

GLOSSARY

Des Lebens Elemente*

Welche chemischen Elemente sind in welchen Mengen am Aufbau des menschlichen Körpers beteiligt? Es sind 23 essenzielle Elemente, deren Mengenverhältnisse sich mit zunehmendem Alter ändern. Wir nehmen hier als Bezugsmuster einen erwachsenen Mann von 50 Jahren mit 70 kg Körpergewicht.

Seien Sie nicht enttäuscht, zu erfahren, dass der Mensch – ebenso wie ein guter Wodka – zu mindestens 60% aus Wasser besteht. Bei jüngeren Menschen ist der Wassergehalt höher, bei älteren niedriger, woraus man schließen könnte, dass ältere Menschen substanziiell wertvoller sind als jüngere. Auch wenn sie immer etwas hinken, wollen wir hier zwei Vergleiche anstellen. Bei der Beurteilung wasserhaltiger Arzneistoffe spricht man vom Trocknungsverlust, und vom Trockenrückstand, die innerhalb bestimmter Grenzen liegen müssen. Der Trocknungsverlust unseres lebenden Musters wäre 60% bzw. 42 kg, sein Trockenrückstand (= Mumie) 40% bzw. 28 kg. Bei der Beurteilung der verschiedenen Käsesorten hinsichtlich ihres Fettgehaltes ist immer die Rede von „i.T.“, was „in der Trockenmasse“ bedeutet. Der Fettgehalt in der Gesamtmasse des Käses ist also je nach Sorte und Alter deutlich bis wesentlich geringer, als der auf der Verpackung angegebene i.T.-Wert aussagt. Darauf sollte man beim Menschen auch achten, wenn etwa nach dem Gehalt an Calcium, Eisen oder Kochsalz gefragt wird oder wenn man Werte vergleichen will, die in den verschiedenen Literaturzitationen zu finden sind. Es ist dabei immer zu fragen,

* Frau Prof. Dr. Christa Müller mit Bewunderung ihrer Aktivitäten in freundschaftlicher Verbundenheit zum 50. Geburtstag gewidmet.

ob die Angaben auf die „Feuchtmasse“ oder die „Trockenmasse“ bezogen sind.

Halten wir fest, dass Wasserstoff und Sauerstoff, die Elemente des Wassers, den wesentlichen Teil des menschlichen Körpers ausmachen. Der Rest von 40% besteht beim Wodka aus Ethanol, beim Menschen (28 kg) aus Metallen und Nichtmetallen, wobei die Metalle zahlenmäßig und die Nichtmetalle mengenmäßig überwiegen.

Auffällig ist der Befund, dass die in der kontinentalen Erdkruste (früher als Sial bezeichnet) neben Sauerstoff hauptsächlich vorkommenden Elemente Silicium und Aluminium im menschlichen Körper nicht oder in Spuren vorkommen, deren Bedeutung umstritten ist.

Wenn wir die **relative Häufigkeit** der chemischen Elemente im Körper nach der Anzahl der Atome betrachten, ergibt sich folgendes Bild:

Wasserstoff	60,3 %
Sauerstoff	25,5 %
Kohlenstoff	10,5 %
Stickstoff	2,42 %
Natrium	0,73 %
Calcium	0,226%
Phosphor	0,134%
Schwefel	0,041%
Kalium	0,036%
Chlor	0,032%
Magnesium	0,010%

Gewichtsmäßig verändert sich das Bild (Summe: ca. 69,5 kg):

Sauerstoff	44 kg
Kohlenstoff	14 kg
Wasserstoff	7 kg
Stickstoff	2 kg
Calcium	1,4 kg
Phosphor	650 g
Kalium	170 g
Schwefel	140 g
Chlor	70 g
Natrium	70 g
Magnesium	30 g

Die ersten vier Elemente heißen Grundelemente, die sieben folgenden sind Mengenelemente.

Bleiben noch zwölf **Spurenelemente**, die zusammen 4,5 g auf die Waage bringen, davon das Eisen allein 3 g. Es sind **Metalle**: Chrom (Cr), Eisen (Fe), Kobalt (Co), Kupfer (Cu), Mangan (Mn), Molybdän (Mo), Zinn (Sn) und Zink (Zn) sowie **Nichtmetalle**: Fluor (F), Iod (I), Selen (Se) und (vermutlich) Silicium (Si).

Verteilung im Periodensystem

Die 23 essenziellen Elemente sind im Periodensystem ungleichmäßig verteilt (s. Grafik). Sie finden sich (Ordnungszahlen in Klammern) in der 1. bis 5. Periode, nicht jedoch in der 6. und 7. Periode.

