
↓
chemische Energie im Inneren sinkt
bis zur Gleich

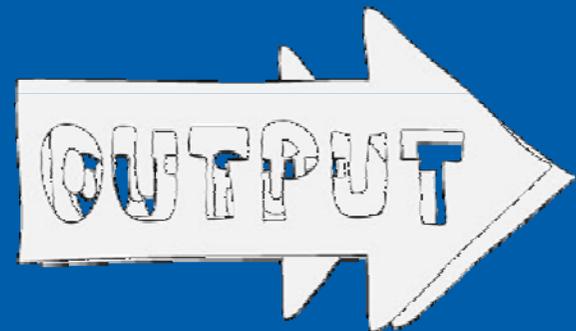


ENERGIEINPUT UND OUTPUT BEIM MENSCHEN

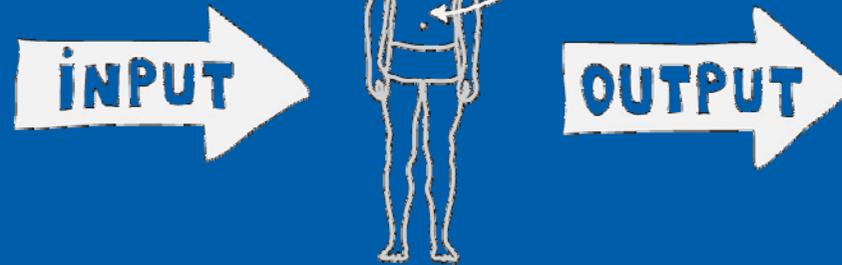




Joule innen
werden Ihnen
weniger
werden mehr

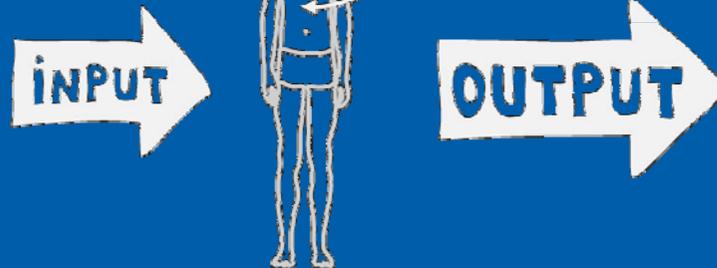


a.) $E_{\text{Input}} = E_{\text{Output}}$



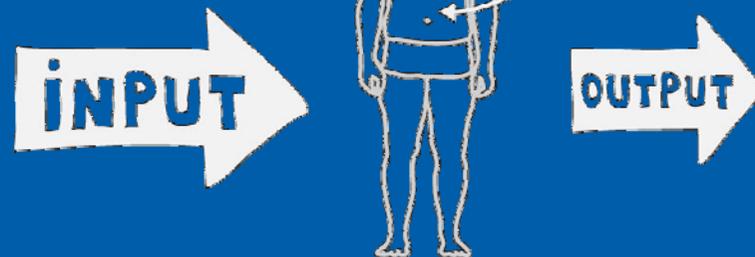
Joule innen
bleiben gleich

b.) $E_{\text{Input}} < E_{\text{Output}}$



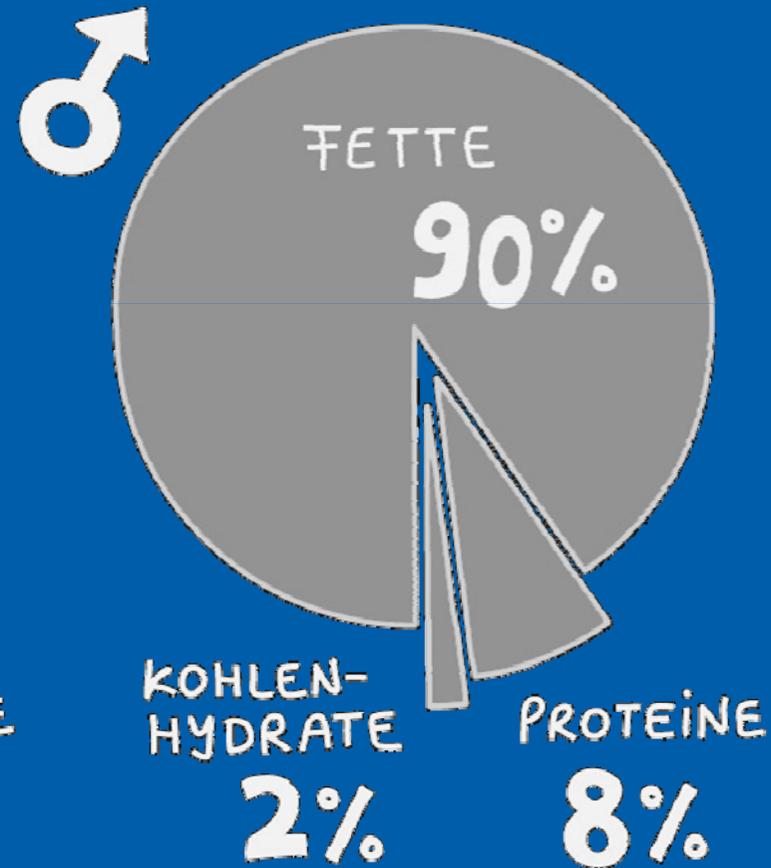
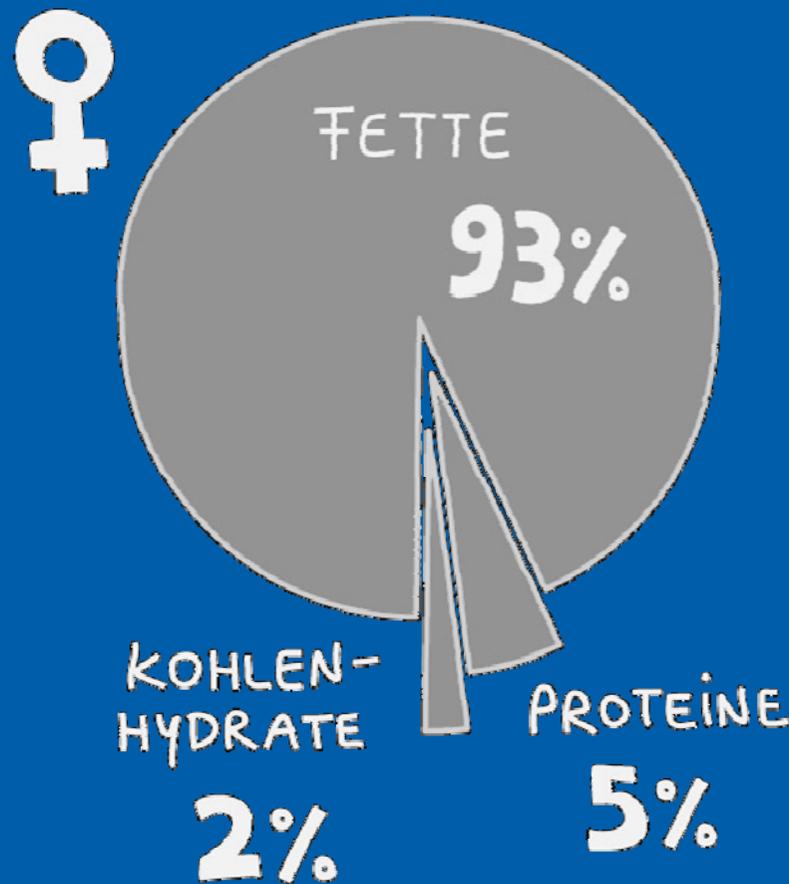
Joule innen
werden weniger

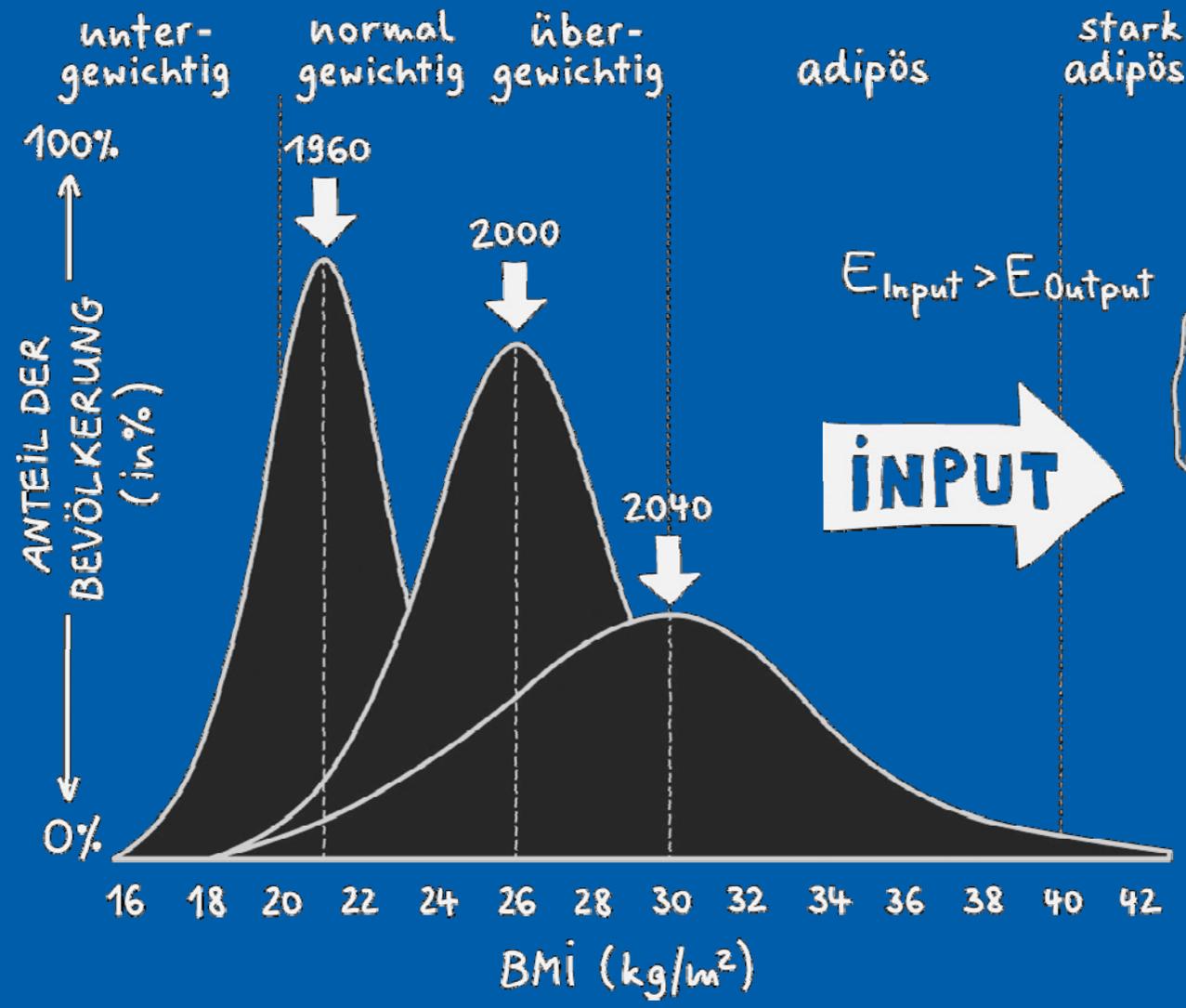
c.) $E_{\text{Input}} > E_{\text{Output}}$



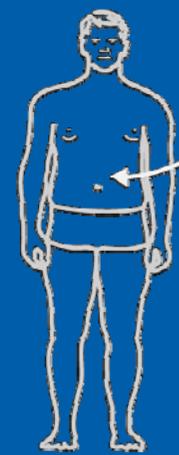
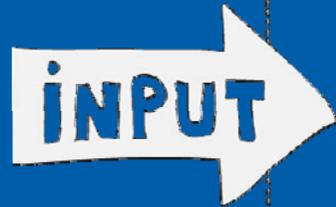
Joule innen
werden mehr

die **Energiespeicher** des Menschen





$$E_{\text{Input}} > E_{\text{Output}}$$



Joule innen werden mehr



Nimmt man im Schnitt **1 % zu viel**
Energie zu sich, summiert sich das im
Laufe eines Jahres auf mehr als **1 kg**
Körperfett.



„Fett macht fett“

vs.

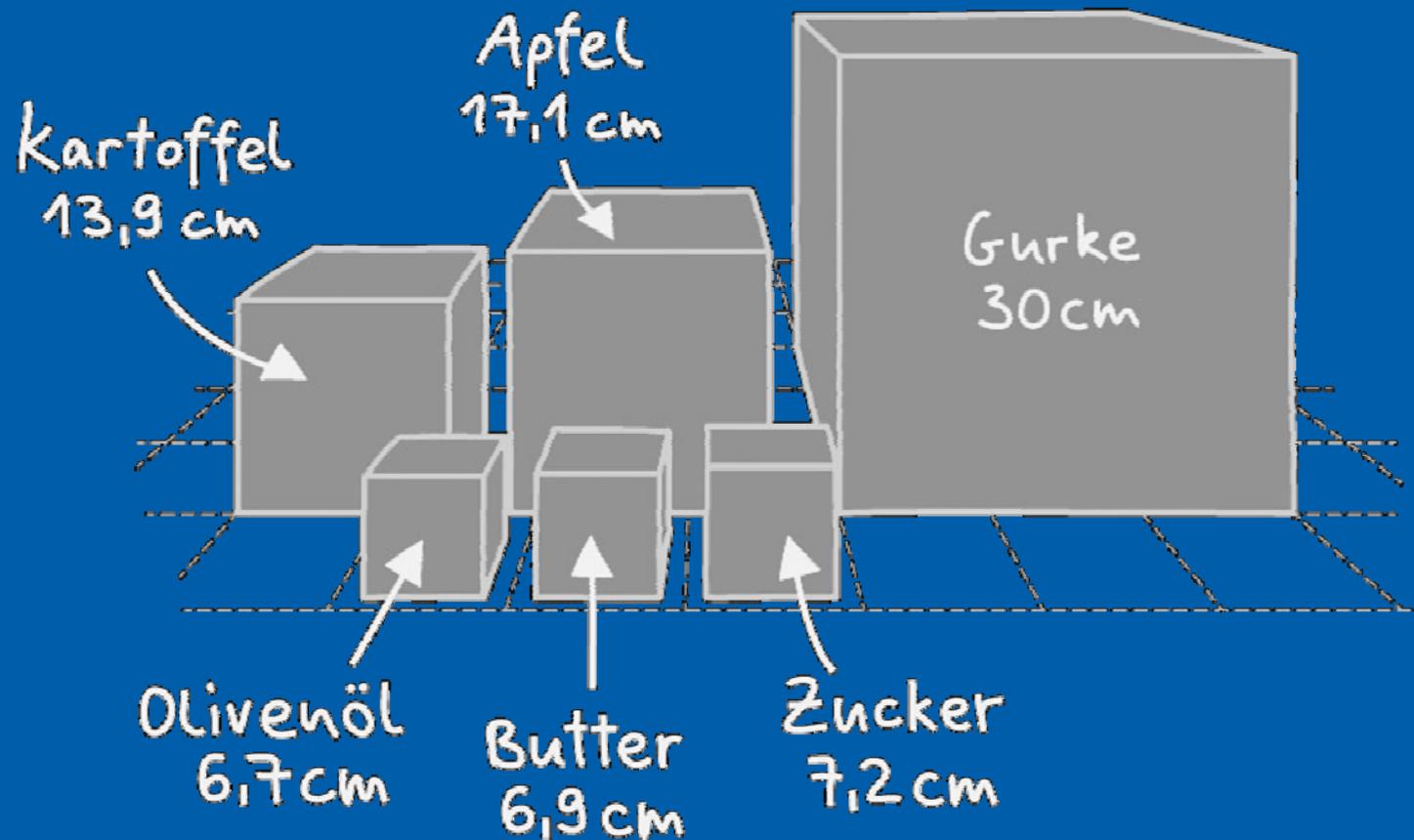
„Kohlenhydrate machen dick“

„low fat“

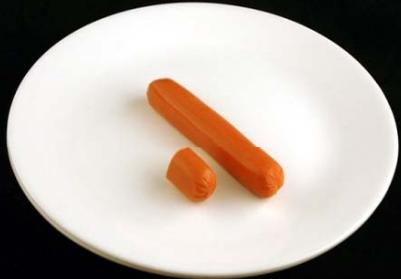
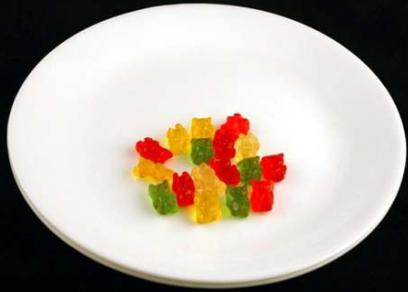
vs.

„low carb“

1 WÜRFEL = TAGESBEDARF



Der Tagesbedarf ist mit 10.000 kJ
(2381 kcal) angenommen.



jeweils
200 kcal



Wenn pro Tag Sie **270g Olivenöl** zu sich nehmen...

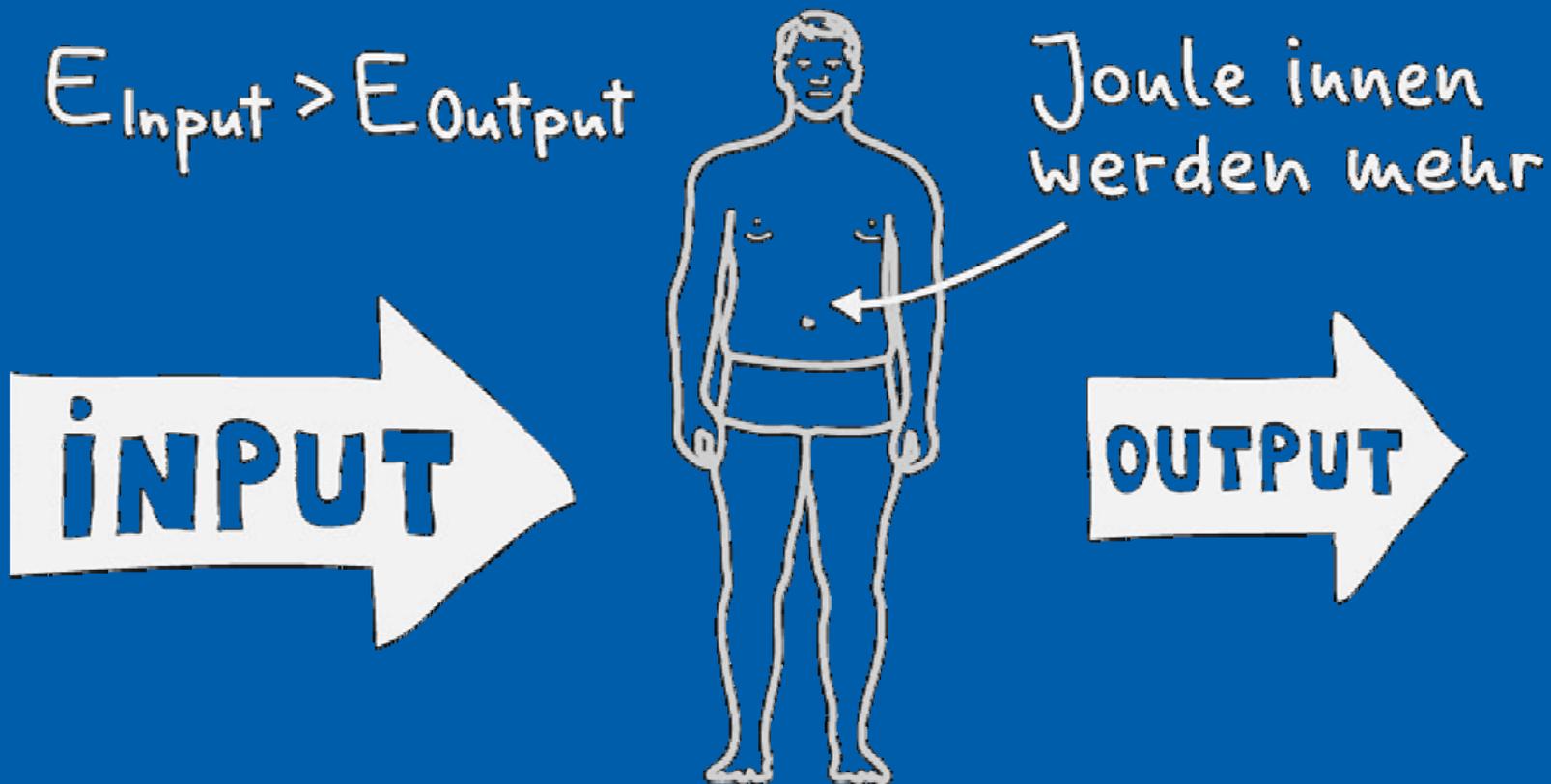


...oder **580 g Zucker**,
decken Sie einen
Tagesbedarf von
10.000 kJ ab.

