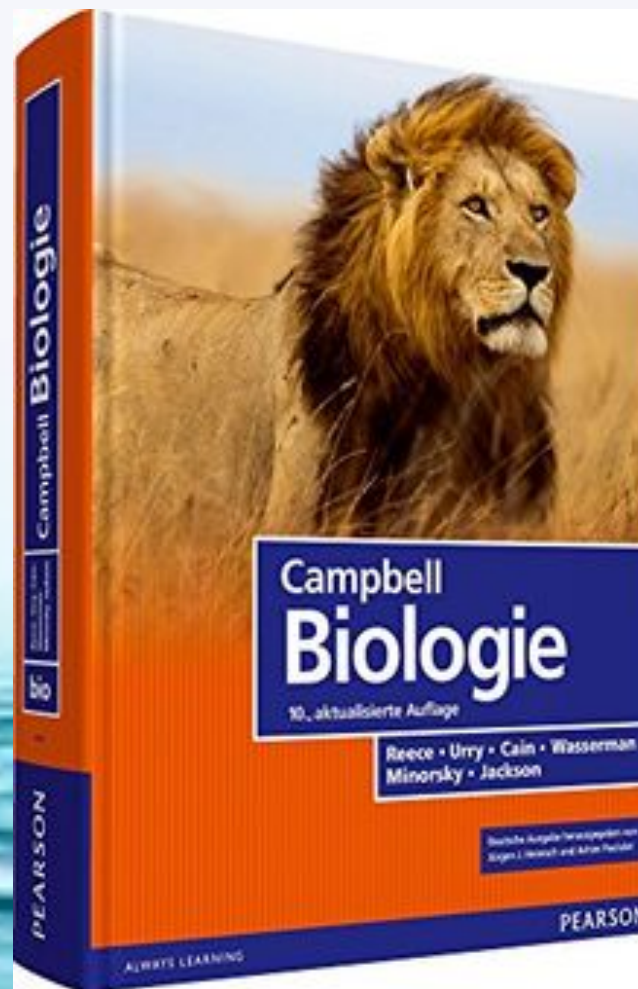


# **27. Wasserhygienetage Bad Elster**

6.- 8. Februar 2019, Bad Elster

## **Lebensmittel Wasser – Der Mensch ein Wasserwesen**

Priv. Doz. Dr. med. habil. Udo Kummer



- Die Biologie ist die Wissenschaft vom Leben – und dennoch weiß sie nicht genau, was „**Leben**“ eigentlich ist
- Es gibt bis heute keine allgemeingültige Definition von Leben!
- Liste von Eigenschaften, um damit Leben und nicht lebende Systeme voneinander zu unterscheiden

## **Leben muss konzentriert und beweglich sein**

Lebensvorgänge können nur dann ablaufen, wenn die Bestandteile eines lebenden Systems

- aufeinandertreffen
- miteinander reagieren
- sich gegenseitig verändern

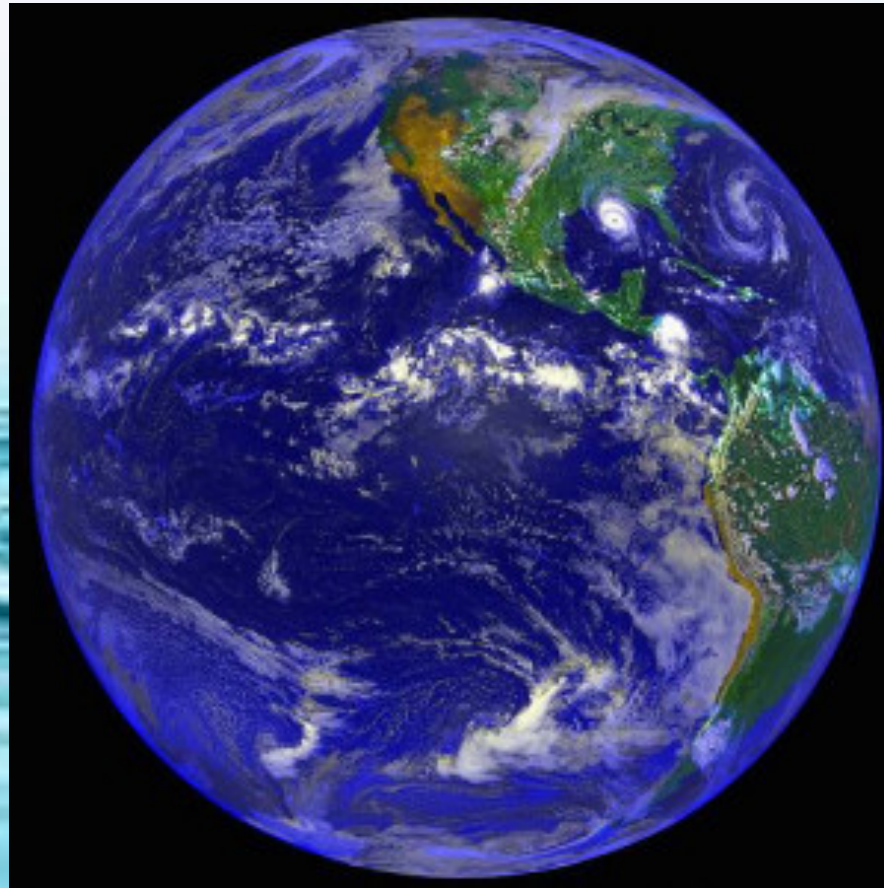


## **Flüssigkeiten als Basis für Leben**

In Flüssigkeiten lassen sich die unterschiedlichsten Stoffe lösen

- werden dadurch annähernd so beweglich wie das Lösungsmittel selbst
- sind an das Lösungsmittel gebunden und können sich nicht verflüchtigen