1. Periode: Wasserstoff (1).
2. Periode: Kohlenstoff (6), Stickstoff (7), Sauerstoff (8) und Fluor (9).
3. Periode: Natrium (11), Magnesium (12), Silicium (14), Phosphor (15), Schwefel (16) und Chlor (17).
4. Periode: Kalium (19) und Calcium (20) sowie die meisten Spurenelemente: Cr (24), Mn (25), Fe (26), Co (27), Ni (28), Cu (29), Zn (30) und Se (34).
5. Periode: die Spurenelemente Molybdän (42), Zinn (50) und Iod (53).

Betrachtet man die Verteilung der essenziellen Elemente nach Gruppen, so befinden sich in der Hauptgruppe IA außer dem

IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA
H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La-Lu 57-71	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac-Lr 89-103	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	113	114	115	116	117	118

Grundelemente	Mengelemente	Spurenelemente
---------------	--------------	----------------

DIE ESSENZIELLEN ELEMENTE im Periodensystem.

Wasserstoff die Alkali-Metalle Natrium und Kalium, in der Nebengruppe IB das Kupfer, in der Hauptgruppe IIA die Erdalkalimetalle Magnesium und Calcium, in der Nebengruppe IIB das Zink. In der Hauptgruppe IVA sind Kohlenstoff, Silicium und Zinn, in VA Stickstoff und Phosphor, in VIA Sauerstoff, Schwefel und Selen enthalten. Die metallischen Spurenelemente sind auf die Nebengruppen VIB bis VIII B verteilt. Die Hauptgruppe VIIA beinhaltet die Halogene Fluor, Chlor und Iod.

Die Ordnungszahlen der 23 essenziellen Elemente bilden neben fünf Einzelgängern (1, 34, 42, 50 und 53) fünf kontinuierliche Reihen: [6, 7, 8, 9], [11, 12], [14, 15, 16, 17], [19, 20] und [24 bis 30]. Das leichteste essenzielle Element ist der Wasserstoff (1), das schwerste das Iod (53).

Elemente, deren biologische Bedeutung für den Menschen unbekannt oder fraglich ist, sind Aluminium, Arsen, Brom, Nickel (s. u.), Niob, Vanadium und Wolfram. Keine Bedeutung für den menschlichen Organismus haben Bismut und Strontium. Der Mensch braucht **keine Edelmetalle** und auch keine Edelgase.

Vier Grundelemente

Betrachten wir zuerst das Vorkommen und die Bedarfsdeckung der vier Grundelemente: In welchen körpereigenen Verbindungen sind **Wasserstoff**

und Sauerstoff zusammen enthalten?

Im Wasser, natürlich, in den Kohlenhydraten, wie der Name schon sagt, in den Aminosäuren, Peptiden und Eiweißmolekülen (mit Stickstoff), in den Fettsäuren, Fetten und Lipiden, in den Phospholipiden (mit Stickstoff), in der DNA und RNA (mit Stickstoff), in den Gluco- und Mineralocorticoiden, in den Sexualhormonen, in den Gallensäuren, in den Schilddrüsenhormonen (mit Stickstoff), in den Ubichinonen, in den Prostaglandinen, in Cholin, Kreatin, Kreatinin und Taurin (mit Stickstoff), in den cholinergen, adrenergen und GABA-ergen Transmittern wie Acetylcholin, Adrenalin, Noradrenalin und GABA (γ -Aminobuttersäure; mit Stickstoff), in den biogenen Aminen wie Histamin und Serotonin (mit Stickstoff), z. T. in den Phosphatresten der Enzyme und der Knochen, z. T. in den Sulfatresten des Heparins.

Wo ist **Wasserstoff ohne Sauerstoff** enthalten?

In der Salzsäure des Magens!

Gibt es überhaupt eine Körpersubstanz, die **wasserstofffrei** ist?

Abgesehen von den anorganischen Salzen: nein – mit zwei

Ausnahmen: CO₂ und NO. Kohlendioxid entsteht beim Verbrennen der Nahrungsstoffe zum Zwecke der Energiegewinnung und wird abgatemet. Das Stickstoffmonoxid-Radikal ist identisch mit dem lange gesuchten endogenen Aktivator EDRF (Endothelium-Derived Relaxing Factor), dessen Struktur so lange unklar blieb, weil man sich vorher nicht vorstellen konnte, dass ein physiologischer Aktivator kein Peptid, sondern ein winziges anorganisches Molekül ist.

Kohlenstoff ist bekanntlich in allen organischen Verbindungen enthalten, also auch in den unter „Wasserstoff und Sauerstoff“ aufgezählten essenziellen Stoffgruppen des menschlichen Körpers. Hinzu kommen Sulfate, Carbonate und Phosphate sowie das schon genannte Kohlendioxid.

Stickstoff ist enthalten in allen Aminosäuren, aus denen die Peptide und Eiweiße aufgebaut sind, in den Phospholipiden, in den Pyrimidin- und Purin-Basen der DNA und RNA, in den Schilddrüsenhormonen, in den Transmittern und biogenen Aminen (s. Wasserstoff und Sauerstoff), im Stickstoffmonoxid (NO).