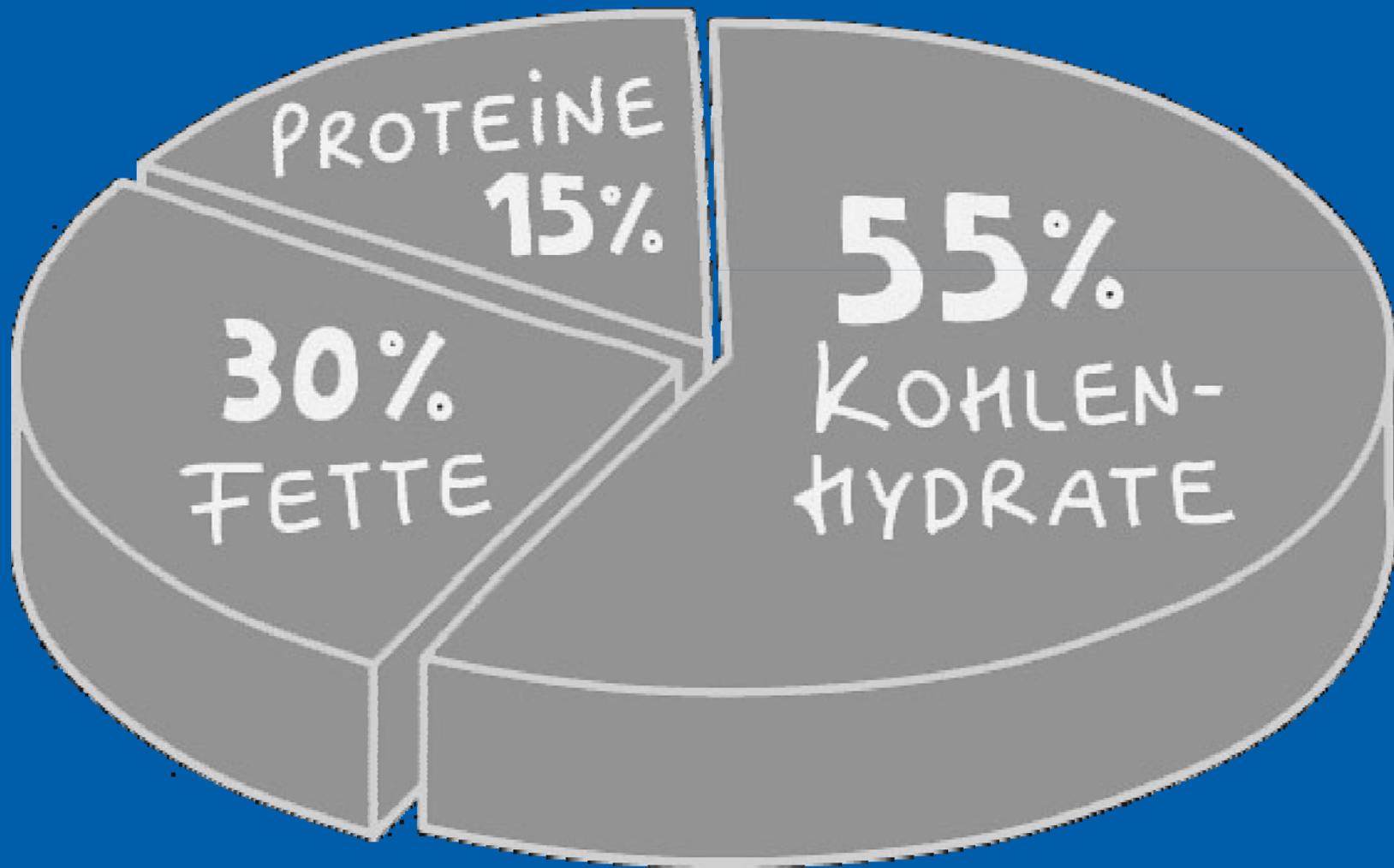


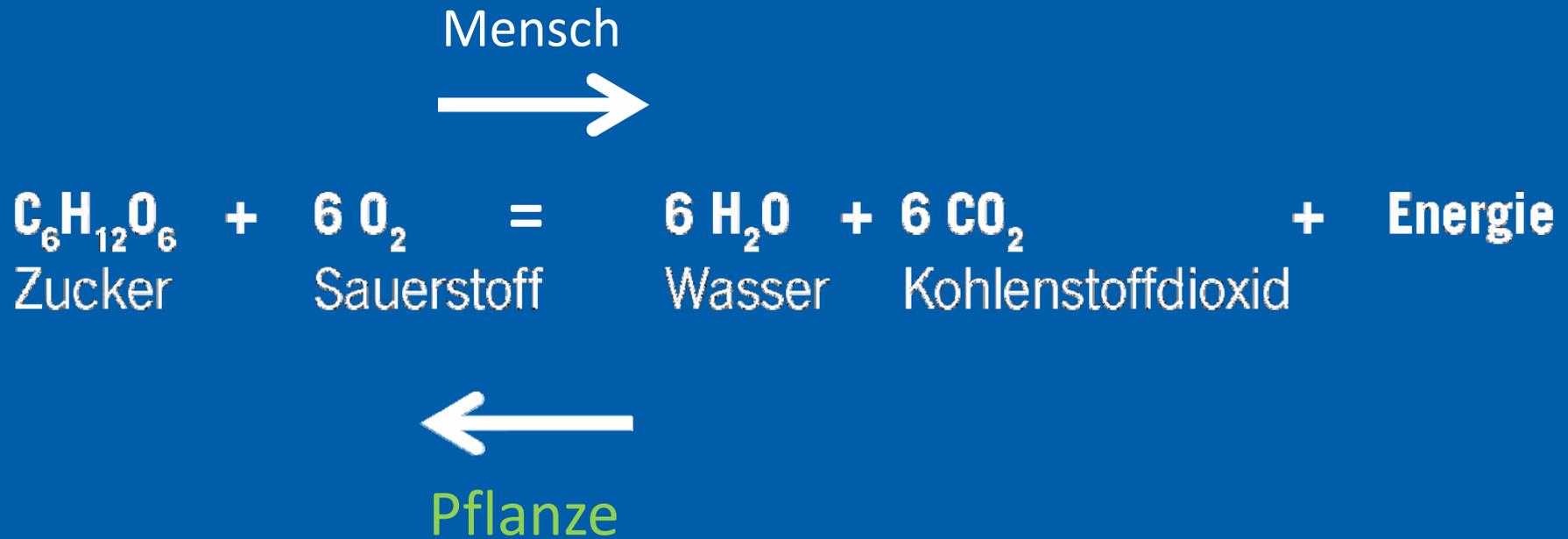
Wenn die Energiebilanz ausgeglichen
ist, nehmen Sie dabei aber nicht zu!

Weder Kohlenhydrate noch Fette **per se** machen dick, es sind die **Joule**, die dick machen!



Wie die **Nahrung**
zusammengesetzt sein sollte!





Tier fressen Pflanzen oder andere Tiere,
die vorher Pflanzen gegessen haben.
Der Mensch isst Tiere und Pflanzen.
Die gesamte chemische Energie im Körper
stammt ursprünglich von der **Sonne!**

Mensch



Zucker

+



Sauerstoff



Wasser

+



Kohlenstoffdioxid

+

Energie



Pflanze

TRANSFORMIERTE
SONNENERGIE



ELEMENT MASSEN-PROZENT ABSOLUTE MASSE BEI EINER KÖRPERMASSE VON

			60 kg	80 kg
Sauerstoff (O)	64 %	} 97 %	38,4 kg	51,2 kg
Kohlenstoff (C)	20 %		12 kg	16 kg
Wasserstoff (H)	10 %		6 kg	8 kg
Stickstoff (N)	3 %		1,8 kg	2,4 kg
Calcium (Ca)	1,5 %		0,9 kg	1,2 kg
Phosphor (P)	1 %		0,6 kg	0,8 kg
Rest	0,5 %		0,3 kg	0,4 kg

SUMMENFORMEL**NÄHRSTOFF****KOMMENTAR**

Traubenzucker

Einfachzucker;
kurzkettiges Kohlenhydrat

Palmitinsäure

Fettsäure; Bestandteil von Fetten



Alanin

Aminosäure; Bestandteil von
Proteinen

Ethanol

die „trinkbare“ Form des Alkohols

H C N O

Ihr Leben wird dadurch
aufrechterhalten, dass Ihr
Körper in der Lage ist, die
Atome H, C, N und O aus
den **Nährstoffen**
umzugruppieren und dabei
Energie freizusetzen.

Ist das **Leben**, auf dieser Ebene betrachtet, nicht extrem wundersam?

Wohin das Fett beim Abnehmen wirklich verschwindet

19. Dezember 2014, 18:14



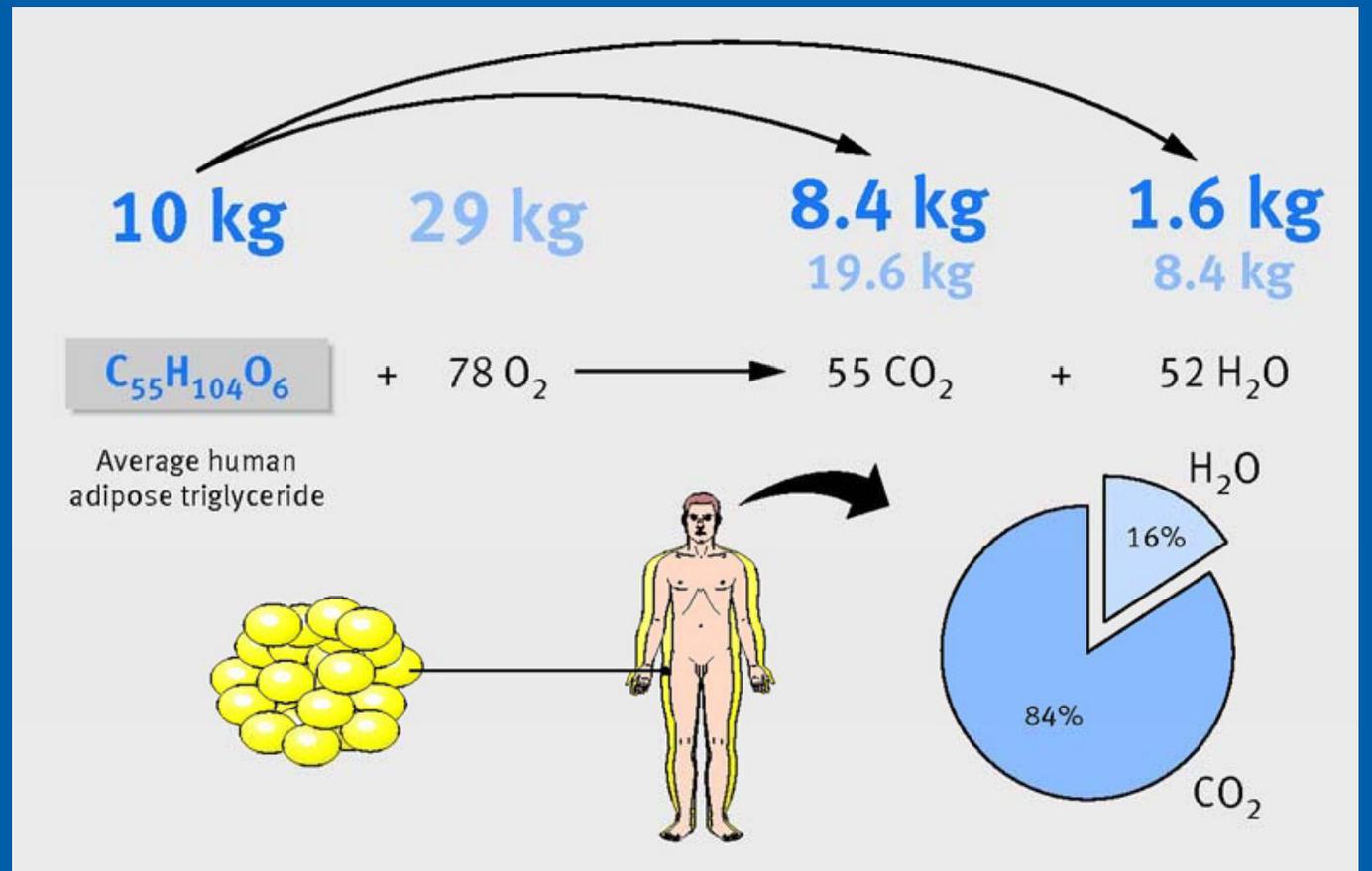
Umfrage unter Experten mit peinlichem Ergebnis: Kein Arzt kannte die richtige Antwort

London/Wien - Jetzt kommt erst einmal Weihnachten. Und das bedeutet im Normalfall das eine oder andere Festtagsessen, wenig Bewegung und womöglich ein paar Kekse zu viel. Wer sich danach oder ab dem 1. Jänner vornimmt, ein paar Kilos abzunehmen, könnte sich vielleicht fragen, wohin denn das Körperfett verschwindet. Wird es in Hitze umgewandelt? Zu Muskeln umgebaut? Oder verlässt es einfach in Form von Kot, Urin und Schweiß den Körper?

Diesen Fragen sind die australischen Forscher Ruben Meerman und Andrew Brown (University of New South Wales in Sydney) für die Weihnachtsausgabe des "British Medical Journal", in der traditionell nicht ganz bierernste Themen mit britischem Humor abgehandelt werden, nachgegangen. Der mehr oder weniger ironische Teil der Studie: Die Wissenschaftler erhoben in einer nichtrepräsentativen Befragung die Einschätzung vom 50 praktischen Ärzten, 50 Diätologen und 50 Personal Trainern.

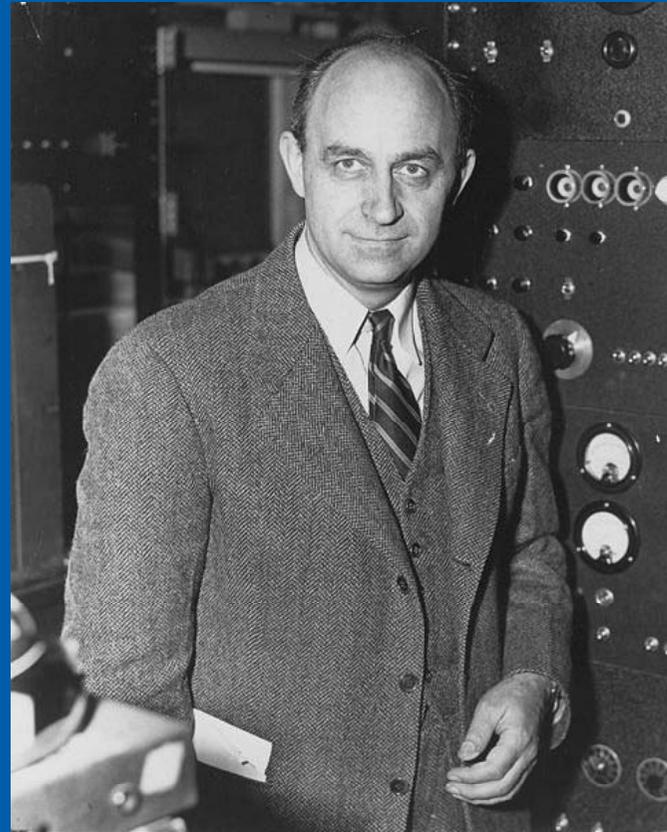


Von den insgesamt 150 Experten tippten mit Abstand die meisten auf Fettverwandlung in Energie oder Hitze, danach folgten die Antwortalternativen Kot, Muskeln, Schweiß und Urin. Einige der befragten Personal Trainer gaben zu, keine Ahnung zu haben, relativ viele praktische Ärzte nannten eine ganz andere Antwort.



Stichwort

Fermi-Rechnungen



Wie oft schlägt das
Herz eines
Menschen im Laufe
seines Lebens?

Geben Sie bitte
einen stillen **Tipp**
ab!



1 Tag hat $60 \cdot 24 = 1440$ Minuten

80 Jahre entsprechen 4,2 Millionen Minuten

bei 70 Schlägen in der Minute
kommt man auf **rund 3 Milliarden**
Schläge

...unscharfe Rechnungen...

...ermöglichen, in
unbekanntes quantitatives
Terrain vorzudringen...

Zum Thema
Ungenauigkeit:

It's not a bug, it's a
feature!

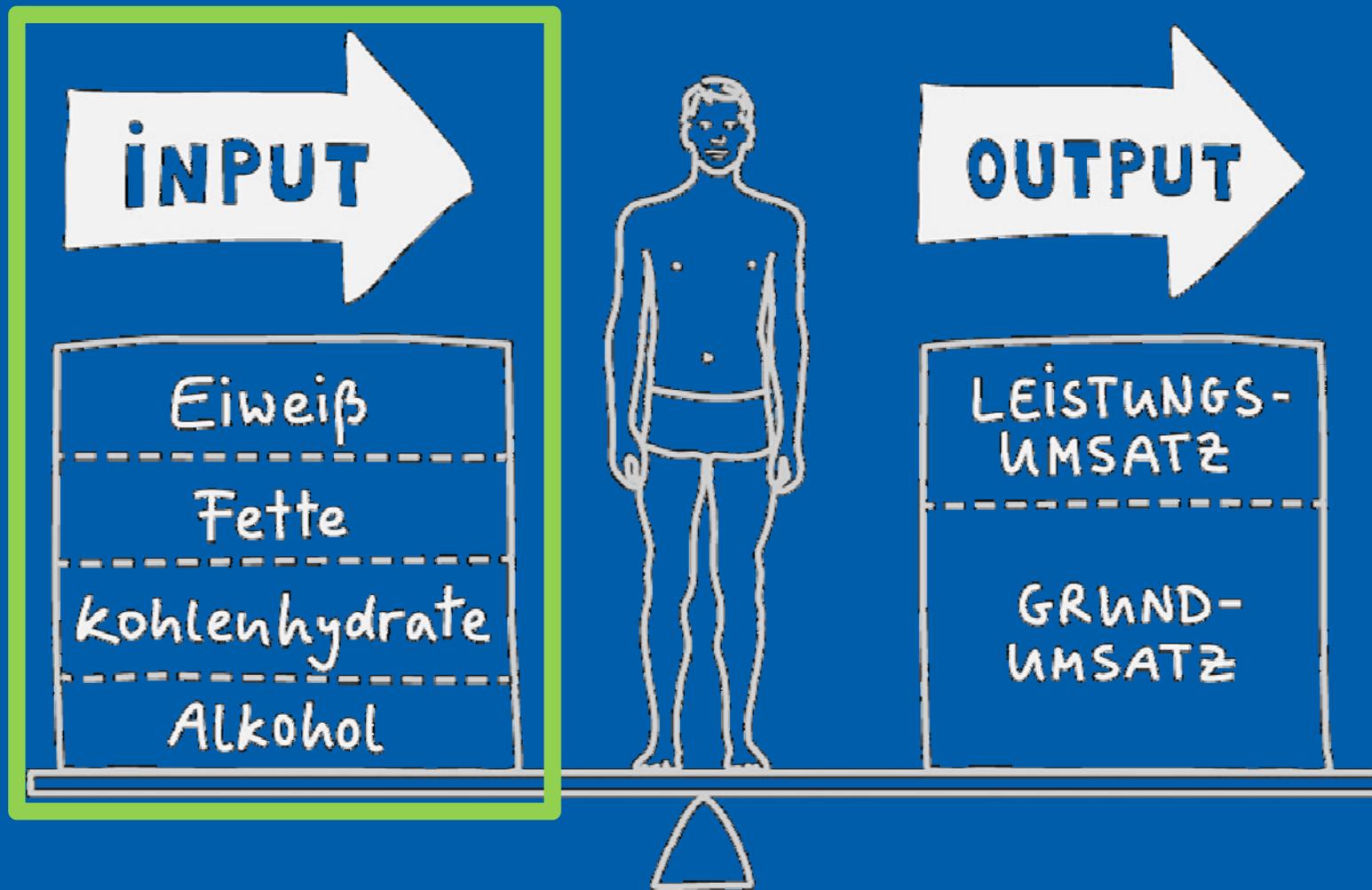
Dieser Bereich ist
das „feature“!