Wasser ist das **ideale Lösungsmittel** und es hat für Lebewesen weitere **biologisch nützliche Eigenschaften**, die sich aus seiner besonderen Chemie und Physik ergeben



- Wasser ist die mit Abstand häufigste Flüssigkeit auf der Erde
- Die Erde verfügt über gigantische Wasservorkommen >> „**Der Blaue Planet**“



# Eigenschaften von Wasser

flüssig

polares Lösungsmittel

Reaktionsteilnehmer

Wärmespeicher

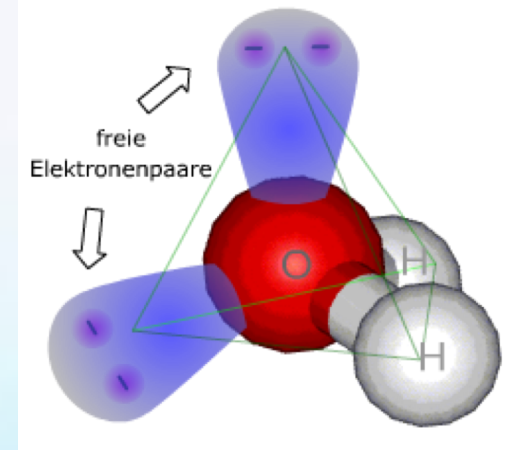
dichter als Eis

strukturgebend

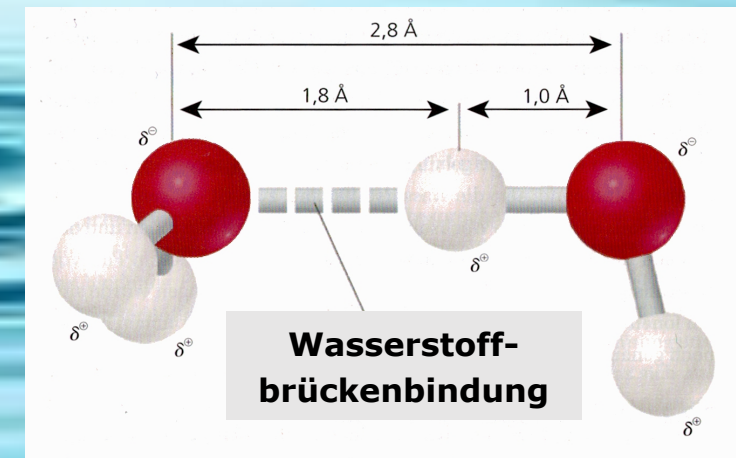
nicht komprimierbar

Die **biologisch nützlichen Eigenschaften** des Wassers gehen überwiegend auf die **Polarität des Moleküls** und **seine Tendenz** zurück, **Wasserstoffbrücken** zu bilden

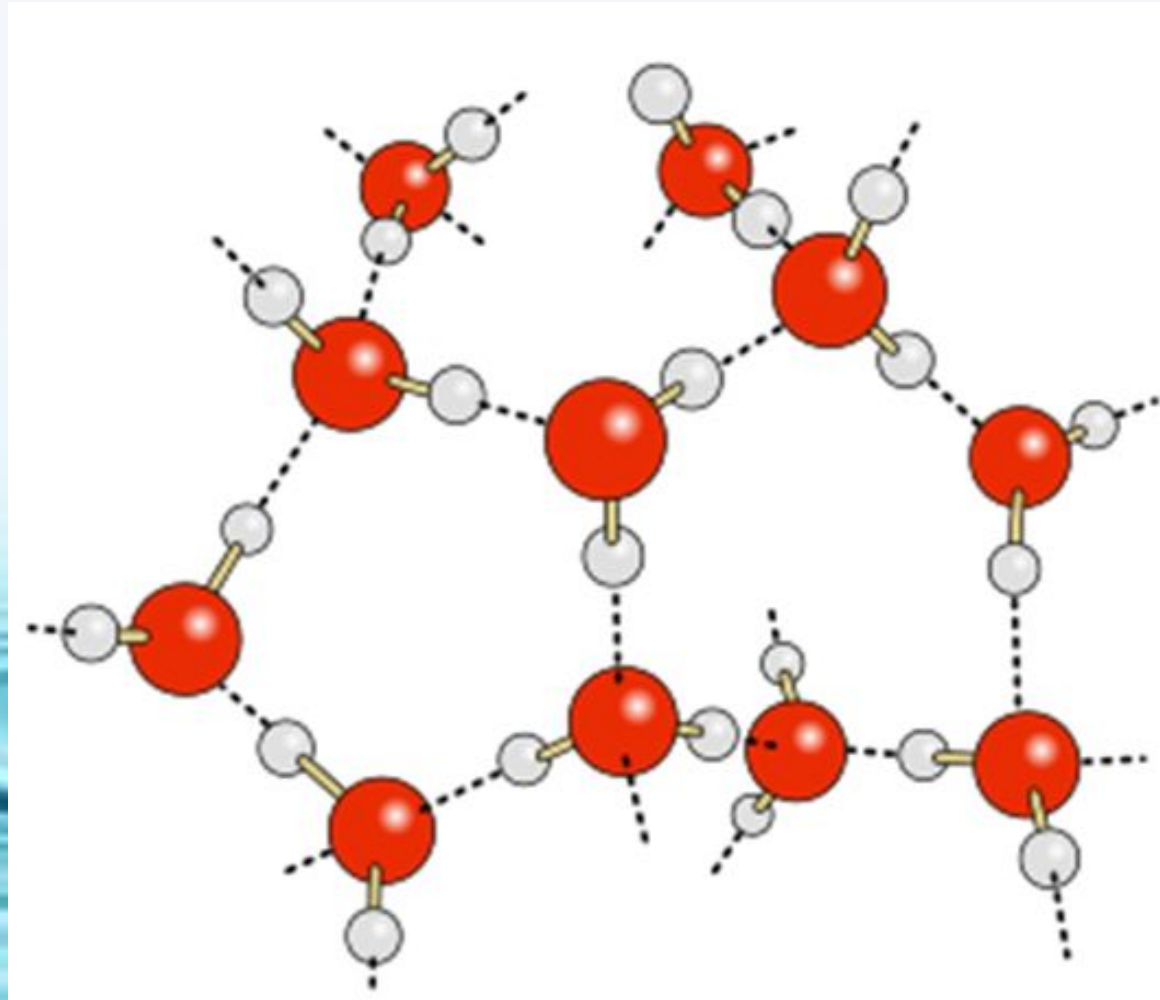
- Jede OH-Bindung im Wassermolekül ist stark polarisiert (H-Atome verbunden mit dem sehr elektronegativen O-Atom)
- Aus der asymmetrischen Ladungsverteilung im Wassermolekül resultiert ein **elektrischer Dipol**
- Wäre Wasser linear, dann wäre das Molekül unpolar