Wie wird der Bedarf hauptsächlich gedeckt?

Kohlenstoff aus Kohlenhydraten, Eiweiß und Fett.

Sauerstoff aus den gleichen Quellen und Wasser.

Wasserstoff aus dem Wasser.

Stickstoff aus Eiweiß.

Mengen- und Spurenelemente

Die weiteren Elemente folgen nun in alphabetischer Reihenfolge (T = Tagesbedarf):

Calcium ist nicht nur für alle Spezies essenziell und ganz wesentlich am Aufbau und der Stabilität der Knochen beteiligt (1,3 kg), sondern wird auch benötigt für die Stabilität der Zellmembranen, die intrazelluläre Signalübertragung, die Reizübermittlung im Nervensystem, die elektrochemische Kopplung ▶

der Muskulatur und die Blutgerinnung. Es macht rund 2% des Körpergewichts aus.

T: 800 bis 1000 mg, aus Milch und Milchprodukten, aus härterem Trinkwasser.

Chlor bildet NaCl (s. Natrium) und die Salzsäure im Magensaft. T: 830 mg in Form von Kochsalz, das auch in Fleisch- und Wurstwaren und Fertiggerichten enthalten ist.

Chrom ist komplex gebunden im Glucosetoleranzfaktor (Kohlenhydratstoffwechsel) und stellt einen Aktivator der Insulinwirkung dar.

T: 30 bis 100 µg, aus Fleisch, Pflanzenölen, Vollkorn, Müscheln.

Eisen fördert die Blutbildung und ermöglicht den Sauerstofftransport, ist enthalten im Hämoglobin, Myoglobin, Cytochrom P450 und anderen Enzymen und wird gespeichert im Ferritin, Hämosiderin sowie im Transferrin.

T: 10 bis 15 mg, aus Leber, Fleisch, dunklem Gemüse (Brokkoli, Wirsing, Rotkohl).

Fluor stabilisiert Knochen und Zähne, hilft bei der Wundheilung.

T: 2 bis 4 mg, aus Seefischen, Getreide, Walnüssen.

Iod ist in die Schilddrüsenhormone eingebaut, die den Stoffwechsel und die Körpertemperatur regeln.

T: ca. 200 µg, aus Seefischen, Meeresfrüchten, jodiertem Speisesalz.

Kalium als Ion überwiegend intrazellulär, reguliert den Wasserhaushalt der Zellen, den Kohlenhydratstoffwechsel, den Proteinaufbau und die Herzfähigkeit.

T: 2 g, aus Kartoffeln, Gemüse, Hülsenfrüchten, Bananen, Trockenobst.

Kobalt ist das Zentralatom der Cobalamine (Vitamin B₁₂).

T: 0,2 bis 0,4 µg, aus Innereien, Milch, Muscheln.

Kupfer greift, enzymatisch gebunden, in den Stoffwechsel, Eisen-transport und in das Immunsystem ein.

T: 2 bis 4 mg, aus Leber, Nieren, Geflügel, Fisch, Hülsenfrüchten.

Magnesium ist in den Knochen und Zähnen enthalten und auch physiologisch wichtig: Es akti-

viert die Na/K-ATPase und praktisch alle Enzyme des Energiestoffwechsels, ist an der Regulation der Zellpermeabilität beteiligt und damit ein Faktor der neuromuskulären Erregung.

T: ca. 300 mg, aus Milch, Hülsenfrüchten, Nüssen, Getreide. **Mangan** ist bei verschiedenen Stoffwechselprozessen vonnöten, auch für die Produktion der Sexualhormone.

T: 2,5 mg, aus Roten Rüben, Vollkorn, Früchten.

Molybdän beeinflusst den Kohlenhydrat-, Fett- und Eisenstoffwechsel.

T: 50 bis 400 µg, aus Hülsenfrüchten, Getreide, dunklem Gemüse.

Natrium als NaCl fast vollständig in der extrazellulären Flüssigkeit, z. T. im Skelett gebunden, reguliert den Wasserhaushalt, damit den osmotischen Druck und den Blutdruck.

T: 500 bis 600 mg (s. Chlor).

Nickel ist möglicherweise am Kohlenhydrat- und Eisen-Stoffwechsel beteiligt.

T: 0,2 bis 0,5 mg (?), aus Obst, Gemüse, Getreide.

Phosphor stationär in den Knochen, Zähnen, Phospholipiden und Nucleotiden, funktionell aktiv in der Energiegewinnung und -verteilung (ATP).

T: 800 bis 1300 mg, aus Milch, Fleisch, Käse, Fisch.

Schwefel als Sulfatgruppen im Heparin und sekundären Metaboliten, als SH-Gruppen in Aminosäuren, als Disulfidbrücken in Peptiden.