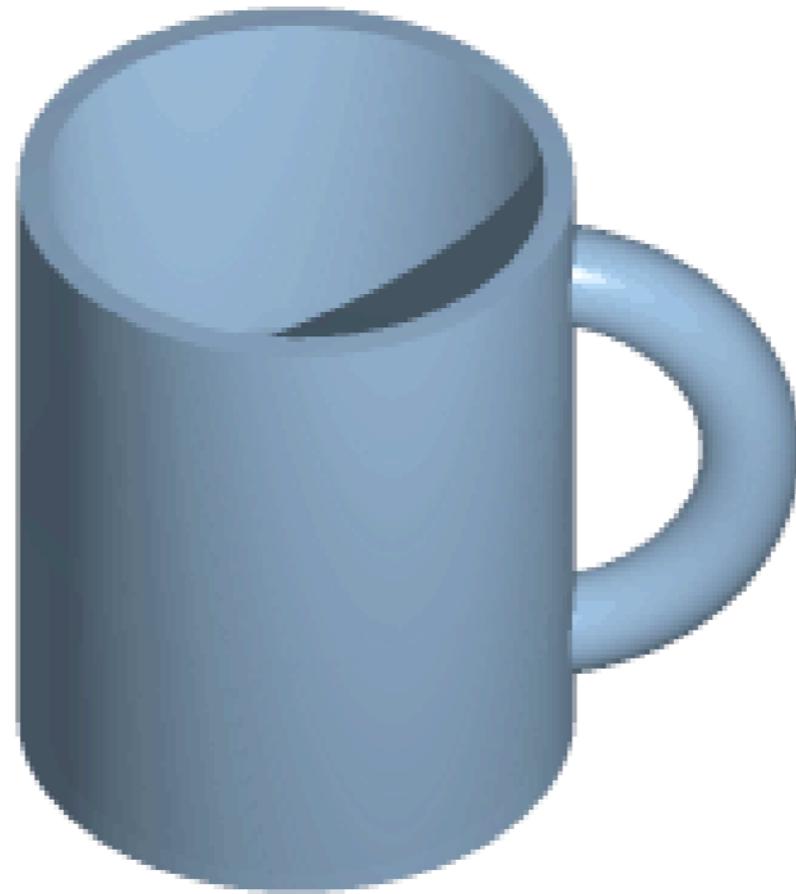
Abschätzungen
„ $3 \cdot 4 \approx 10$ “, „der Tag hat
 10^5 Sekunden“, ein Lichtjahr ist
 10^{16} m lang,...

Fermi-
Rechnungen

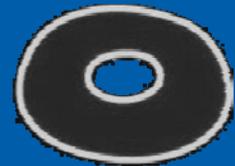
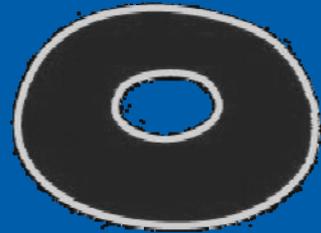
nicht alle Daten
liegen exakt vor

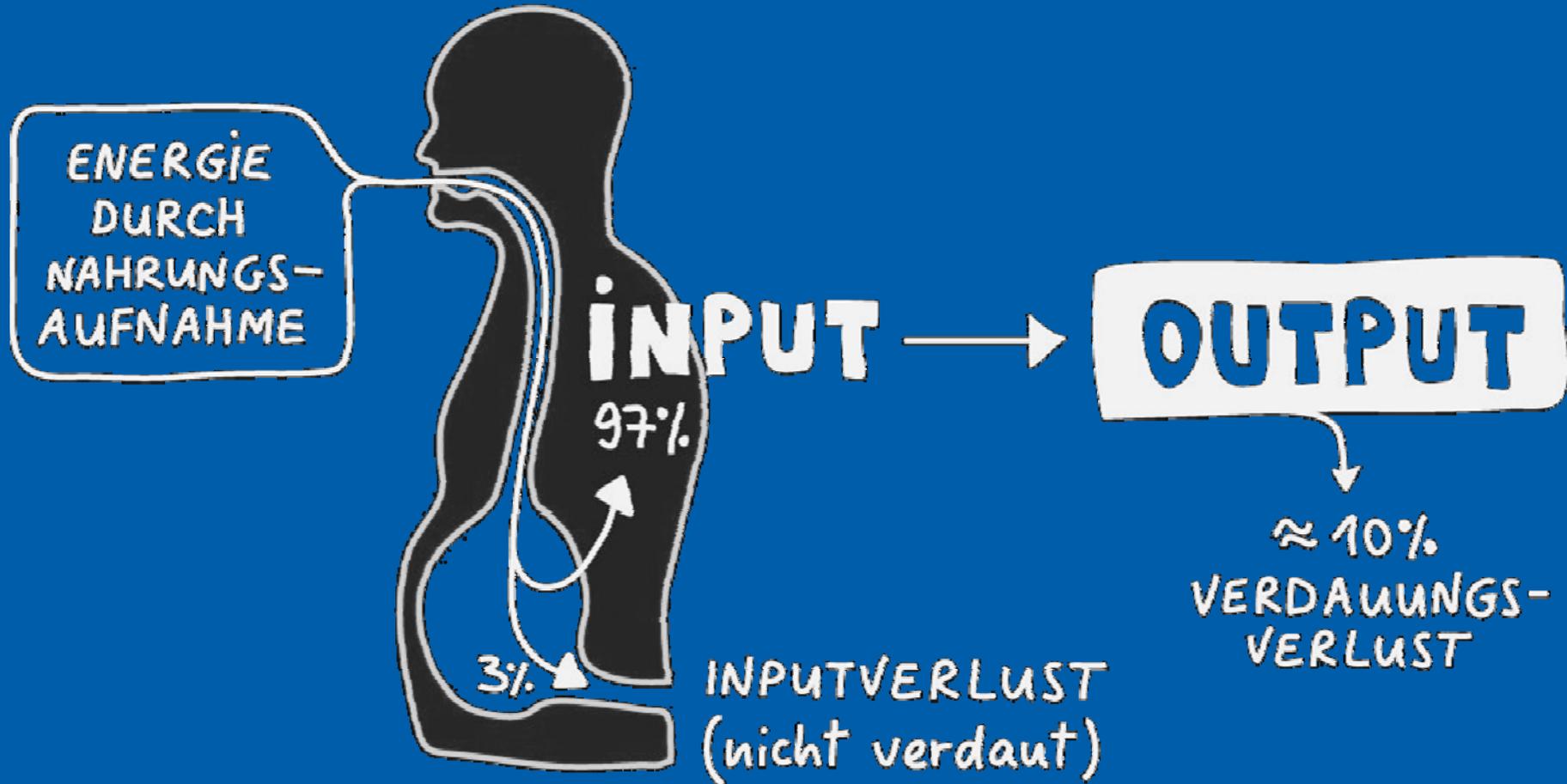
ENERGIEINPUT UND OUTPUT BEIM MENSCHEN





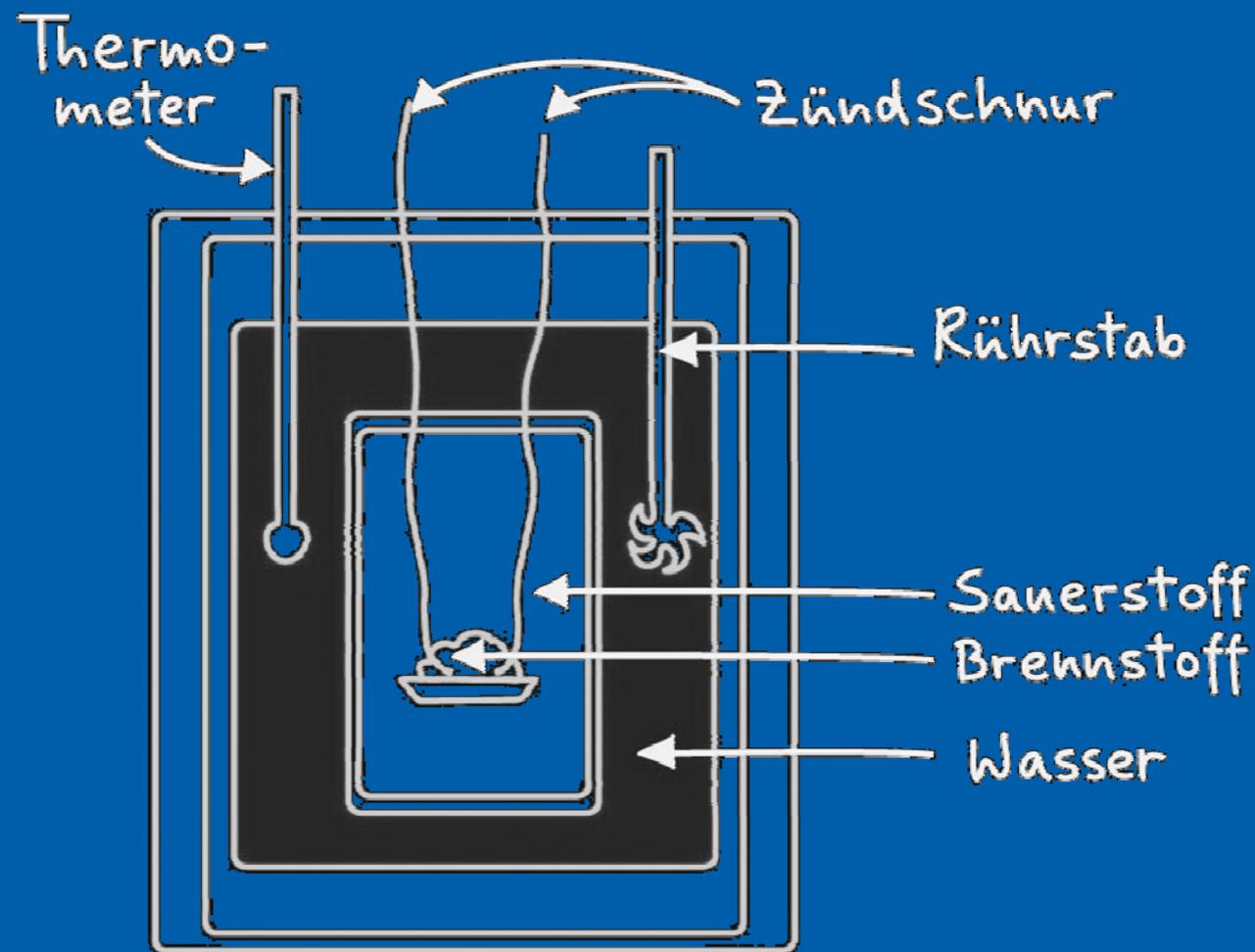
Nasenklammer





Nahrungsmittelunverträglichkeit + Orlistat

physikalischer versus physiologischer Brennwert



STOFFE

1 g Kohlenhydrate 17 kJ

1 g Fett 39 kJ

1 g Proteine 17 kJ

1 g Ethanol 30 kJ

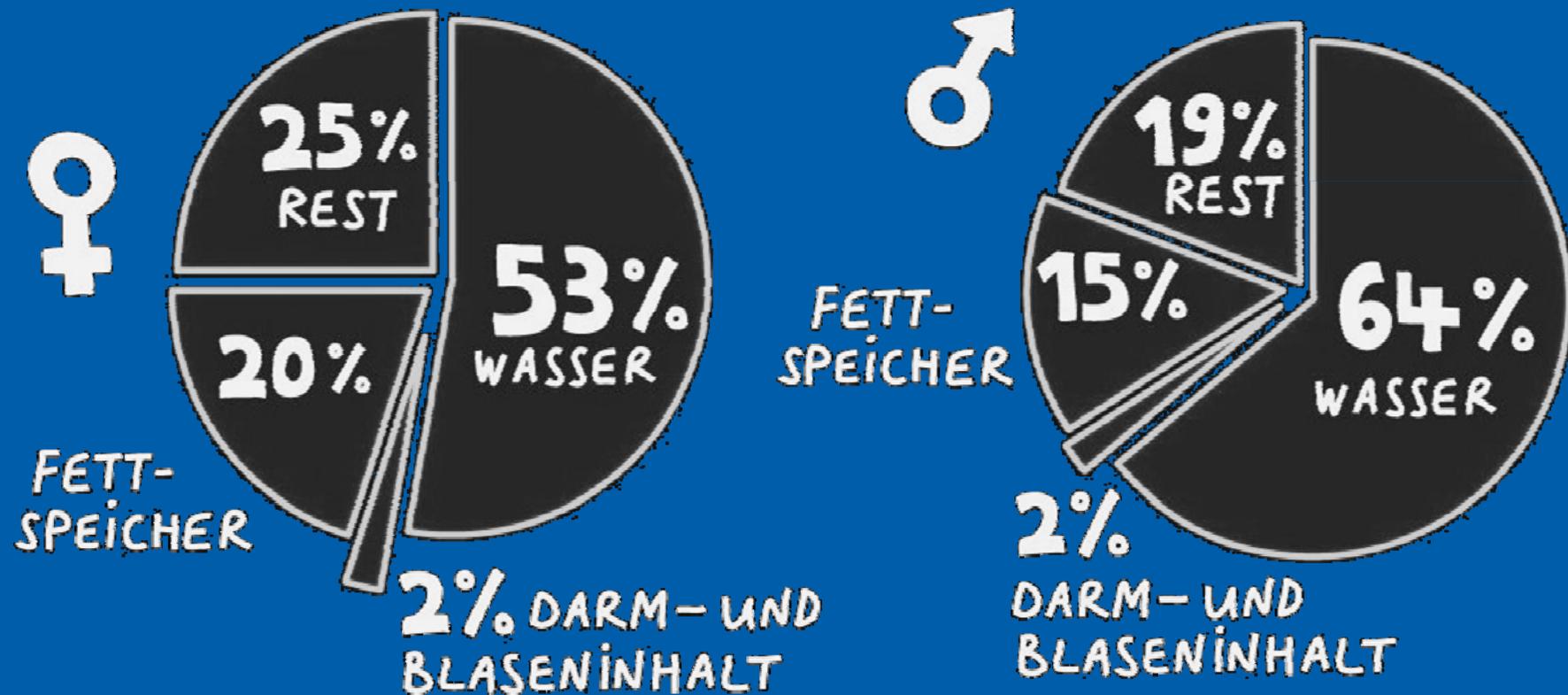
Tabelle 2: Richtwerte für die Brennwerte der Nährstoffe.



Traubenzucker hat zum Beispiel nur 15,7 kJ/g (3,7 kcal/g), liegt also deutlich unter dem Wert in der Tabelle.

Abnehmen versus **Abspecken**

Massenzusammensetzung



Annahmen

Tagesbedarf

10.000 kJ (2381 kcal)

Brennwert von 1 kg

Körperfettgewebe

30.000 kJ (7143 kcal)

Kann man 5 kg Fett
in einer Woche
verlieren?

10.000 kJ pro Tag entspricht
1/3 kg Körperfettgewebe



kein
INPUT!



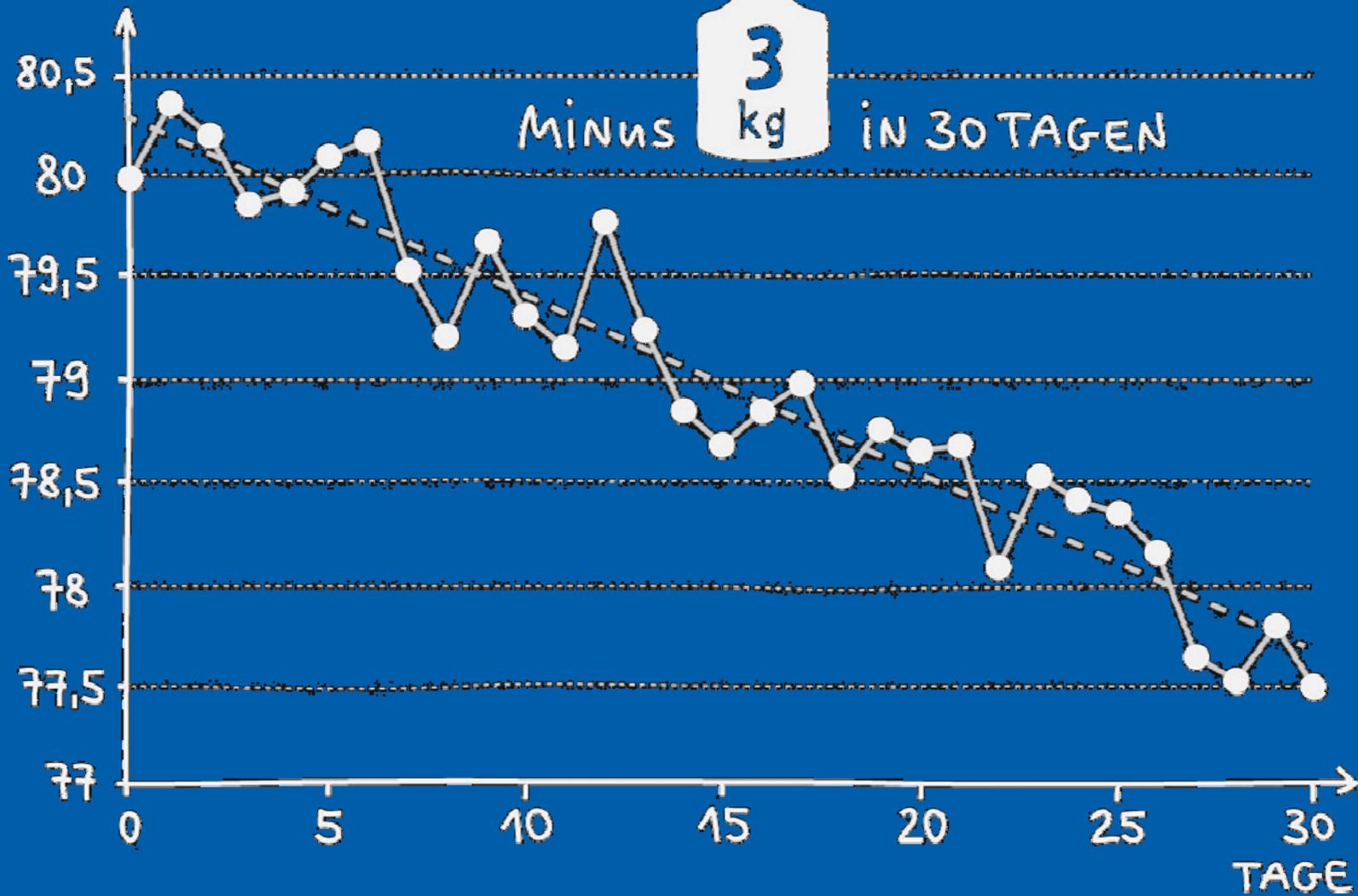
10.000 kJ

OUTPUT

aus den Speichern

MASSNAHME	EINSPARUNG PRO TAG	FETTABNAHME PRO TAG	TAGE, UM 1 KG FETT ABZUNEHMEN
Nulldiät	10.000 kJ (2381 kcal)	$\frac{1}{3}$ kg (333 g)	3
-50 % FdH („Friss die Hälfte“)	5000 kJ (1190 kcal)	$\frac{1}{6}$ kg (167 g)	6
-30 % FzD („Friss zwei Drittel“)	3000 kJ (714 kcal)	$\frac{1}{10}$ kg (100 g)	10
-10 %	1000 kJ (238 kcal)	$\frac{1}{30}$ kg (33 g)	30
-1 %	100 kJ (24 kcal)	$\frac{1}{300}$ kg (3,3 g)	300

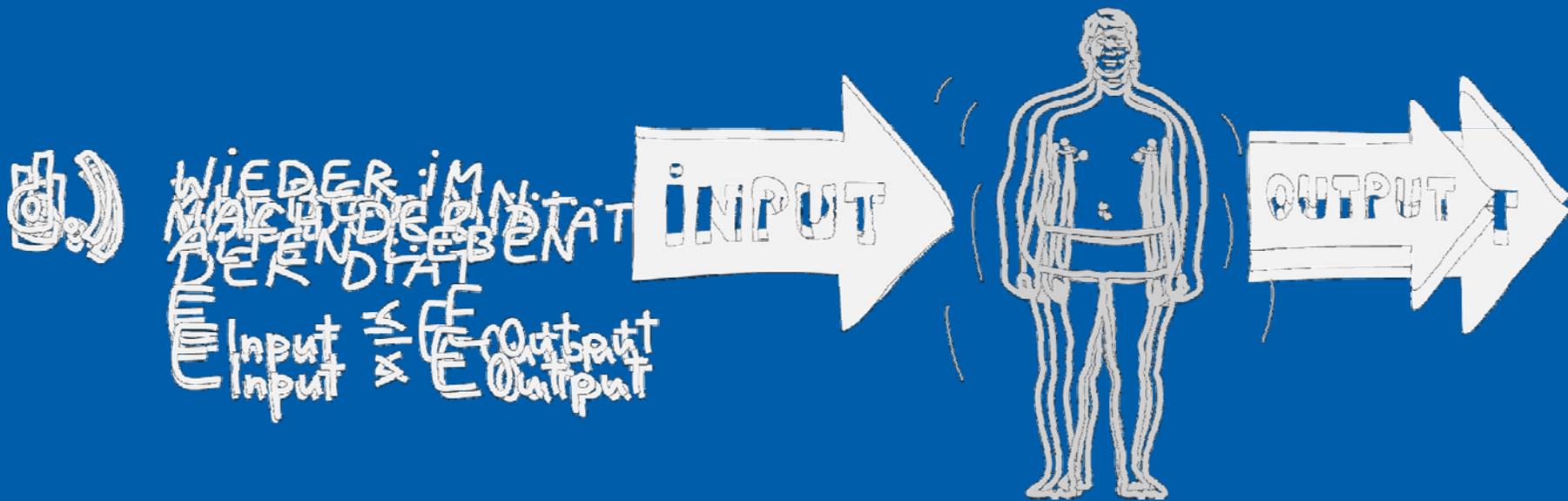
MASSE IN KG



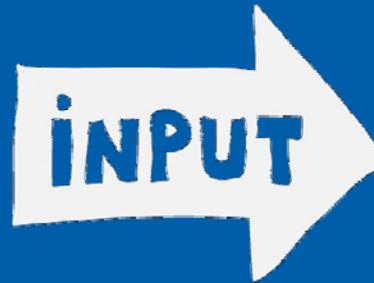
Schenken Sie die
Waage Ihrem
Todfeind!