- **Positiv** polarisierte **H-Atome** können zum **negativ** polarisierten **O-Atom** eines benachbarten Wassermoleküls relativ starke und gerichtete Bindungen ausbilden
- Die Wechselwirkung der H-Atome erfolgt mit den freien Elektronenpaaren des O-Atoms

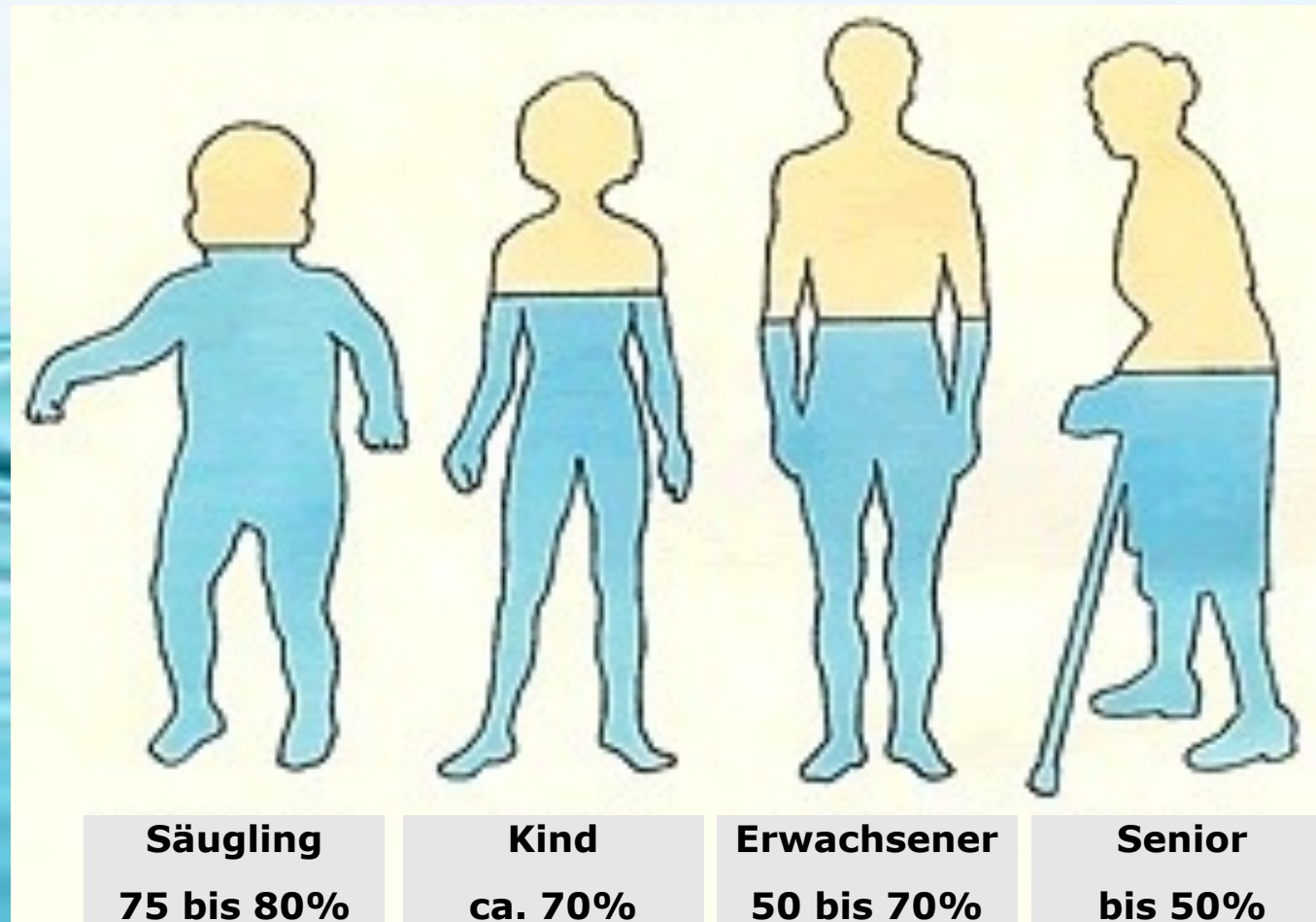