T: ca. 900 mg, aus tierischem Eiweiß, Milch, Käse.

Selen z. T. in den Knochen und Zähnen, aktiv für die Gewebelastizität und den Stoffwechsel, es „fängt“ freie Radikale.

T: 50 bis 70 µg, aus Fleisch, Milch, Gemüse, Getreide, Nüssen.

Silicium ist vermutlich wichtig zur Erhaltung von Knorpel, Bindegewebe, Haaren und Nägeln. T: 30 bis 70 µg,

Zink beeinflusst das Immunsystem, das Farbsehen, Haut und Bindegewebe sowie die Insulinspeicherung. In etwa 70 Enzymen enthalten, so auch in Zinkfinger-Proteinen sowie im dimeren und hexameren Insulin.

Was bleibt ...

... vom Menschen, wenn er beerdigt wird?

Die organischen Substanzen werden von den Mikroorganismen des Lebensraums Erde buchstäblich gefressen. Zurück bleibt praktisch nur das Calciumphosphat der Knochen und Zähne, verunreinigt mit etwas Magnesiumphosphat und ein paar Natrium- und Kalium-Ionen.

Und wenn er eingeäschert wird?

Bei der Verbrennung (Einäscherung) werden Stoffe gebildet, die flüchtig sind und solche, die extreme Hitze überstehen oder dabei gebildet werden. Wasserstoff wird zu Wasser oxidiert und verdampft. Sauerstoff versteckt sich hauptsächlich im Wasser und Kohlendioxid. Kohlenstoff wird zum Umwelt belastenden CO₂ oxidiert. Stickstoff liefert Stickoxide. Chlor wird zu Chlorat oxidiert, das weiter zerfällt. Übrig bleiben die Metalle als Oxide sowie Phosphate und Sulfate. Bei ausreichender Temperatur entweichen aus den Metallsalzen Phosphor und Schwefel als Oxide, sodass letztlich nur Metalloxide übrig bleiben, die in eine Urne gefüllt oder ins Meer verstreut werden können.

T: 5 bis 10 mg, aus Fleisch, Käse, Schalentieren.

Zinn, Beeinflussung des Haarwuchses und der Nierenfunktion. Ist im Gastrin und im Thymus zu finden.

T: 20 µg, aus Trinkwasser und Meerestieren.

Der Mensch und das Wasser

Warum ist so viel Wasser im menschlichen Körper enthalten? Der Körper des Säuglings besteht zu etwa 75% aus Wasser, der Körper eines 50-Jährigen nur noch zu etwa 60%. Wird das Wasser weniger, wird auch das Leben weniger.

Wasser ist ...

- das Lösemittel, das die Resorption der Nahrung aus Magen und Darm ermöglicht.
- das Vehikel, das die biologischen Bausteine zu den Orten des Bedarfs befördert.
- das Entsorgungsmaterial, das den Biomüll aus dem Körper schleust.

Ohne Wasser kein biochemischer Stoffwechsel.

Ohne Wasser kein Leben.

Wie ist das Wasser im Körper verteilt?

Unser Mustermensch enthält 42 kg oder 42 Liter Wasser (s. o.), die wir hier auf 45 Liter aufrunden.

Mit rund 30 Litern befindet sich der größte Teil als Zytosol oder intrazelluläre Flüssigkeit in den Zellen. Die restlichen 15 Liter verteilen sich extrazellulär wie folgt:

etwa 4 Liter im Blutplasma,
etwa 10 Liter in der interstitiellen Flüssigkeit (einschließlich Lymphe),
etwa 1 Liter in der transzellulären Flüssigkeit.

Mineralstoffe im Körper

Während die vier Grundelemente hauptsächlich in organischen Verbindungen vorliegen – Ausnahmen: Wasser, Carbonate, andere anorganische Salze –, sind die Mengenelemente überwiegend anorganisch gebunden – Ausnahme z. B. Schwefel in Proteinen.

Die Mengenelemente tragen nur etwa 3 kg zum Gesamtgewicht von 70 kg bei, das entspricht etwa 10% der „Trockenmasse“ (i. T.). Die Alkalimetalle liegen als Natrium- und Kaliumsalze in ionisierter, wasserlöslicher Form vor. Die Erdalkalimetalle Calcium und Magnesium befinden sich teilweise im gleichen Zustand, sind aber überwiegend als schwerlösliche Phosphate in Knochen und Zähnen fixiert.

Alle metallischen Spurenelemente sind als Chelate komplex gebunden. ◀

Autor

Prof. Dr. rer.
nat. Dr. h. c.

Hermann
J. Roth,
Friedrich-
Naumann-
Str. 33,

76187 Karlsruhe

www.h-roth-kunst.com

info@h-roth-kunst.com