Bernhard Ludwig

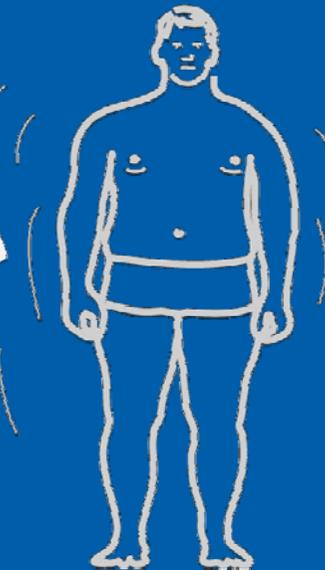
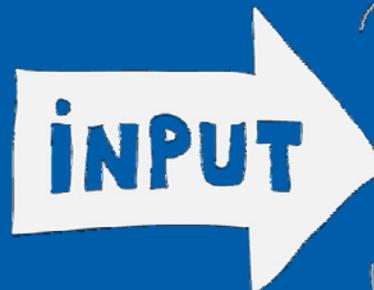
der Jojo-Effekt



a.) VOR DER DIÄT
 $E_{\text{Input}} = E_{\text{Output}}$



b.) WIEDER IM
ALTEN LEBEN
 $E_{\text{Input}} > E_{\text{Output}}$



GETRÄNK	BRENNWERT PRO 0,5 L	ANTEIL AM TAGESBEDARF	BRENNWERT VON 1,5 L	ANTEIL AM TAGESBEDARF
Starkbier	1250 kJ (298 kcal)	12,5 %	3750 kJ (893 kcal)	37,5 %
Apfelsaft	1000 kJ (238 kcal)	10,0 %	3000 kJ (714 kcal)	30,0 %
Coca-Cola	925 kJ (220 kcal)	9,3 %	2775 kJ (664 kcal)	27,8 %
Orangensaft	920 kJ (219 kcal)	9,2 %	2760 kJ (661 kcal)	27,6 %
Bier	850 kJ (202 kcal)	8,5 %	2550 kJ (607 kcal)	25,5 %
Fanta	815 kJ (194 kcal)	8,2 %	2445 kJ (582 kcal)	24,5 %
Sprite	795 kJ (189 kcal)	8,0 %	2385 kJ (568 kcal)	23,9 %



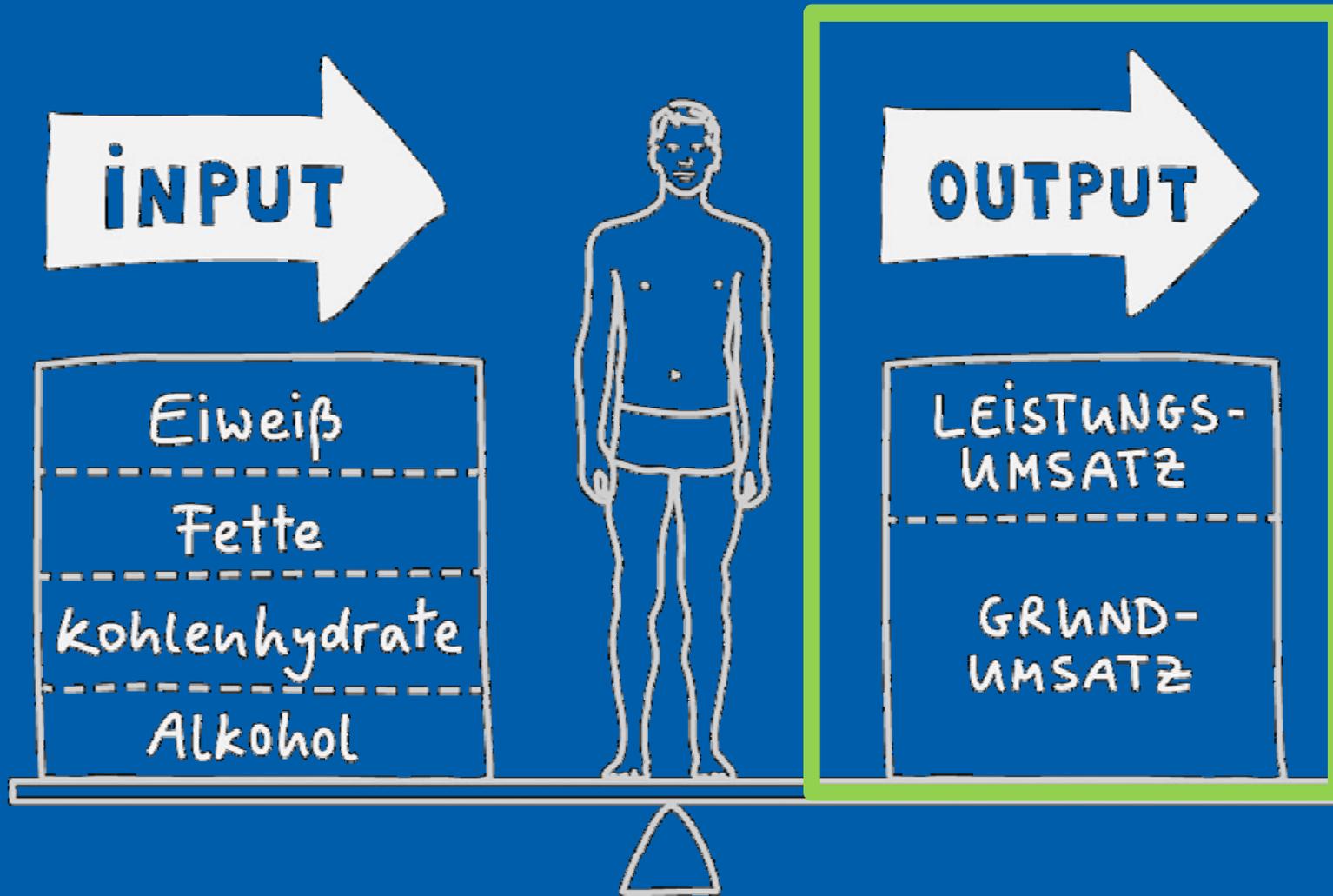
Frankreich		12,3l
Portugal / Österreich		12,2l
Tschechien		12,1l
Ungarn		11,8l
Irland		11,3l
Großbritannien / Polen		10,2l
Schweiz / Dänemark		10,1l
Finnland		10l
Deutschland / Belgien		9,7l
Niederlande		9,4l
Griechenland		9,2l
OECD Schnitt		9,1l
Slovakei		9l
Italien		8l
Schweden		7,4l
Island		7,3l
Norwegen		6,7l
Türkei		1,5l

9,7 Liter reiner Alkohol
haben einen Brenn-
wert von 260.000 kJ.

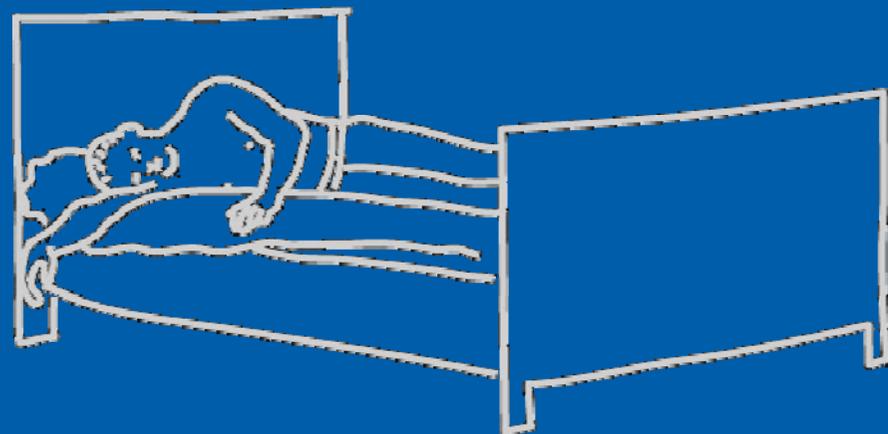


Das entspricht täglich
etwa 710 kJ oder 7 %
des Tagesbedarfs!

ENERGIEINPUT UND OUTPUT BEIM MENSCHEN



der Grundumsatz



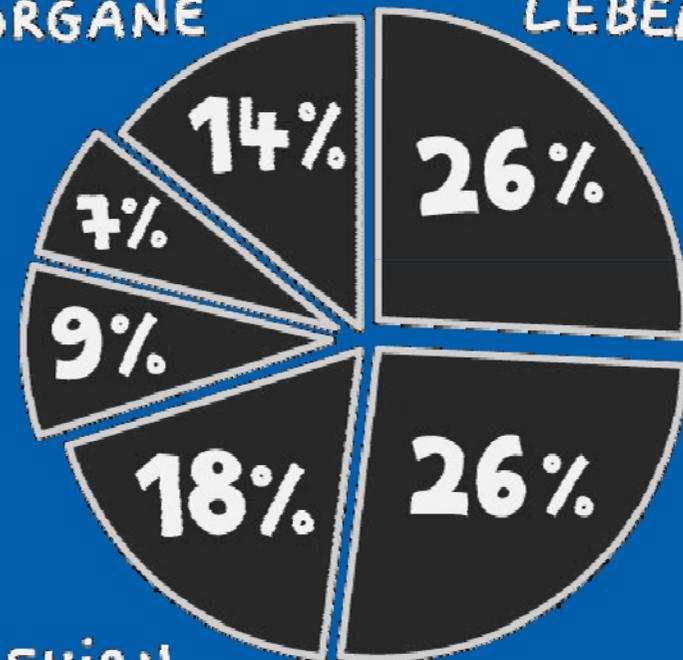
ÜBRIGE ORGANE

NIEREN

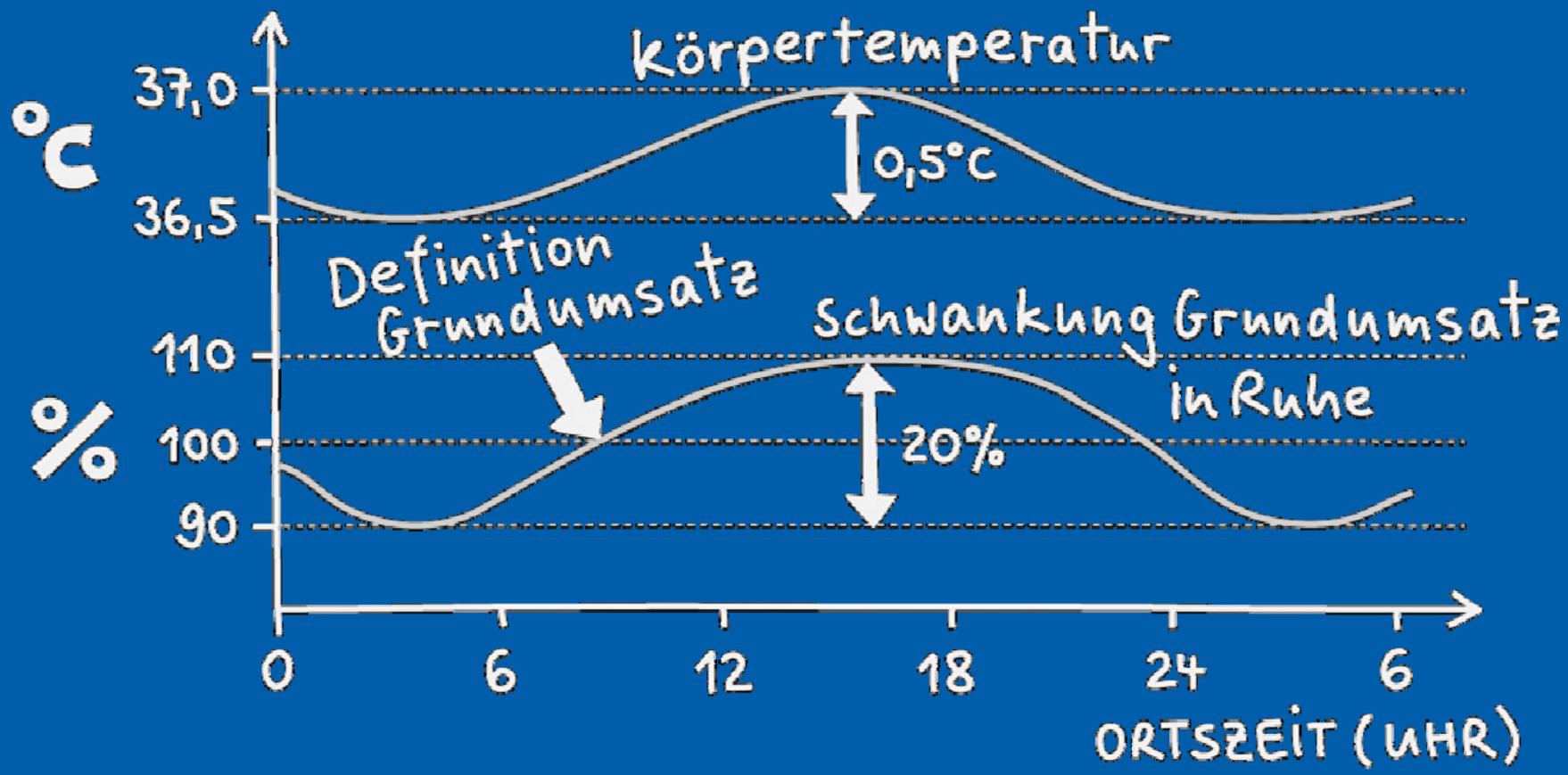
HERZ

GEHIRN

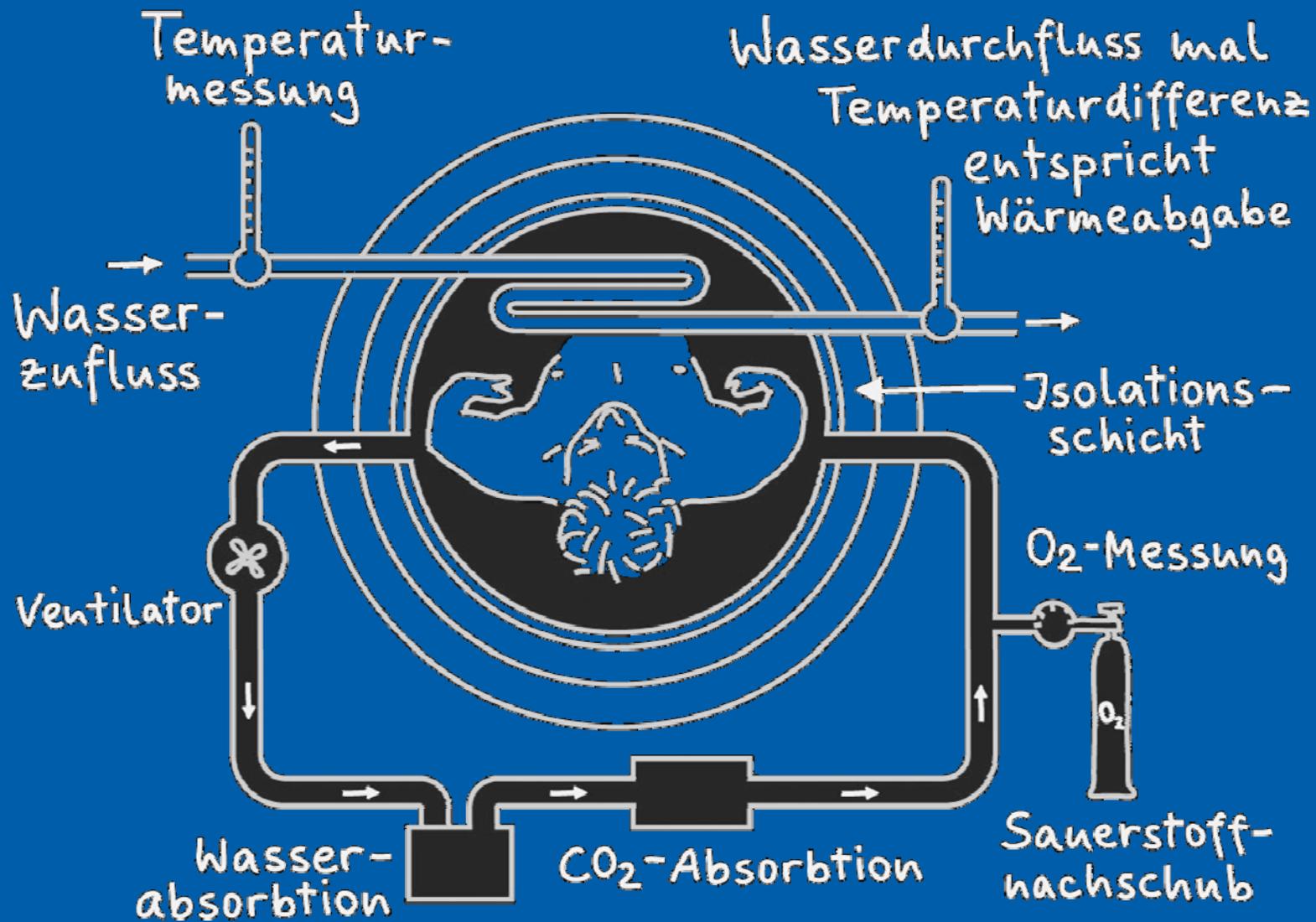
LEBER



SKELETT-
MUSKULATUR



direkte Kalorimetrie



indirekte Kalorimetrie



SUBSTRAT

FREIGESetzte ENERGIEMENGE PRO LITER O₂

Kohlenhydrate

18,8 kJ (4,5 kcal)

Fette

17,6 kJ (4,21 kcal)

Proteine

16,8 kJ (4,0 kcal)

} Differenz etwa 6 %

Der **Grundumsatz** nach Benedict und Harris
Variablen: Geschlecht, Masse, Größe, Alter

Grundumsatz Frauen [kcal/Tag]

$$655,1 + (9,6 \cdot \text{Masse [kg]}) + (1,8 \cdot \text{Größe [cm]}) - (4,7 \cdot \text{Alter [Jahren]})$$

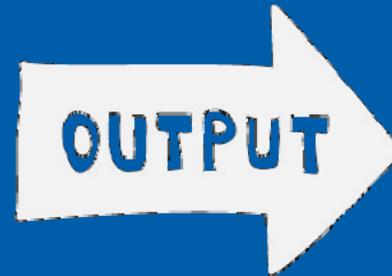
Grundumsatz Männer [kcal/Tag]

$$66,47 + (13,7 \cdot \text{Masse [kg]}) + (5 \cdot \text{Größe [cm]}) - (6,8 \cdot \text{Alter [Jahren]})$$



„Altersterm“

a.) JUGEND



Über den Daumen gepeilt
kann man sagen, dass die
Leistung des Körpers im
Grundumsatz rund
1 Watt pro Kilogramm
ausmacht.