Es liegt eine Dipol-Dipol-Wechselwirkung vor >> **Wasserstoffbrückenbindung**



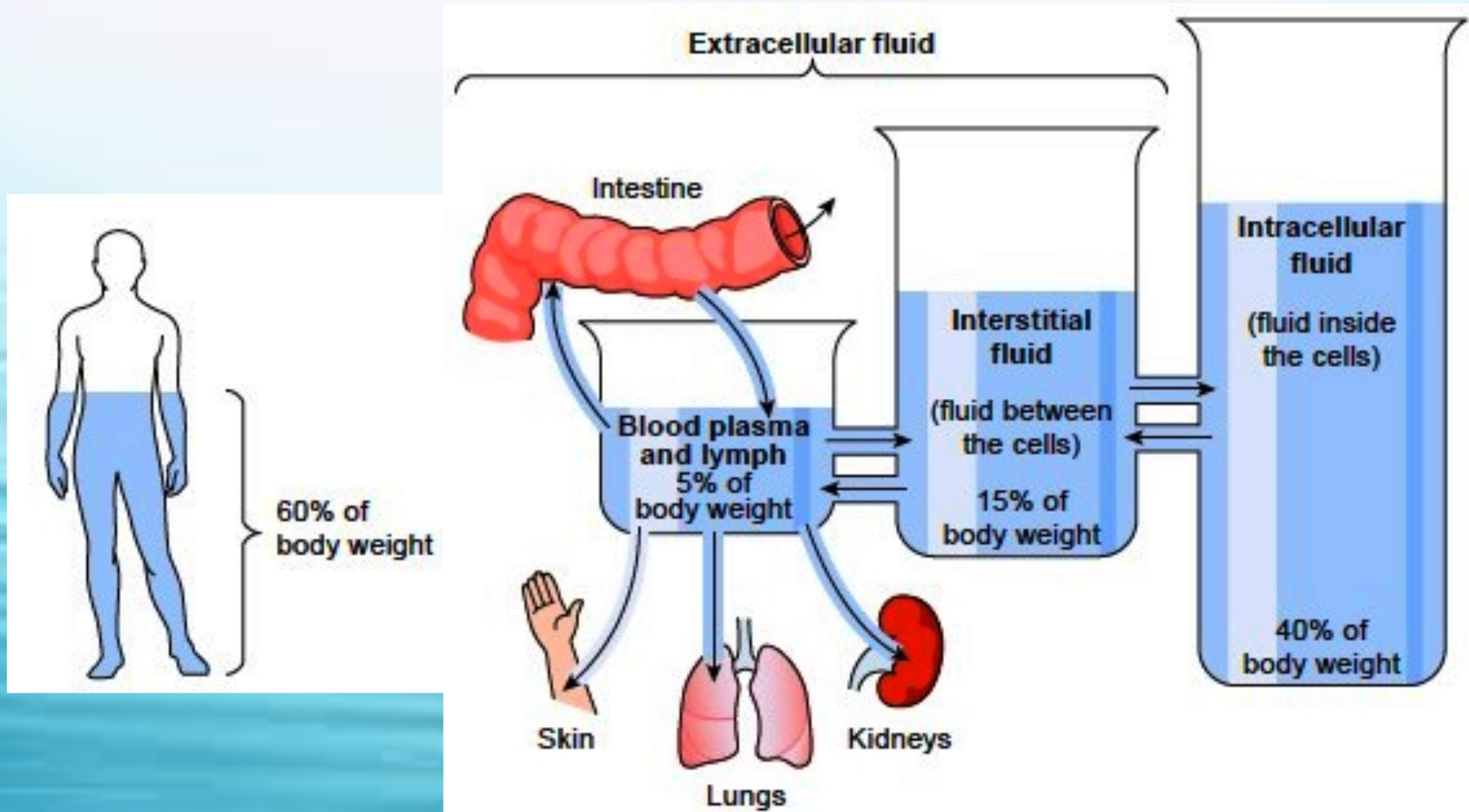
- **Wasserstoffbrückenbindungen** spielen eine bedeutende Rolle in der Biochemie
- **Wasserstoffbrückenbindungen** für den Aufbau der dreidimensionalen Struktur von Proteinen und bei der Basenpaarung der DNA

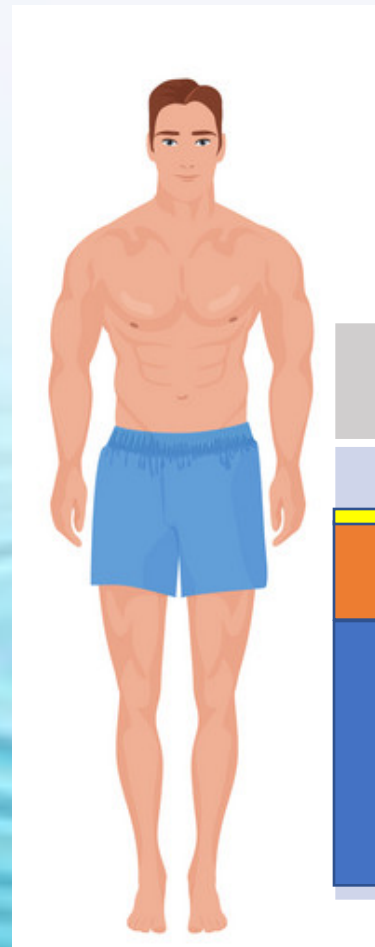
## Der menschliche Körper besteht überwiegend aus Wasser





# Flüssigkeitsräume des Körpers



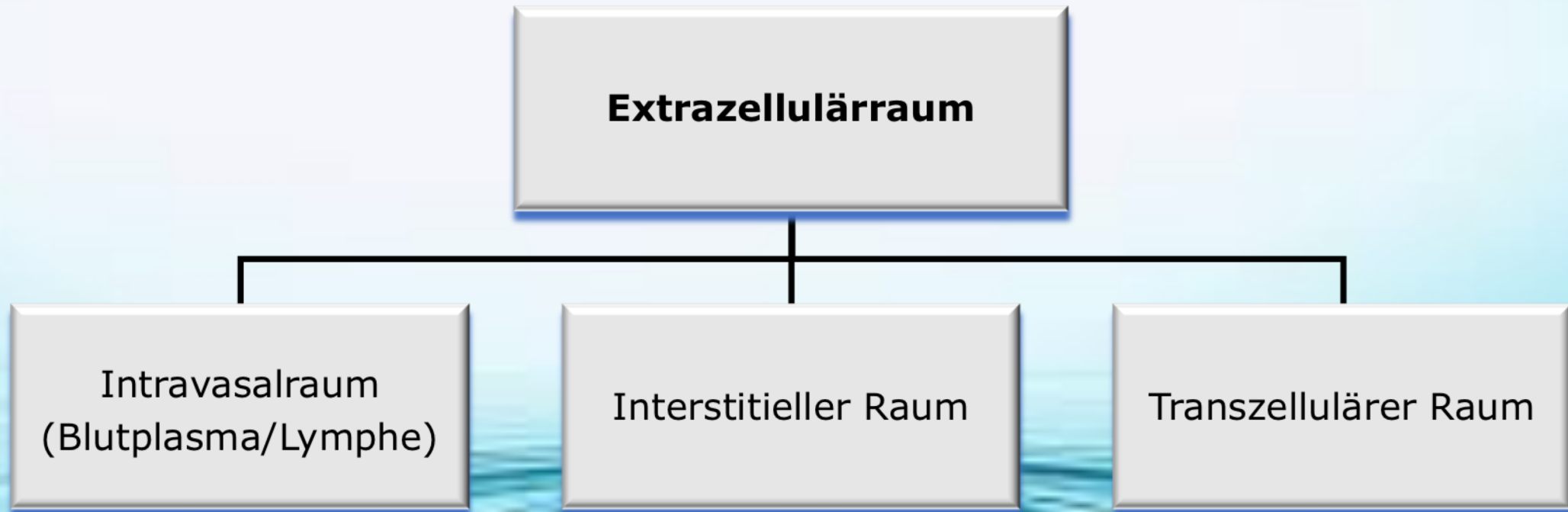


Anteil am Körpergewicht		
	4%	Fett
	26%	feste Substanz
	<b>bis 70%</b>	<b>Wasser</b>



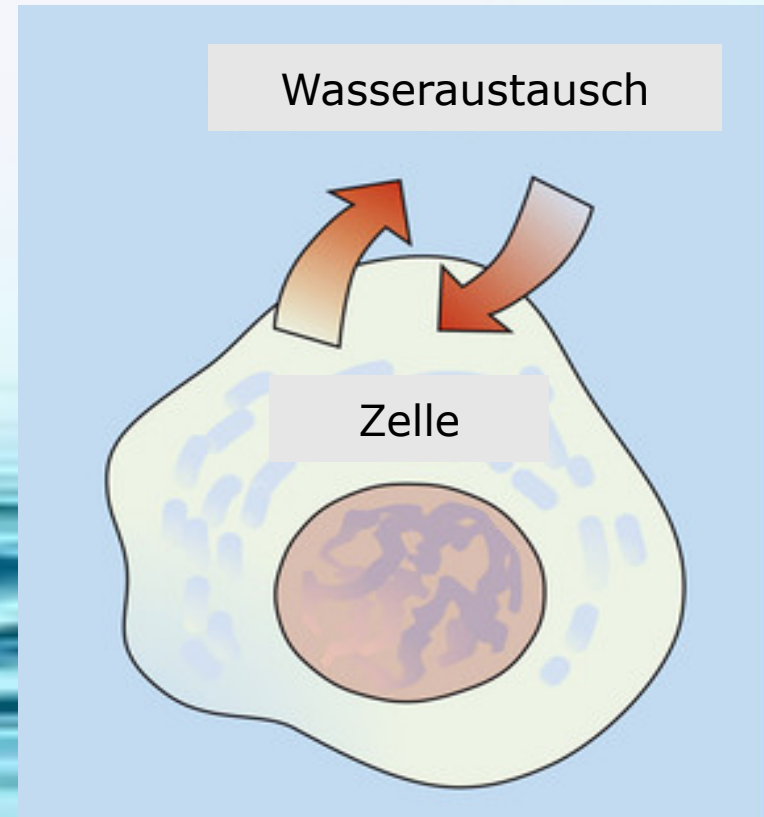
Anteil am Körpergewicht		
	18%	Fett
	22%	feste Substanz
	<b>bis 60%</b>	<b>Wasser</b>