Gesamtumsatz (Energie-Output)

=

Grundumsatz

+

Leistungsumsatz

5,8 W

11,6 W

29 W

69,6 W

Summe
116 W

LEISTUNGSUMSATZ

5% WÄRMEREGULATION

10% VERDAUUNG

25%

KÖRPERLICHE
AKTIVITÄT

60%

GRUNDUMSATZ

500 kJ/Tag

1000 kJ/Tag

2500 kJ/Tag

6000 kJ/Tag

Summe
10.000 kJ/Tag

ARBEITSSCHWERE UND FREIZEITVERHALTEN	PAL	BEISPIELE	RELATIVER GRUNDUMSATZ	RELATIVER LEISTUNGSUMSATZ
ausschließlich sitzende oder liegende Tätigkeit	1,2	alte, gebrechliche Personen	1	0,2
ausschließlich sitzende Tätigkeit mit wenig oder keinen anstrengenden Freizeitaktivitäten	1,4 bis 1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker	1	0,4 – 0,5
sitzende Tätigkeit mit wenig oder keinen anstrengenden Freizeitaktivität	1,6 bis 1,7	Laboranten, Kraftfahrer, Studierende, Fließbandarbeiter	1	0,6 – 0,7
überwiegend gehende oder stehende Tätigkeit	1,8 bis 1,9	Hausfrauen, Verkäufer, Kellner, Mechaniker, Handwerker	1	0,8 – 0,9
körperlich anstrengende berufliche Tätigkeit	2,0 bis 2,4	Bauarbeiter, Landwirte, Bergarbeiter, Leistungssportler	1	1 – 1,4



PAL 1.2

GRUNDUMSATZ

LEISTUNGS-
UMSATZ



PAL 2.4

GRUNDUMSATZ

LEISTUNGSUMSATZ

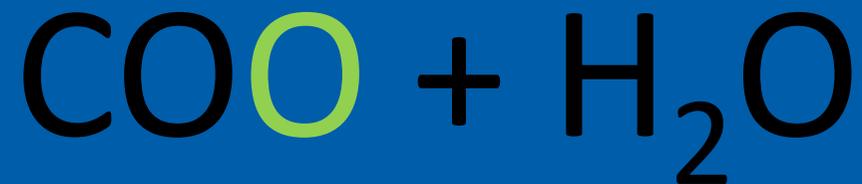
(7x so groß)



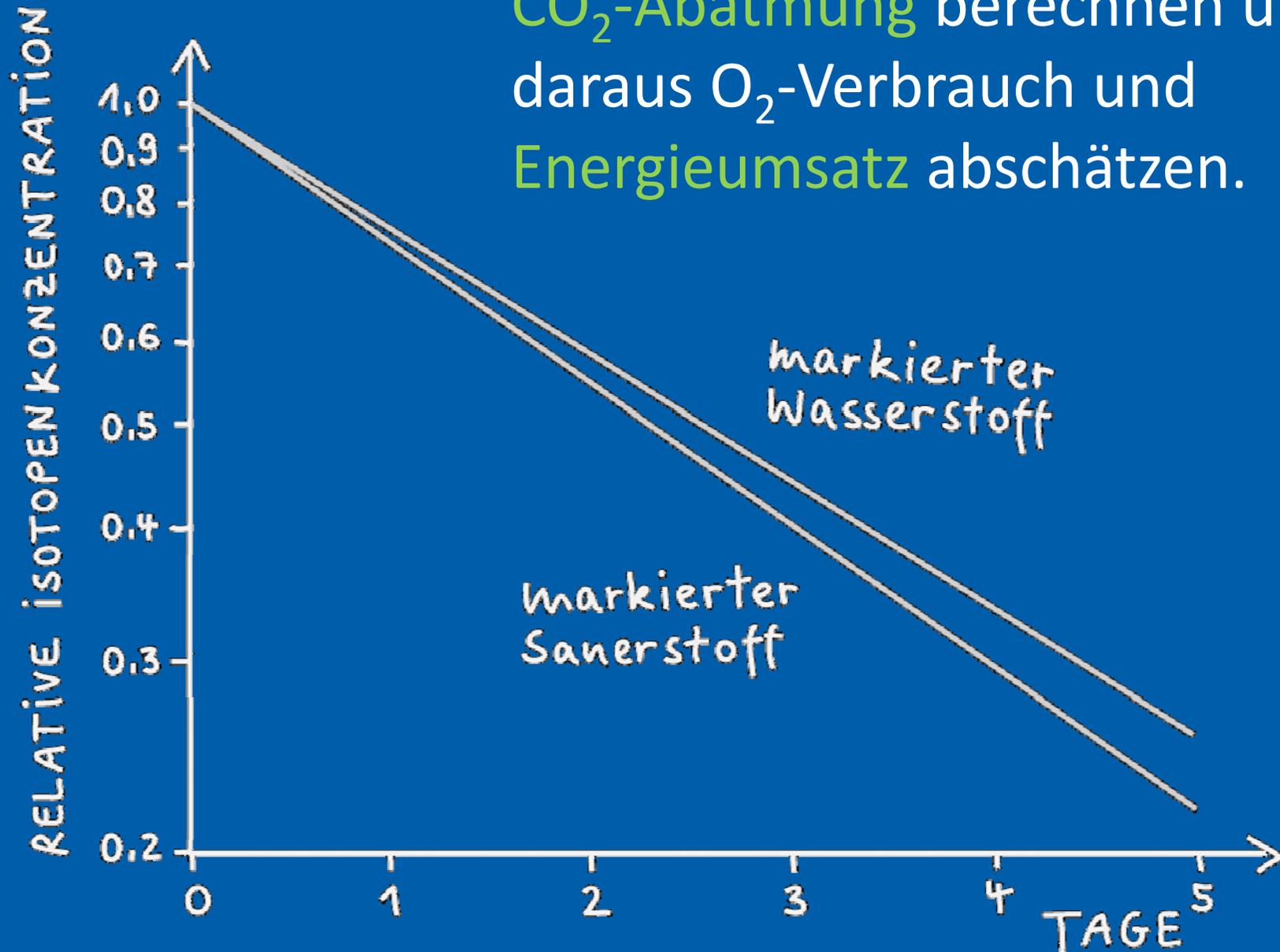
Gesamtumsatz doppelt so groß

Wie kommt man auf den PAL?
Mit Hilfe der Methode mit
doppelt markiertem Wasser:

$^1\text{H}_2^{18}\text{O}$, $^2\text{H}^1\text{H}^{16}\text{O}$ oder $^2\text{H}^1\text{H}^{18}\text{O}$.



Aus der „Schere“ kann man die CO_2 -Abatmung berechnen und daraus O_2 -Verbrauch und Energieumsatz abschätzen.



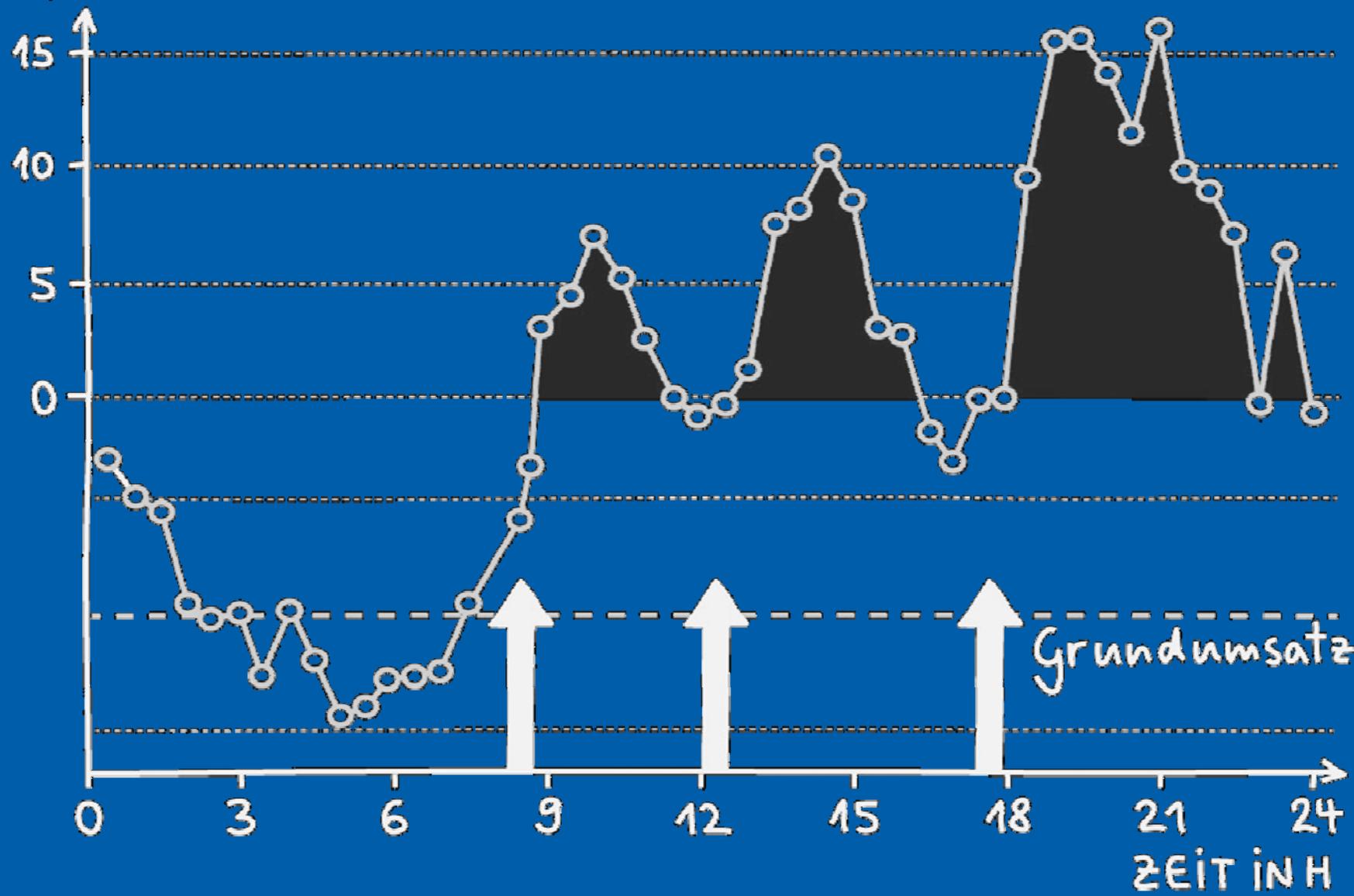
Gibt es Lebensmittel mit
negativer Energie?

Natürlich nicht!

Gibt es Lebensmittel mit
negativer Energiebilanz?

Leider ebenfalls nicht!

WATT



Grundumsatz

die „Verdauungsverluste“ (postprandiale Thermogenese)

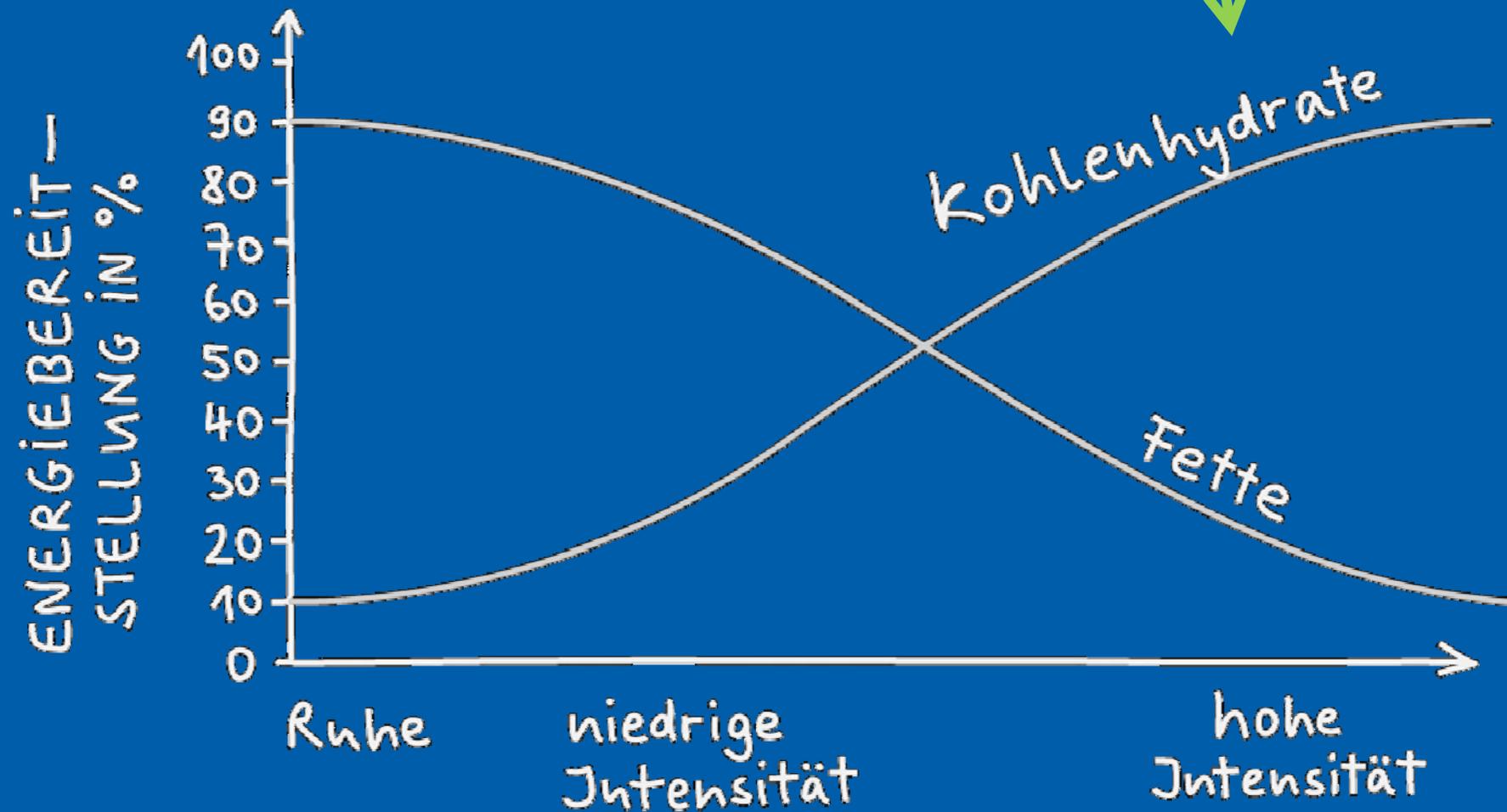
Fette	2 – 4 %
Kohlenhydrate	4 – 10 %
Ethanol	10 – 30 %
Proteine	14 – 30 %
Schnitt bei normaler Mischkost und Mass	10 %
Umwandlung Kohlenhydrate in Fette	24 %

Tabelle 10: So viele Prozent der Energie der Nährstoffe und des Ethanols werden für deren Verdauung benötigt. Die Werte sind als Richtgröße zu sehen, denn die in der Literatur angegebenen Werte sind sehr unterschiedlich.⁴⁰

Der **Fatburning-** Mythos!

Man kann angeblich nur
abnehmen, wenn man
sich im **Fettstoffwechsel**
befindet.

Wahr ist, dass man bei intensiver Belastung vermehrt Kohlenhydrate abbaut!



vorher

nach dem Sport

nach 1 Tag

Fette

Fette

Fette

KH

KH

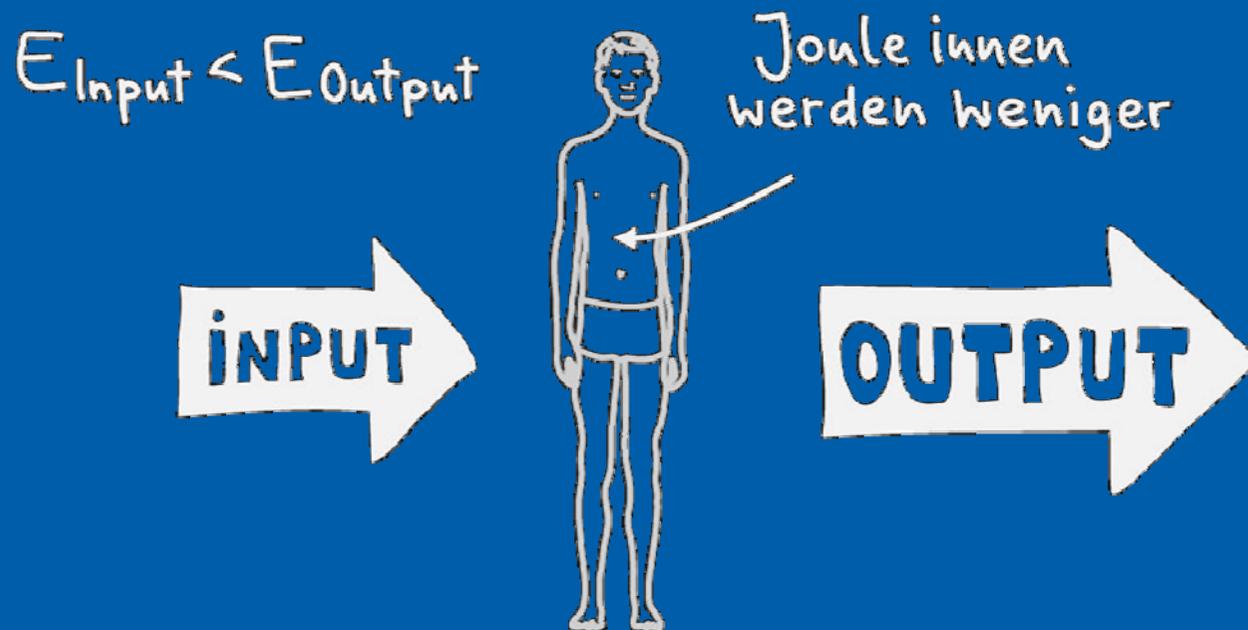
KH



Wenn man locker läuft,
verbrennt man die Fette
während des Laufens.

Wenn man schnell läuft,
verbrennt man sie am
darauffolgenden Tag.

Der Fatburning-Mythos ist falsch! Es kommt immer nur auf die **negative Energiebilanz** an und nicht darauf, wie diese zu Stande gekommen ist.



Sie müssen beim Abnehmen
durch Bewegung
keinen Puls beachten,
keine Mindesttrainingszeit,
keinen Stoffwechsel,
kein vor oder nach dem Essen.

Wann immer Sie
zusätzliche Bewegung
machen, geht diese sofort
in die Energiebilanz ein.