Der durchschnittliche Wasseranteil im menschlichen Körper ist abhängig vom **Geschlecht, Alter** sowie vom **Fettanteil des Körpers**



- Gehirn-Rückenmarks-Flüssigkeit, Augenkammerwasser, Sekrete des Magen-Darm-Trakts, Flüssigkeit in Pleura-, Bauch- und Perikard-Raum
- Wassermenge im transzellulären Raum ist normalerweise gering, aber hoher Umsatz (tgl. werden ca. 7-8 L Flüssigkeit in den Magen-Darm Trakts sezerniert und fast vollständig rückresorbiert)
  - beträchtliche Volumenverluste bei Erbrechen und Durchfall
  - Wassermenge kann bei verschiedenen Erkrankungen (mit Pleuraerguss und Aszites) gewaltig zunehmen

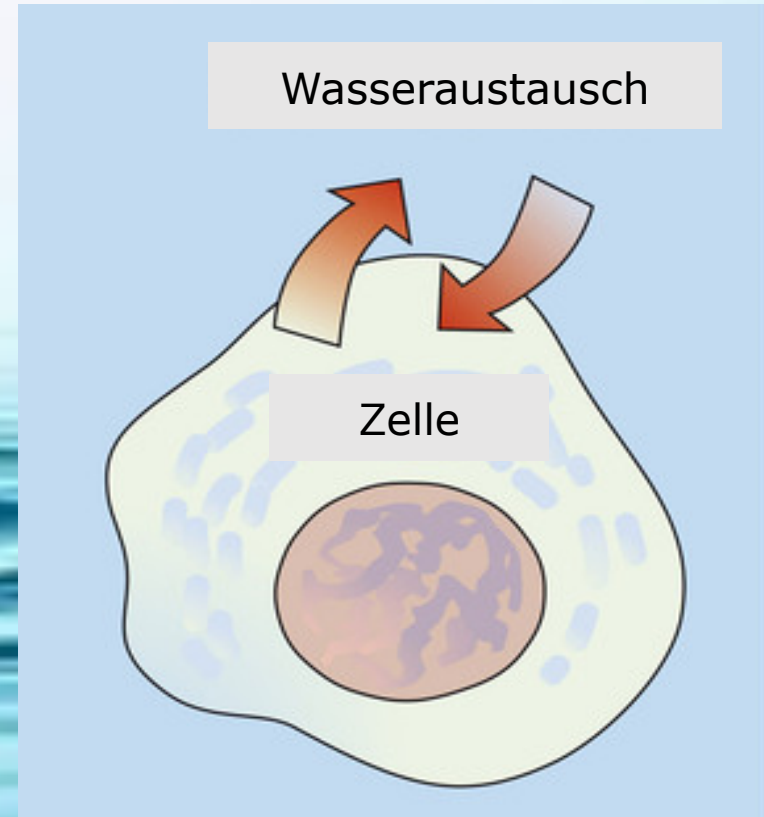
- Der Wasseraustausch zwischen den **Körperzellen** und der „**Außenwelt**“ verläuft über die **Interstitielle Flüssigkeit**
- Die **Interstitielle Flüssigkeit** ähnelt in ihrer Zusammensetzung jener des kambrischen Urmeeres, (aus dem unsere Vorfahren vor knapp 500 Millionen Jahren ans Land wanderten)
- Alle vielzelligen Lebewesen, die damals das Urmeer verlassen haben, haben dieses Urmeer-Wasser als **Interstitielle Flüssigkeit** mitgenommen



Die **Interstitielle Flüssigkeit** – eine **Na<sup>+</sup> und Cl<sup>-</sup>** -reiche Lösung - bietet jeder Körperzelle das lebensnotwendige konstante „**Innere Milieu**“, um die komplexen Funktionen des Organismus zu ermöglichen