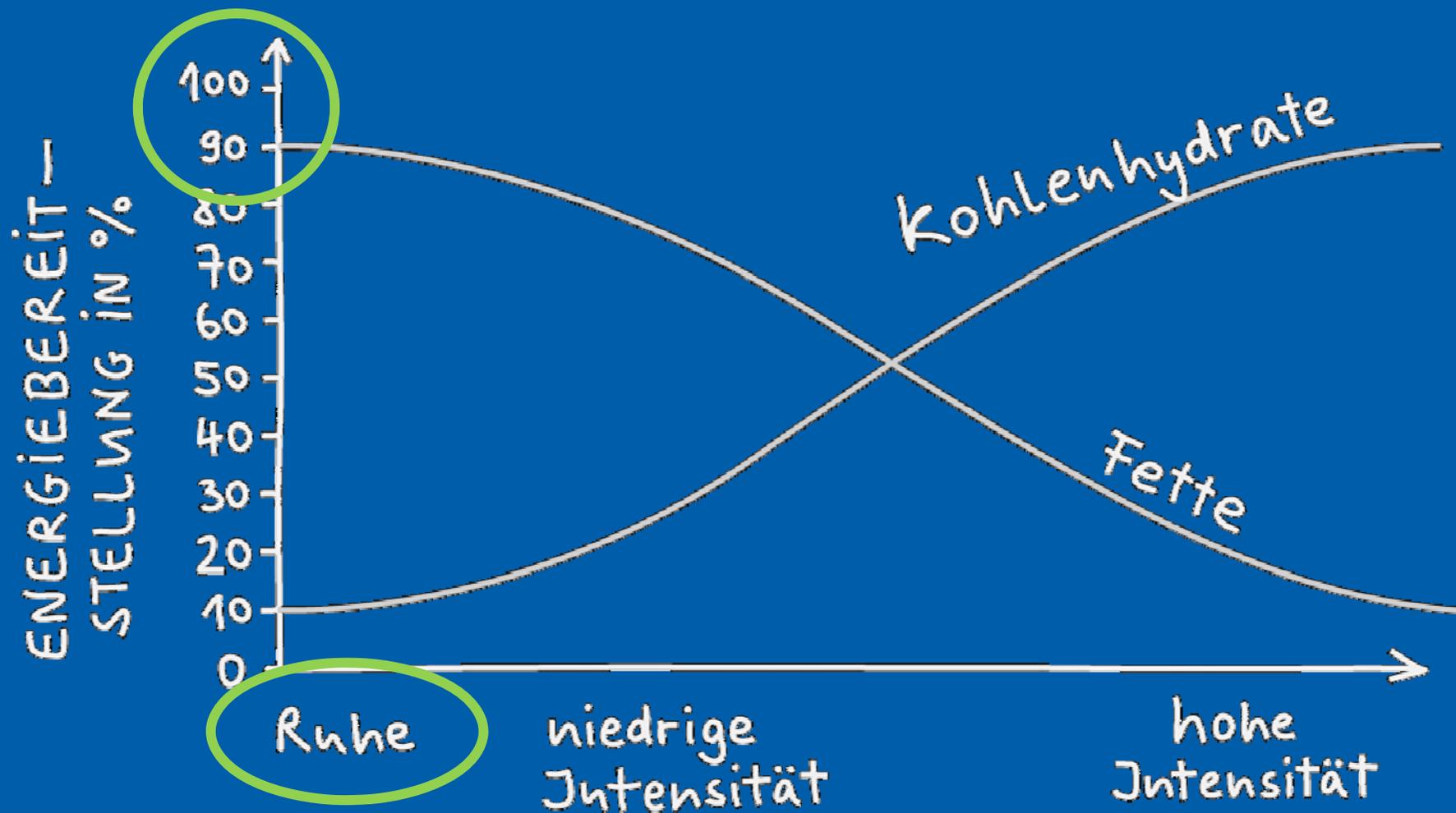
Jeder Schritt zählt!

Ein weiterer Mythos

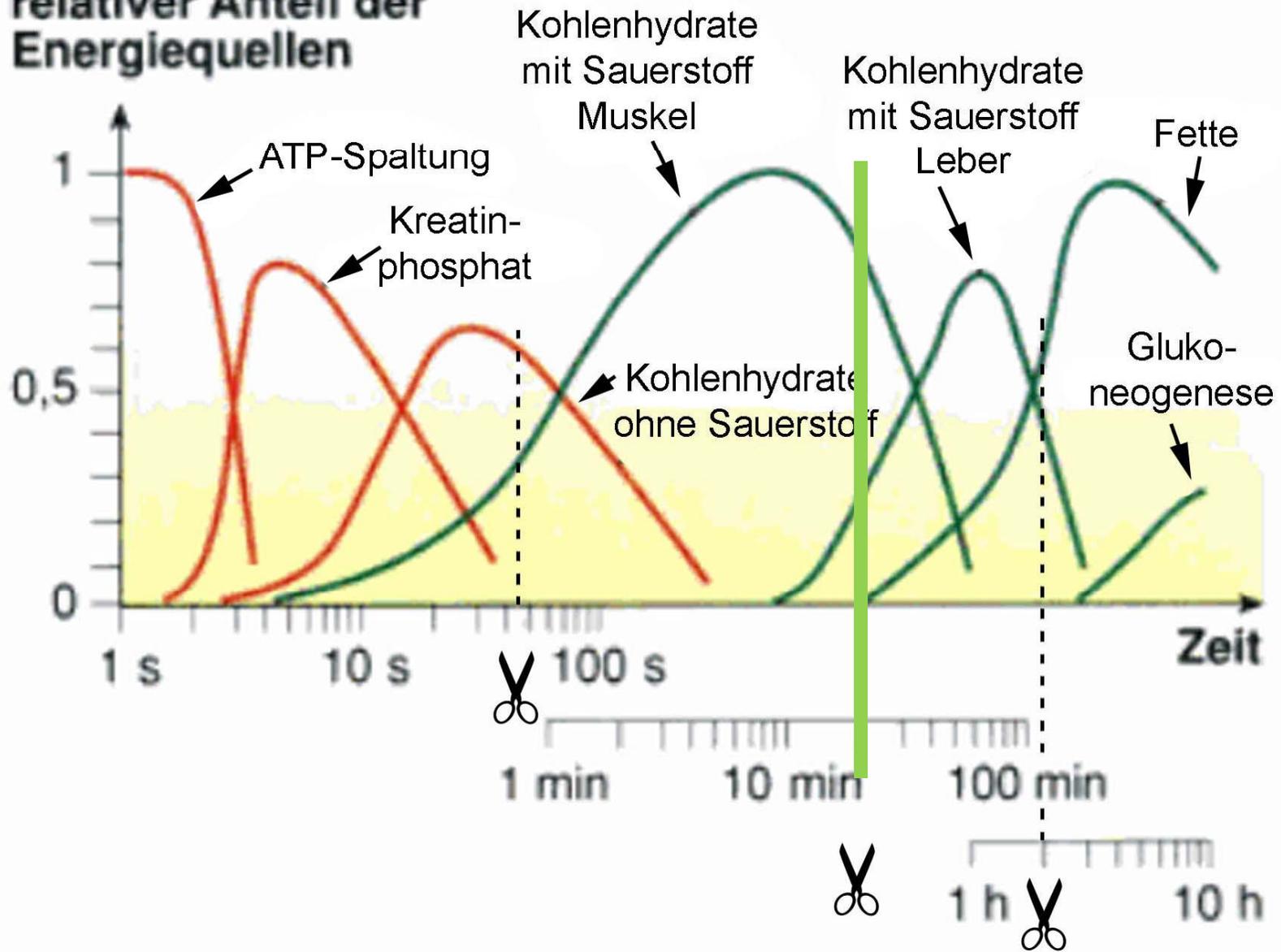
Man muss **mindestens ½ Stunde**
Sport betreiben, um in den
Fettstoffwechsel zu kommen und
um abzunehmen!

ist somit auch erledigt.

Es handelt sich hierbei übrigens um einen **Doppelmythos**...



relativer Anteil der Energiequellen



Wie viel leisten Sie gerade, wenn die Anzeige am Ergometer auf **100 W** steht?



Exkurs: Brutto- und Nettoleistung!



Glühbirne, 100 W

Bruttoleistung 100 W

Nettoleistung 5 W



De Lorean DMC 12, 100 kW

Bruttoleistung 350 kW

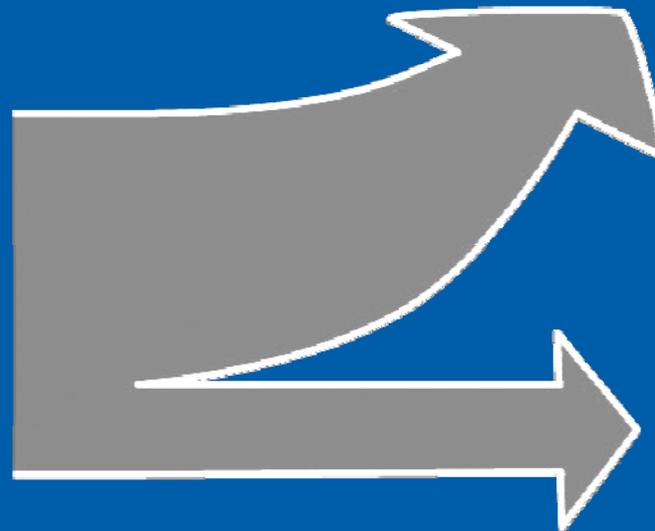
Nettoleistung 100 kW

verschiedene Wirkungsgrade

TÄTIGKEIT	η
einzelner Muskel	35 %
bergauf gehen bei 5° Neigung	30 %
in der Ebene gehen	27 %
Radfahren	25 %
Treppensteigen	23 %
Laufen	20 %
auf Leiter steigen	12 %
Schraubenzieher drehen	5 %
Halten von Gegenständen, Sitzen, Stehen	0 %

Tabelle 13: Beispiele für maximale Wirkungsgrade bei verschiedenen Tätigkeiten, die in der Literatur angegeben sind.⁴⁷ Die Zahlen sind als Richtwerte zu sehen.

400 W

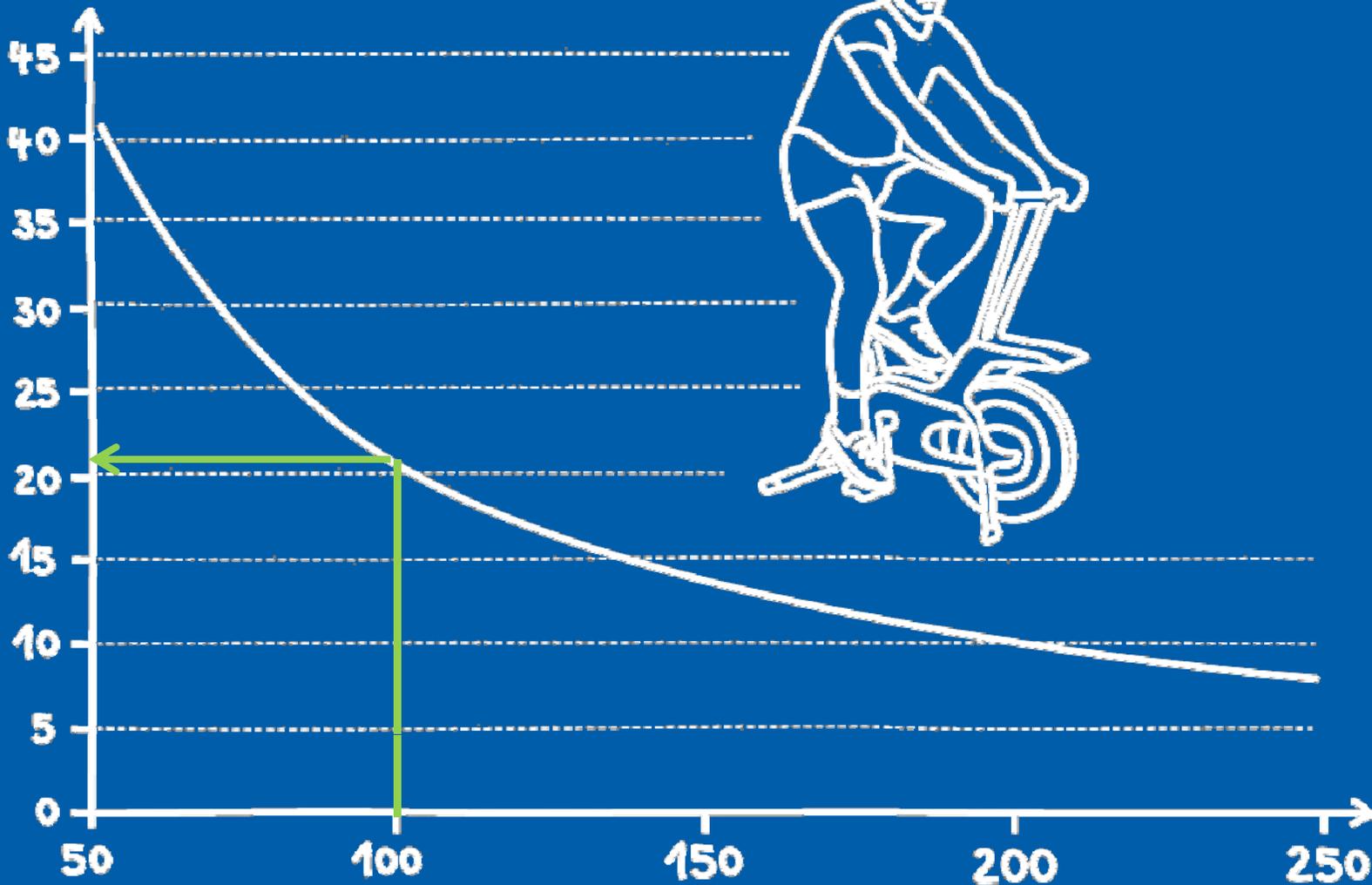


300 W

100 W



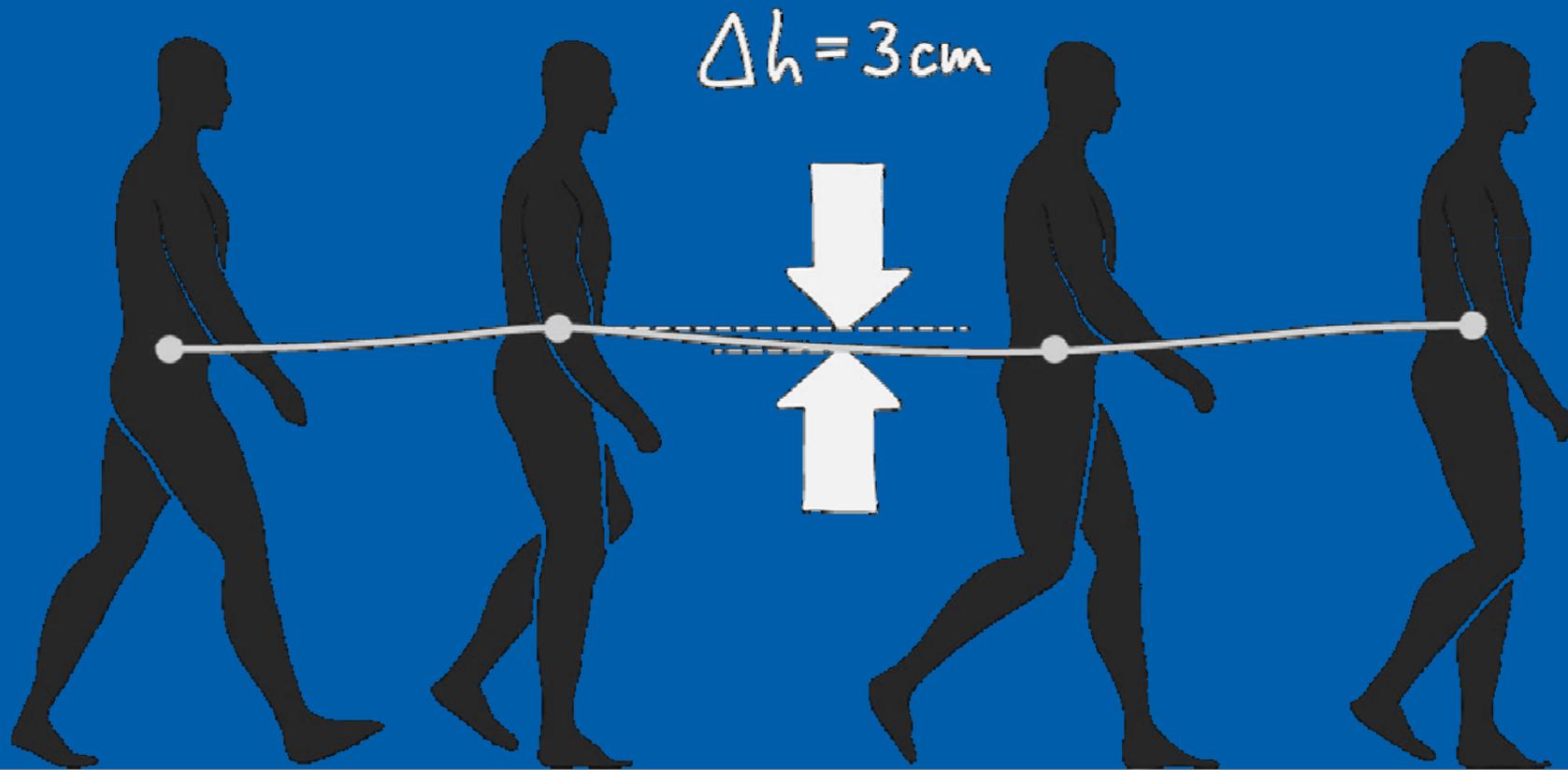
STUNDEN, UM 1KG FETT ABZUNEHMEN



WATT, DIE AM ERGOMETER ANGEZEIGT WERDEN



Energieumsatz beim Gehen



AUF UND AB

Die Arbeit, die man zum Heben aufwenden muss, nennt man Hebearbeit (W_H), die Energie, die man dadurch speichert, potenzielle Energie (E_p):

$$W_H = E_p = mgh$$

In dieser Formel ist m die Masse unseres Körpers und h die Hebehöhe in Metern. In unserem Fall beträgt diese 3 cm oder 0,03 m pro Schritt. g ist die Erdbeschleunigung. Der exakte Wert in unseren Breiten beträgt 9,81 m/s², aber ich runde auf 10 m/s² auf, weil das einfach die hübschere Zahl ist, und der Fehler nur 2 Prozent beträgt. Nun muss man nur noch wissen, dass Leistung Arbeit pro Zeit ist. Die

i

$$P_{\text{gehen}} = 2 P_0 + \frac{4 vmgh}{s}$$

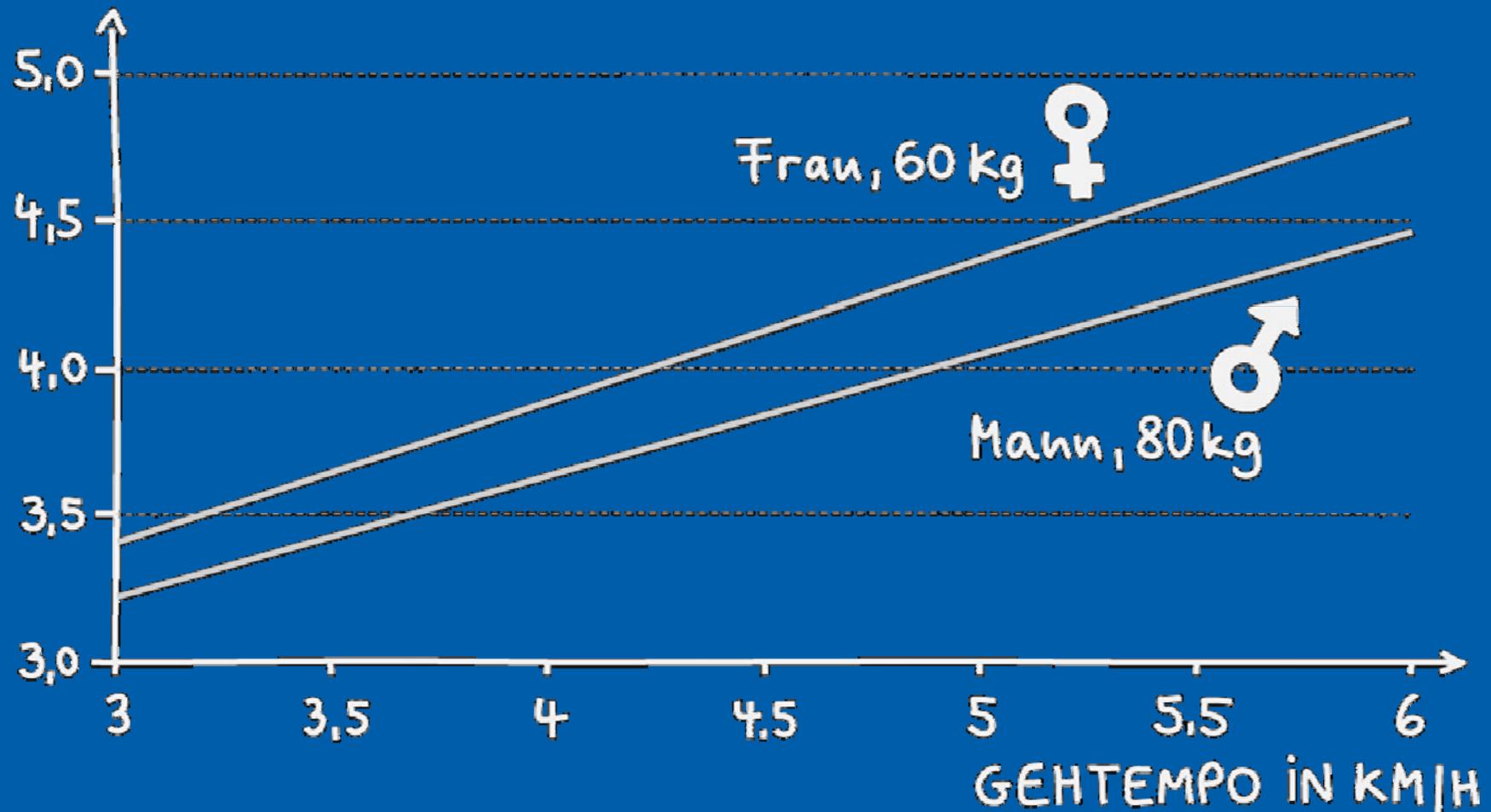
Aber wir dürfen die Rechnung nicht ohne den Wirt machen, und in unserem Fall ist der Wirt der Wirkungsgrad. Dieser beträgt beim Gehen 25 Prozent. Um also auf die Bruttoleistung zu kommen, muss man den oben berechneten Wert mit dem Faktor 4 multiplizieren, weil wir innen drin 4-mal so viel leisten müssen:

$$P_{H \text{ brutto}} = \frac{4 vmgh}{s}$$

Jetzt sind wir fast fertig. Wir müssen nur noch zur Hebeleistung die „Stehleistung“ addieren. Diese entspricht dem doppelten Grundumsatz. In Summe erhalten wir daher für die Geheleistung:

$$P_{\text{gehen}} = 2 P_0 + \frac{4 vmgh}{s}$$

relative Leistung beim Gehen

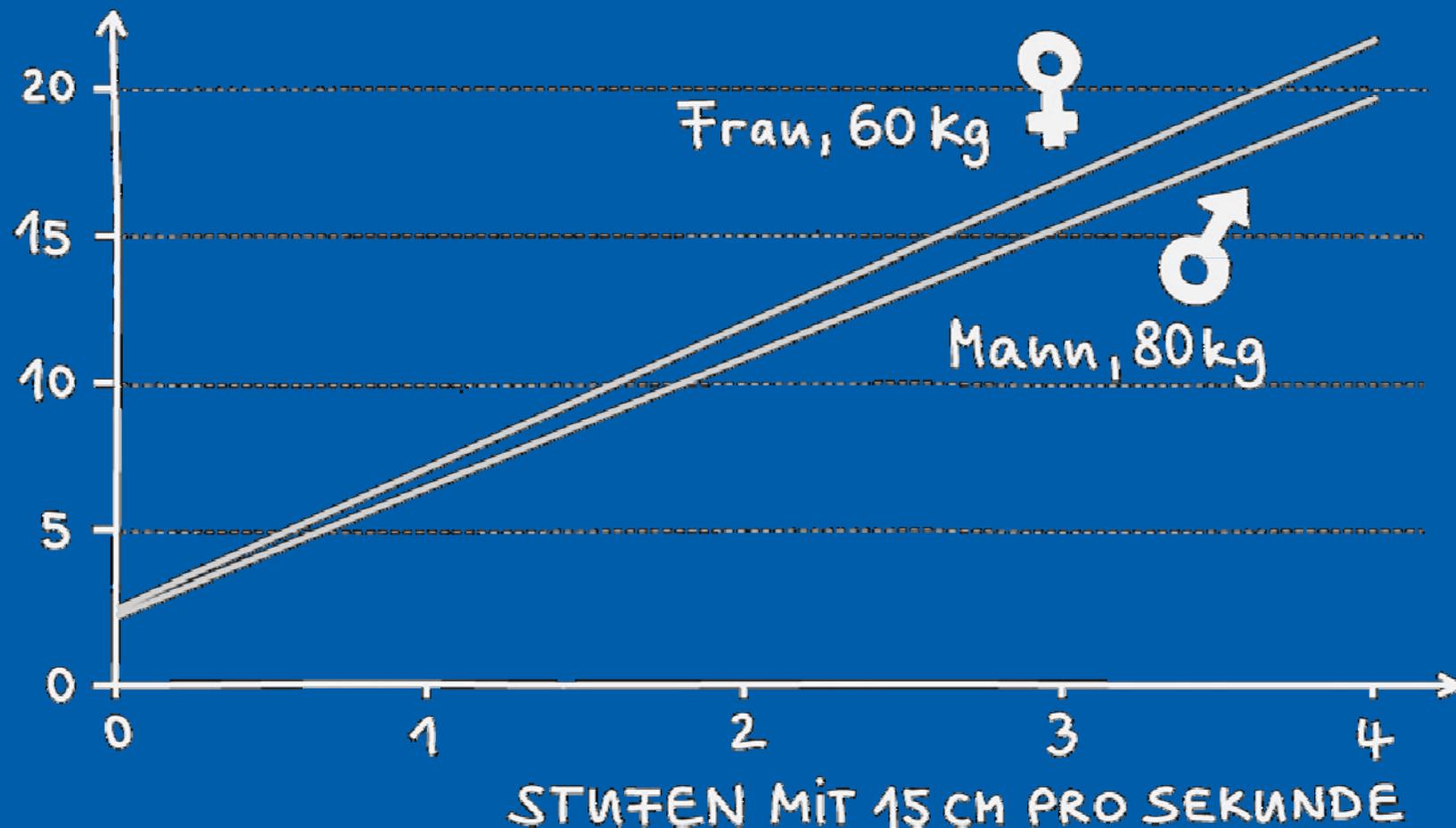


	RELATIVE LEISTUNG	FRAU 60 KG	RELATIVE LEISTUNG	MANN 80 KG
Liegen (Grundumsatz)	1	62 W	1	93 W
Sitzen	1,4	87 W	1,4	130 W
Stehen	2	124 W	2	186 W
Gehen mit 3 km/h	3,4	211 W	3,2	300 W
Gehen mit 6 km/h	4,7	296 W	4,5	414 W
Differenz Sitzen/ Gehen mit 3 km/h	2	124 W	1,8	170 W
Geh-Stunden mit 3 km/h, um 1 kg Fett zu verbrennen	67 h		49 h	
Geh-Strecke mit 3 km/h, um 1 kg Fett zu verbrennen	201 km		147 km	
Differenz Sitzen/ Gehen mit 6 km/h	3,3	209 W	3,1	284 W
Geh-Stunden mit 6 km/h, um 1 kg Fett abzunehmen	40 h		29 h	
Geh-Strecke mit 6 km/h, um 1 kg Fett abzunehmen	240 km		174 km	

Wo ist am
folgenden Bild der
Fehler?



Relative Leistungen beim **Stiegen steigen** in
Abhängigkeit vom Tempo (Stufenhöhe 15 cm).





	FRAU, 60 KG	MANN, 80 KG
Energieumsatz bei 4 Stockwerken (12 m)	31 kJ (7,4 kcal) ≈ halber Würfelzucker	41 kJ (9,8 kcal) ≈ 3/4 Würfelzucker
zu überwindende Höhe, um 1 kg Fett abzunehmen	11.600 m	8.700 m
zu überwindende Stockwerke, um 1 kg Fett abzunehmen	3900	2900
Tage, um 1 kg Fett abzunehmen, bei 3 mal 4. Stock pro Tag	325	242

Tabelle 16: Abschätzungen für das Stiegensteigen. Die Werte sind gerundet.

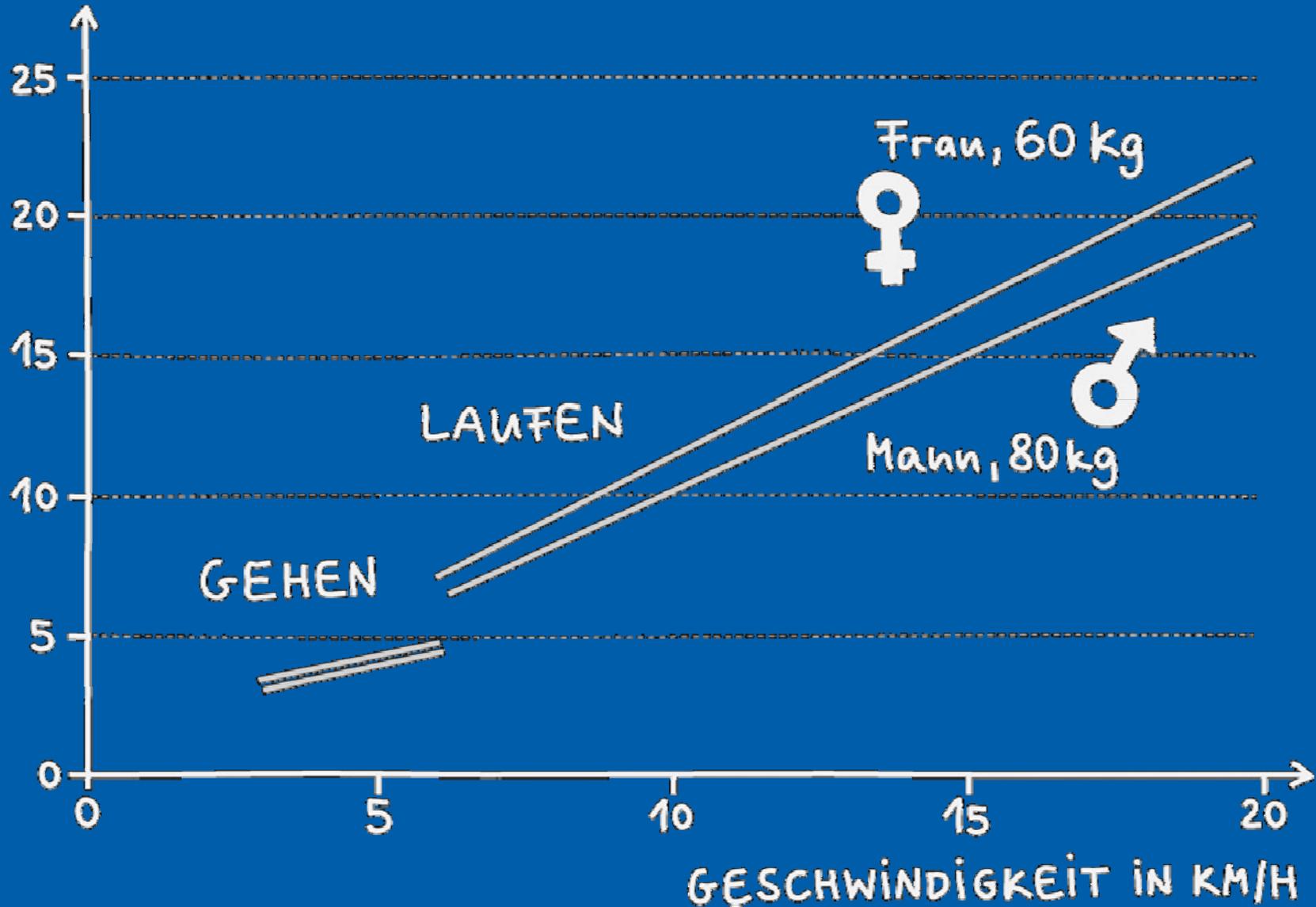
Auch **Kleinvieh** macht Mist!

LAUFEN UND GEHEN IM VERGLEICH



Körper hat weniger Bodenkontakt beim Laufen
→ höhere Belastung → höhere Effizienz

RELATIVE LEISTUNG



Es gibt zum Laufen eine sehr griffige Faustregel, die vom italienischen Physiologen **Rodolfo Margaria** stammt.

Sie lautet, dass man **pro Kilometer und pro Kilogramm eine Kilokalorie** umsetzt.

Eine Person mit 70 kg setzt also pro Kilometer 70 kcal oder 294 kJ um.

Um auf die Laufkilometer zu kommen, um 1 kg Fett abzunehmen, muss man 7000 durch seine Masse dividieren.

KÖRPERMASSE IN KILOGRAMM



120 kg

110 kg

100 kg

90 kg

80 kg

70 kg

60 kg

50 kg



1kg

**FETT
WENIGER!**

0 30 60 70 90 100 120 150

LAUFKILOMETER, UM 1 KG FETT ABZUNEHMEN

Vergleich Radfahren und Laufen

	60 KG	80 KG
Bruttoleistung beim Laufen mit 15 km/h (4 min/km)	1050 W	1400 W
Anzeige am Ergometer für dieselbe Bruttoleistung	263 W	350 W
Bruttoleistung beim Laufen mit 12 km/h (5 min/km)	840 W	1120 W
Anzeige am Ergometer für dieselbe Bruttoleistung	210 W	280 W
Bruttoleistung beim Laufen mit 10 km/h (6 min/km)	700 W	933 W
Anzeige am Ergometer für dieselbe Bruttoleistung	175 W	233 W

Tabelle 18: Vergleich der Leistungen beim Laufen und Fahren auf dem Ergometer. Weil das Ergometer die Nettoleistung anzeigt, muss man den Wert mit 4 multiplizieren.

Mythos:

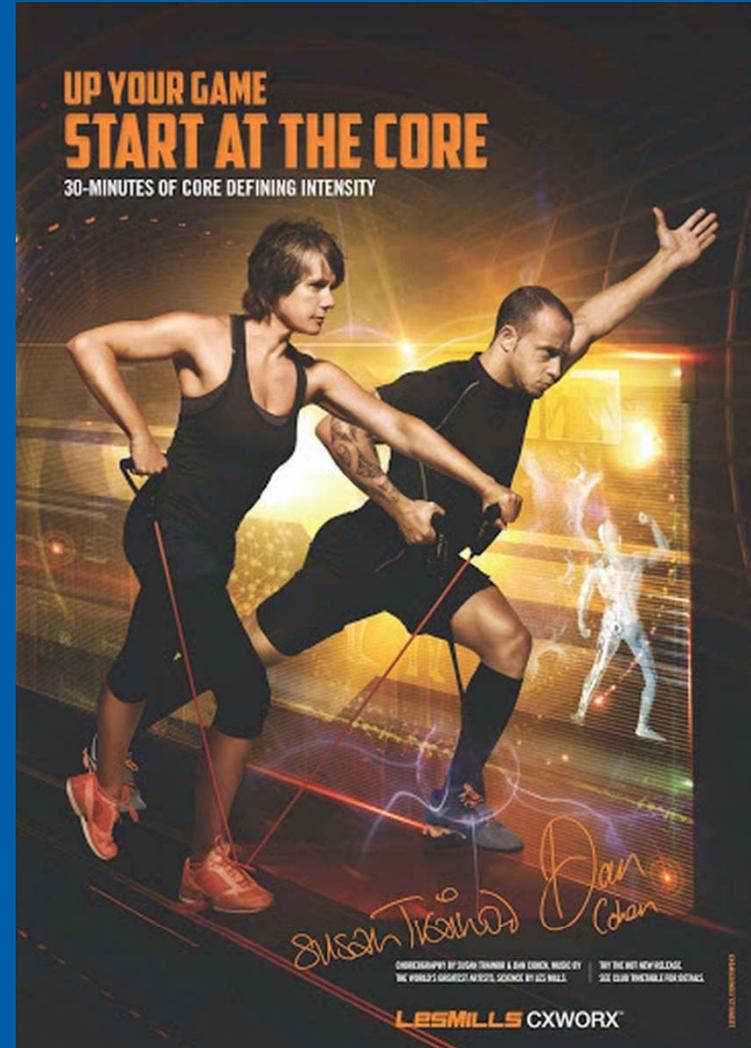


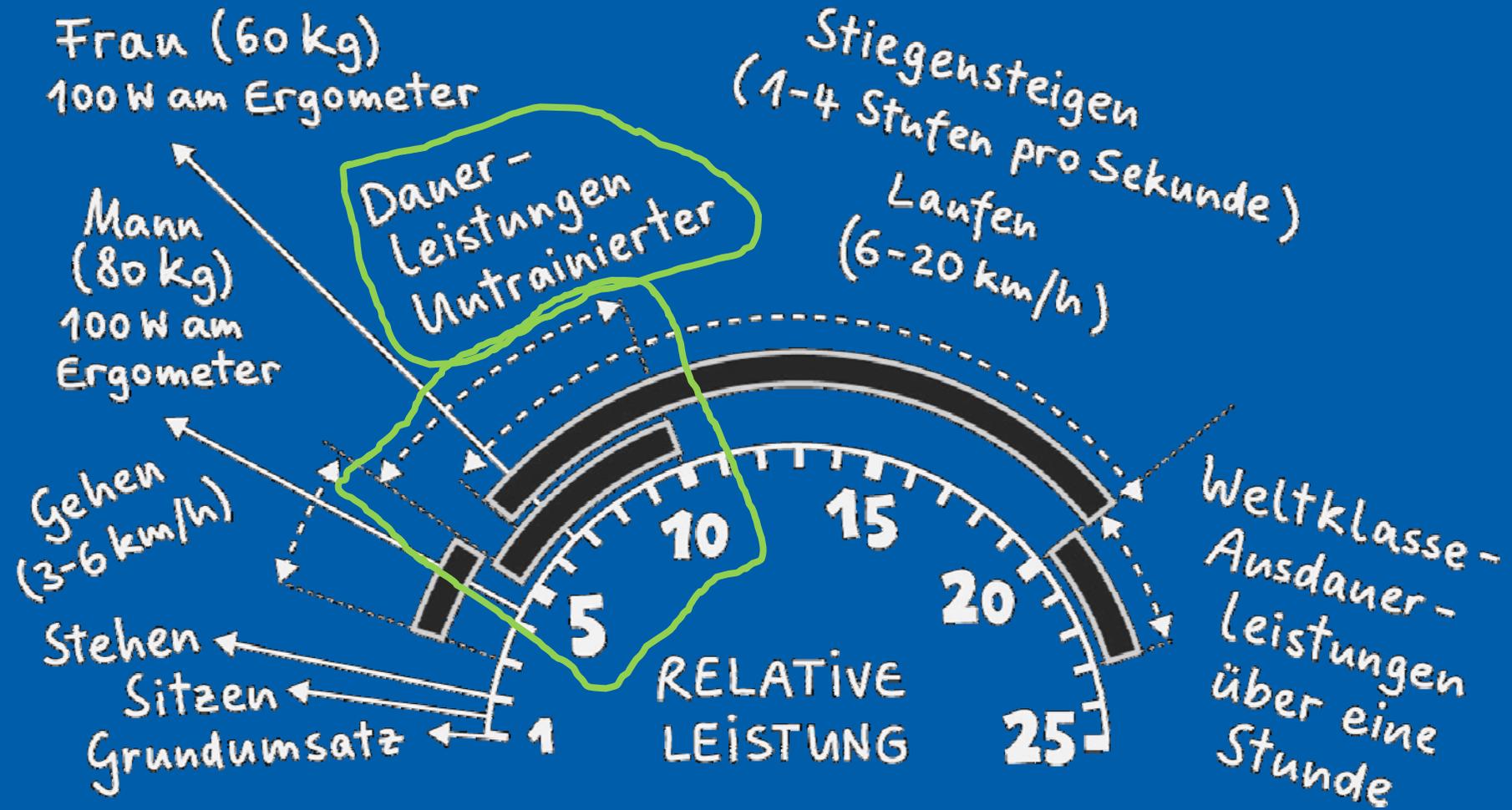
Schon mit **wenigen**
Minuten Sport pro Tag
kann man nach kurzer Zeit
sichtbare Erfolge erzielen.

	60 KG	80 KG
Laufkilometer für 1 kg Fett	117 km	88 km
benötigte Zeit bei 10 km/h (6 min/km)	11,7 h	8,8 h
benötigte Zeit bei 15 km/h (4 min/km)	7,8 h	5,9 h

Wenn eine Person mit 60 kg jeden Tag **1 km** läuft (5 Minuten), dann braucht sie, wenn sie sonst an ihrem Leben nichts ändert, 117 Tage oder rund **4 Monate**, um ein Kilogramm Fett abzunehmen.

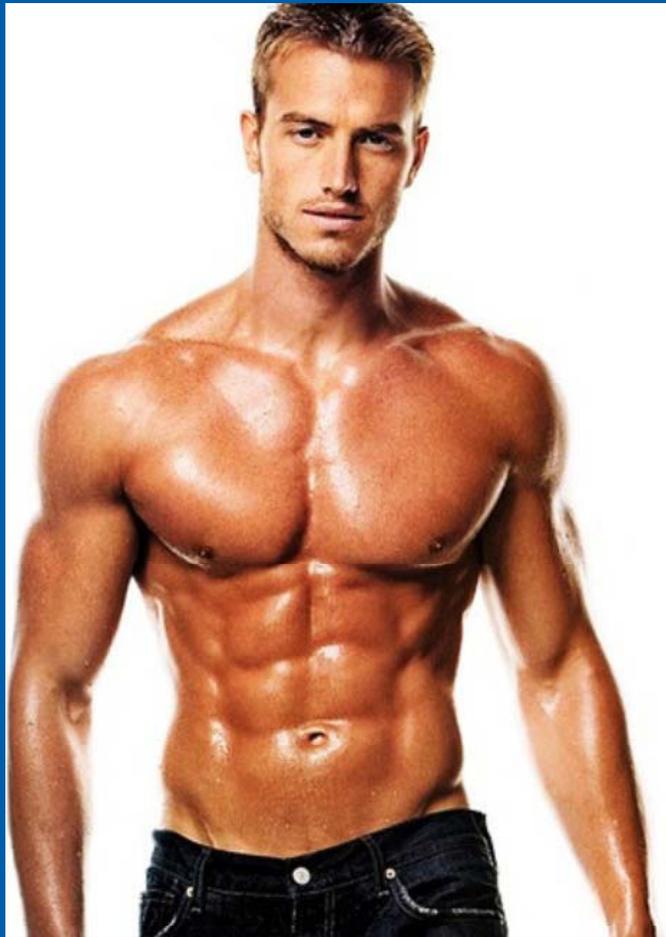
Wunderworkouts?