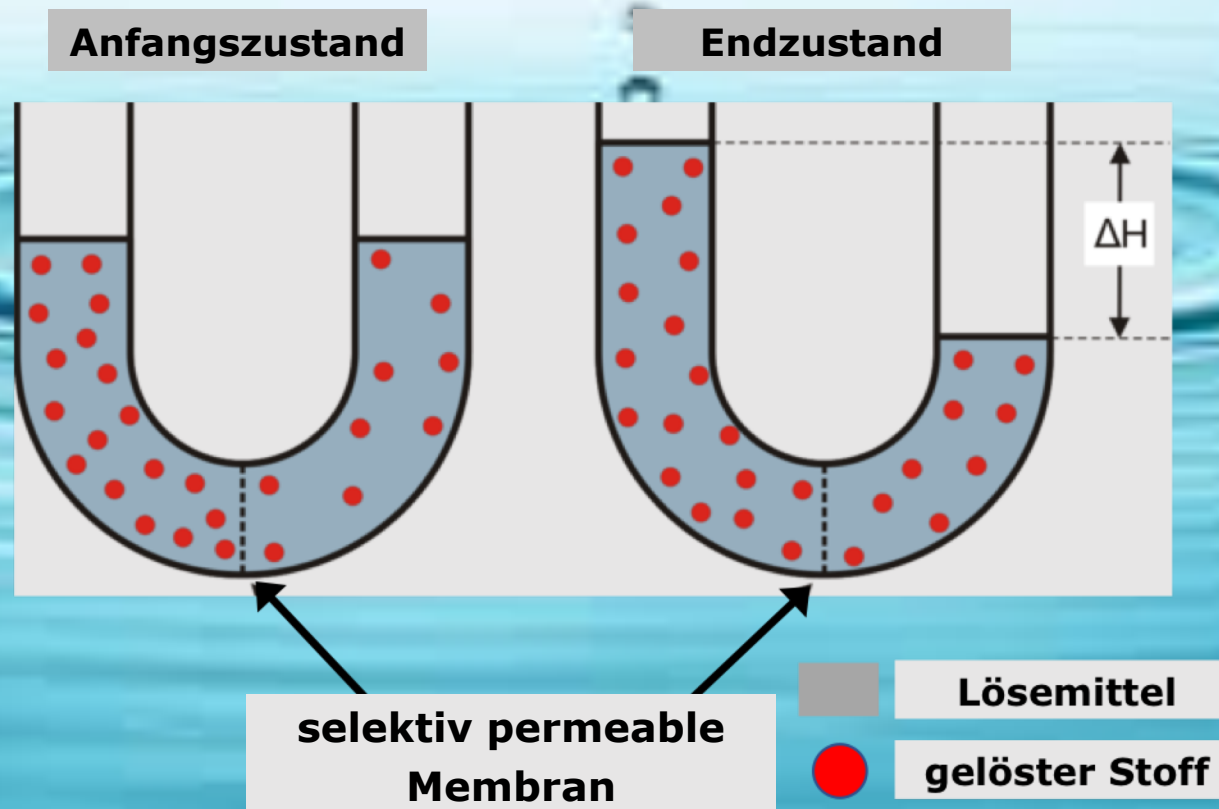
- Interstitieller und Intrazellulärer Raum sind **nur** durch die **Zytoplasma-Membran** der Körperzellen voneinander getrennt
- In den Körperzellen gibt es **keinen Transport-mechanismus**, der Wasser über Zellmembranen hinweg **aktiv** transportiert



**Wie wird ein derart wichtiges Molekül wie Wasser im Körper transportiert?**

# Osmose

- Sonderform der Diffusion durch eine Membran (im Körper Zellmembranen), die nur für das Lösungsmittel (im Körper Wasser) durchlässig ist, nicht für die darin gelösten Teilchen
- Konzentrationsgradient bewirkt Wanderung der  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle von der weniger konzentrierten in die stärker konzentrierte Lösung
- Letztlich wird ein Gleichgewichtszustand erreicht zwischen der Wanderungsbewegung der  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle und dem hydrostatischen Druck >> **osmotischer Druck**



## Osmolarität

- **Osmolarität** bezieht sich auf die Konzentration gelöster (osmotisch wirksamer) Teilchen in einem Liter Lösung (Einheit: osmol/L entspricht  $6,022 \times 10^{23}$  Teilchen); **Osmolalität**, wenn die gelösten Teilchen auf das Volumen von 1 kg Wasser bezogen werden
- Es zählt die **Gesamtzahl der Teilchen** (es ist unwichtig um welche Art von gelösten Teilchen es sich handelt)
- Die wichtigsten die Osmolarität bestimmenden Teilchen sind
  - in der intrazellulären Flüssigkeit: **Kalium-**, Magnesium- und Phosphat-Ionen
  - in der extrazellulären Flüssigkeit: **Natrium-** und Chlorid-Ionen

### Vergleichswerte für Osmolarität

- |                                    |                            |
|------------------------------------|----------------------------|
| ▪ Körperflüssigkeiten des Menschen | 280 - 290 mosmol/L         |
| ▪ menschlicher Urin                | meist 600 – 1 000 mosmol/L |
| ▪ Meerwasser                       | > 1 000 mosmol/L           |