Wunsch...

... und Wirklichkeit



Der Effekt von Sport wird überschätzt!

	0,5 l	60 KG	80 KG
Laufkilometer für 1 kg Fett		117 km	88 km
benötigte Zeit bei 10 km/h (6 min/km)		11,7 h	8,8 h
benötigte Zeit bei 15 km/h (4 min/km)		7,8 h	5,9 h
benötigte Laufkilometer, um auf den Brennwert eines großen Biers zu kommen (850 kJ bzw. 202 kcal)		3,4 km	2,6 km
benötigte Laufkilometer, um auf den Brennwert eines Wiener Schnitzels (250 g) ohne Beilagen zu kommen (2200 kJ bzw. 524 kcal)		8,7 km	6,6 km

Tabelle 17: Beispiele für Zeiten und Laufkilometer.



Abschätzungen am Beispiel des Marathons

Annahmen: Athlet 70 kg, Endzeit 3 h

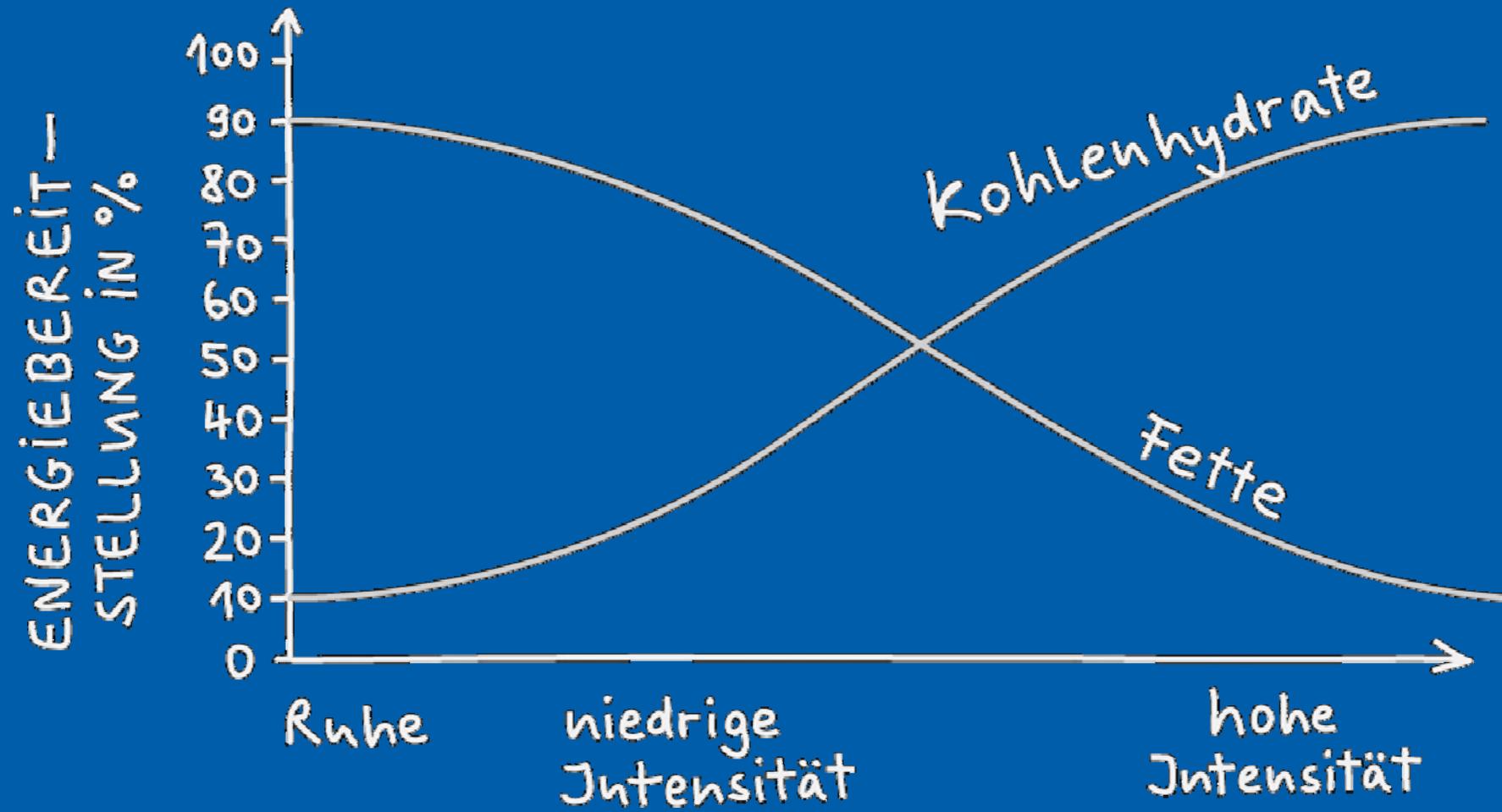
Gesamtumsatz

$$70 \cdot 4,2 \text{ kJ/km} \cdot 42,2 \text{ km} = 12.410 \text{ kJ}$$

Leistung

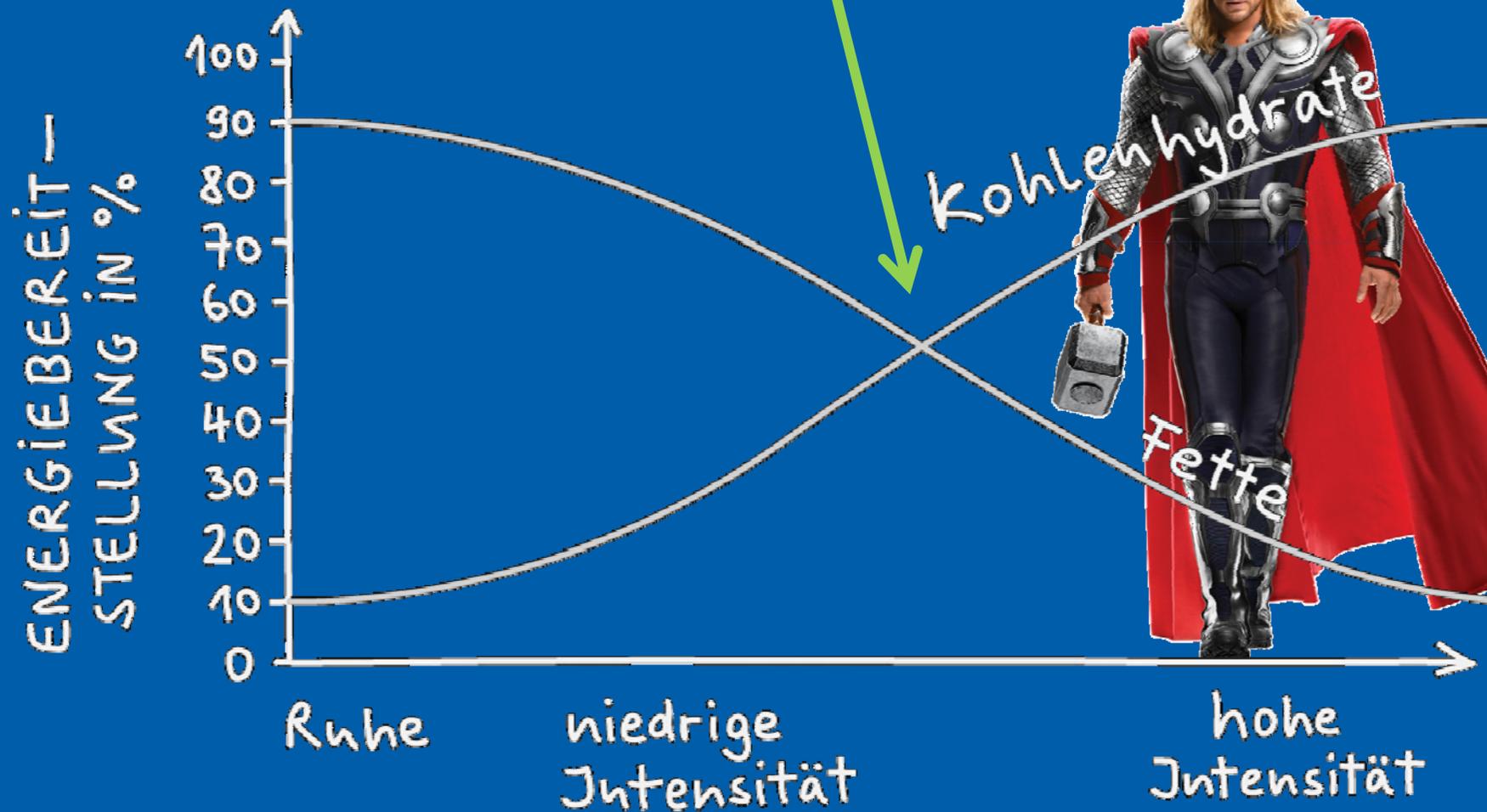
$$12.410.000 \text{ J} / 10.800 \text{ s} = 1150 \text{ W}$$

der „Mann mit dem Hammer“



Masse des Athleten	70 kg
Muskelmasse (40 % der Körpermasse)	28 kg
davon beim Laufen verwendet (50 %)	14 kg
in der Laufmuskulatur gespeicherte Kohlenhydrate (2 % der Muskelmasse)	280 g
in der Leber gespeicherte Kohlenhydrate	75 g
Gesamtbrennwert der verfügbaren Kohlenhydrate in Muskel und Leber (355 g)	6035 kJ
Leistung, wenn diese Kohlenhydrate komplett in 3 Stunden verbrannt werden	560 W

Leistung beim Marathon 1150 W
Kohlenhydrate liefern etwa 50 %



Wie sieht es mit
Sex aus?

aus „
April
Mott
Sex n

Natürlich sind 49 kcal gemeint!



REITERSTELLUNG

49 Kalorien/Minute

Das Workout-Highlight für die Frau: Bei der Reiterstellung sitzt die Frau auf dem Mann und verbraucht sextechnisch die meisten Kalorien. Würde ihr Ritt 10 Minuten dauern, wäre ein knapp 500-kcal-Mittagessen wettgemacht. Besonders effektiv für die Figur ist die spielerische Variation dieser Stellung: knieend, dann wieder hockend. Auch ein Umkehrschwung macht sich bezahlt. Dabei wendet sie ihm beim Reiten den Rücken zu – was ihm einen besonders lustvollen Ausblick verschafft und ihr ein paar zusätzlich verbrannte Kalorien.

49 kcal (206 kJ) pro Minuten
entsprechen einer Leistung von
 $206.000\text{J}/60\text{s} = 3430\text{ W}$ brutto
oder 860 W netto!

Das schafft nicht einmal eine
Weltklasseathlet!

Die traurige Realität...

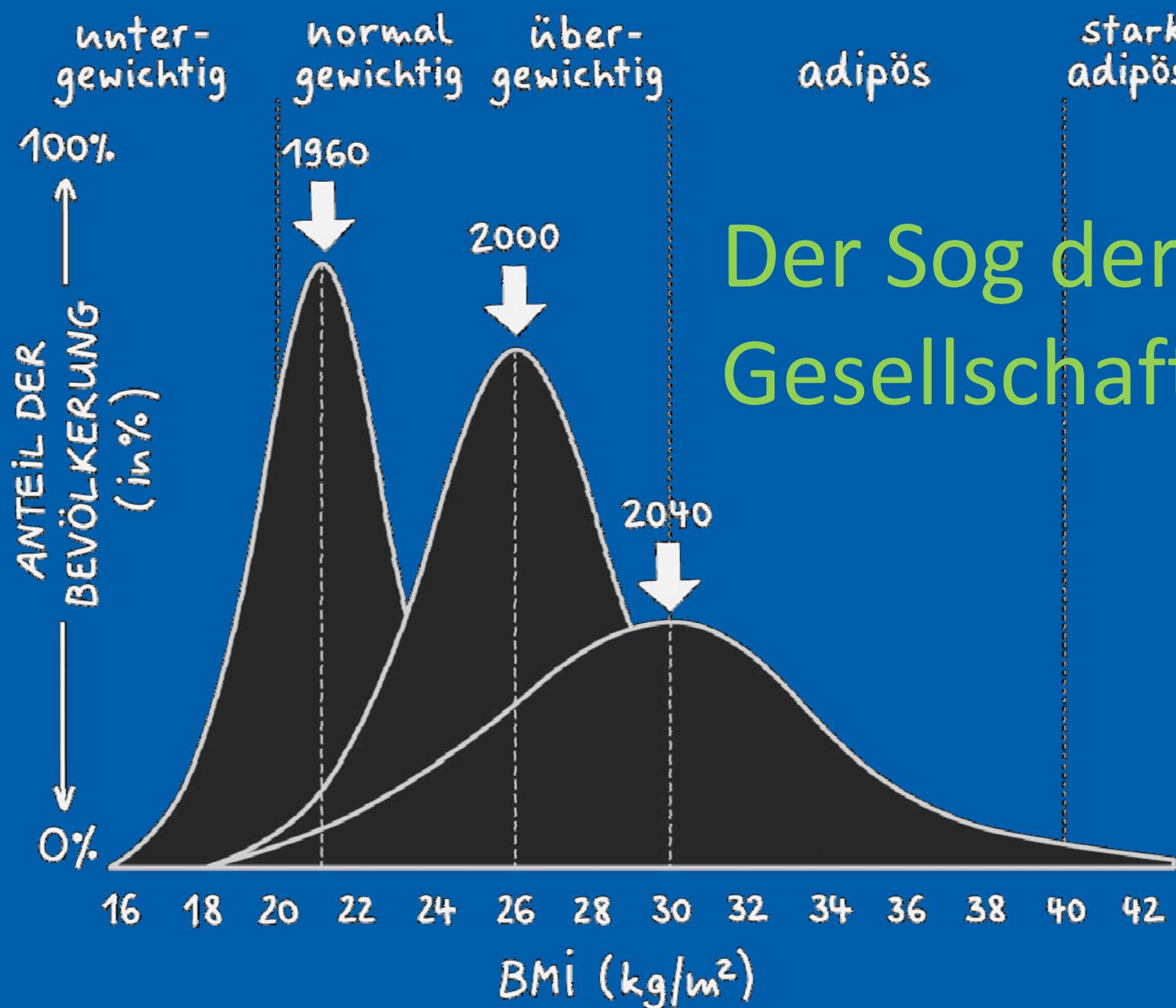
AKTIVITÄT	LEISTUNGSFAKTOR
Sitzen	1,4
Vorspiel	1,5
Stehen	2
Reiterstellung	2,5
Gehen (3,3 km/h)	3,2 – 3,4
Missionarsstellung	3,3
Laufen (10 km/h)	10 – 11

Vergleich Diät und Aktivität

MASSNAHME	EINSPARUNG PRO TAG	VERGLEICHBAR MIT WIE VIELEN LAUF- KILOMETERN PRO TAG?		TAGE, UM 1 KG FETT ABZUNEHMEN
		60 kg	80 kg	
-30 % (FzD, „Friss zwei Drittel“)	3000 kJ (714 kJ)	12 km	9 km	10
-10 %	1000 kJ (238 kcal)	4 km	3 km	30
-1 %	100 kJ (24 kcal)	0,4 km	0,3 km	300

Tabelle 21: Wie viele Laufkilometer pro Tag denselben Effekt haben wie die Einsparung bei der Nahrung.

Wie wahrscheinlich
ist es, dass man
dauerhaft abnimmt?



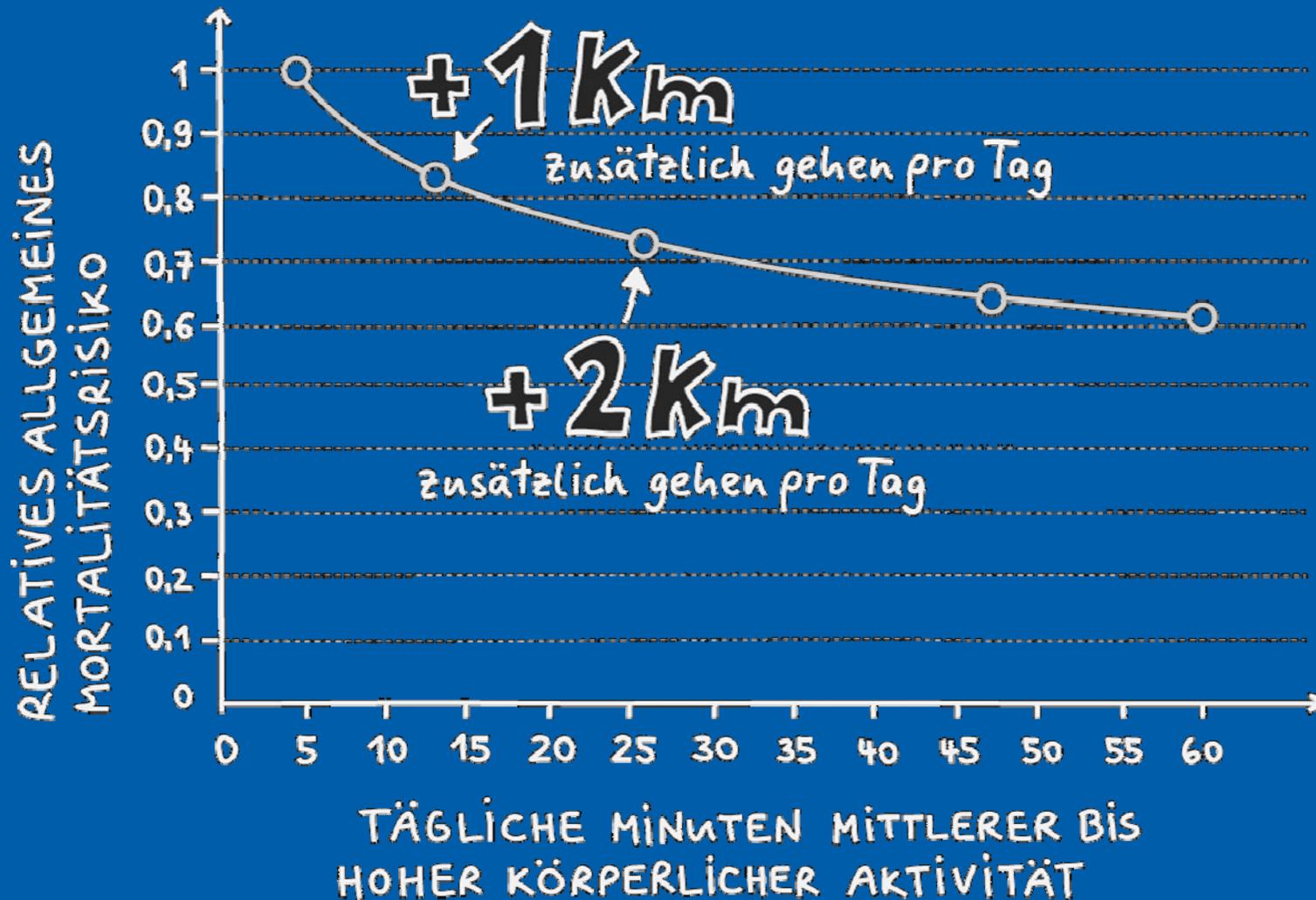
Der Sog der Gesellschaft!

Damit Sie **minus 10 Prozent** in 10 Jahren schaffen, müssen dafür 8 Personen um 8 Prozent zugenommen haben oder 16 Personen um 7 Prozent oder 32 Personen um 6,5 Prozent und so weiter.

Damit gerade **Sie** abnehmen können, brauchen Sie immer eine gewisse Anzahl von Menschen, die im selben Zeitraum zunehmen.

Anders gesagt: **Es ist unmöglich, dass alle Menschen gleichzeitig abnehmen!**

Ein kleiner Trost, falls Sie es nicht schaffen...



Danke für die
Aufmerksamkeit!