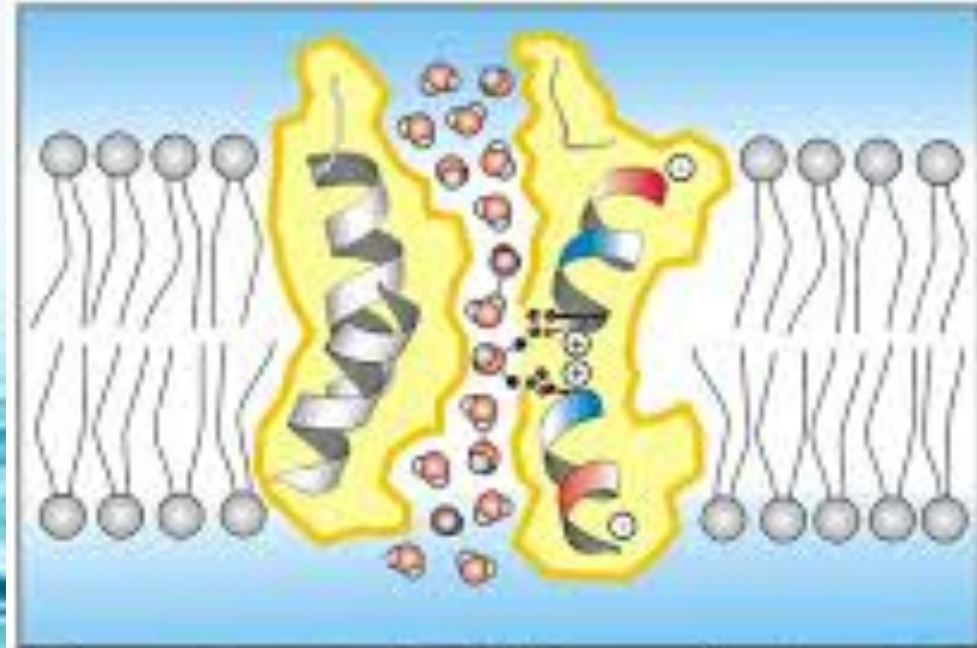
- Wasser wird **immer** entlang eines osmotischen Gradienten transportiert >>  
**passiver Transport**
- Der Wassertransport ist an einen aktiven (Energie-verbrauchenden) Substanztransport gekoppelt („**osmotische Kopplung**“)

- Zellmembranen sind für Wasser relativ durchlässig!
- In bestimmten Geweben ist oftmals ein sehr schneller Wassertransport erforderlich (z.B. in der Niere, Wasser muss nach der Filtration schnell wieder in den Blutstrom zurückbefördert werden)

**Gibt es in Geweben mit hohem physiologischen Wasserfluss  
spezifische Wasserkanäle?**



## Aquaporine - hydrophile Transmembran-Kanäle für die Passage von Wasser



- **Aquaporine** benötigen keine Energie für den Membrantransfer von Wassermolekülen
- **Aquaporine** arbeiten bidirektional (Wasser kann entlang des osmotischen Gradienten in beiden Richtungen durch den Kanal transportiert werden)
- **Aquaporin-Kanäle** lagern sich zu Tetrameren zusammen, wobei jedes Monomer eine Wasserpore enthält

## **Bedeutung der Aquaporine**

Aquaporine finden sich in Geweben/Organen mit regem Wasseraustausch

- A. 1 (Bürstensaum der proximalen Nierentubuluszellen)
- A. 2 (apikale Membran von Sammelrohrepithelzellen)
- A. 4 (u.a. an der Blut-Hirn-Schranke beteiligt)
- A. 5 (Azinuszellen der Speicheldrüsen)

## **Defekt/Fehlfunktion der Aquaporine**

- Einige Krankheiten hängen mit einem Defekt/Fehlfunktion der Aquaporine zusammen (z. B. Diabetes insipidus)

**Aquaporine** sind ein weiteres spektakuläres Beispiel, welche raffinierte molekulare Nanotechnik die Natur über Jahrtausende entwickelt hat

## Kontrolle und Regulierung des Wasserhaushaltes

- Zur Aufrechterhaltung des „**Inneren Milieus**“ müssen Volumen und Osmolarität der **Extrazellulären/Interstitiellen Flüssigkeit** streng kontrolliert und reguliert werden
  - **Volumenregulierung:** Sie dient der Erhaltung des sog. „effektiv zirkulierenden Blutvolumens“ >> Sicherstellung eines funktionierenden Blutkreislaufs  
(das „effektiv zirkulierende Blutvolumen“ ist jenes Volumen, das an der Gewebepерfusion teilnimmt; es korreliert i.d.R. direkt mit dem Volumen der Extrazellulären bzw. Interstitiellen Flüssigkeit)
  - **Osmoregulierung:** Schon geringe Schwankungen der Osmolarität können zu lebensbedrohlichen Änderungen des Zellvolumens führen (Zellen des ZNS reagieren sehr empfindlich auf solche Änderungen)
- Die Kontrolle und Regulierung **beider** Parameter ist wichtig, weil
  - Sensoren des Volumens eine Deregulierung der Osmolarität nicht erfassen
  - Sensoren der Osmolarität einen Blutverlust nicht registrieren

## Hauptfaktoren in der Volumen- und Osmoregulierung

	Volumenregulierung	Osmoregulierung
Kontrollierte Variable	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Effektives zirkulierendes Volumen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Blutplasma-Osmolarität</li> </ul>
Sensoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Druck- und Dehnungsrezeptoren im Herz-Kreislauf-System</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zentrale (Hypothalamus) und periphere Osmorezeptoren</li> </ul>
Effektoren	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS)</li> <li>▪ Natriuretische Peptide (z. B. ANP)</li> <li>▪ Sympathisches Nervensystem</li> <li>▪ ADH (bei schwerem Volumenmangel)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ADH (anti-diuretisches Hormon; Vasopressin)</li> <li>▪ Durstempfinden</li> <li>▪ Konzentrierungs- und Verdünnungsfunktion der Niere</li> </ul>
<b>Regulierte Variable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hämodynamische Sofortreaktionen (Vasokonstriktion)</li> <li>▪ Natrium-Ausscheidung im Urin (<b>„osmotische Kopplung“</b>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Wasserzufuhr (Durst) und Urin-Osmolarität</li> </ul>

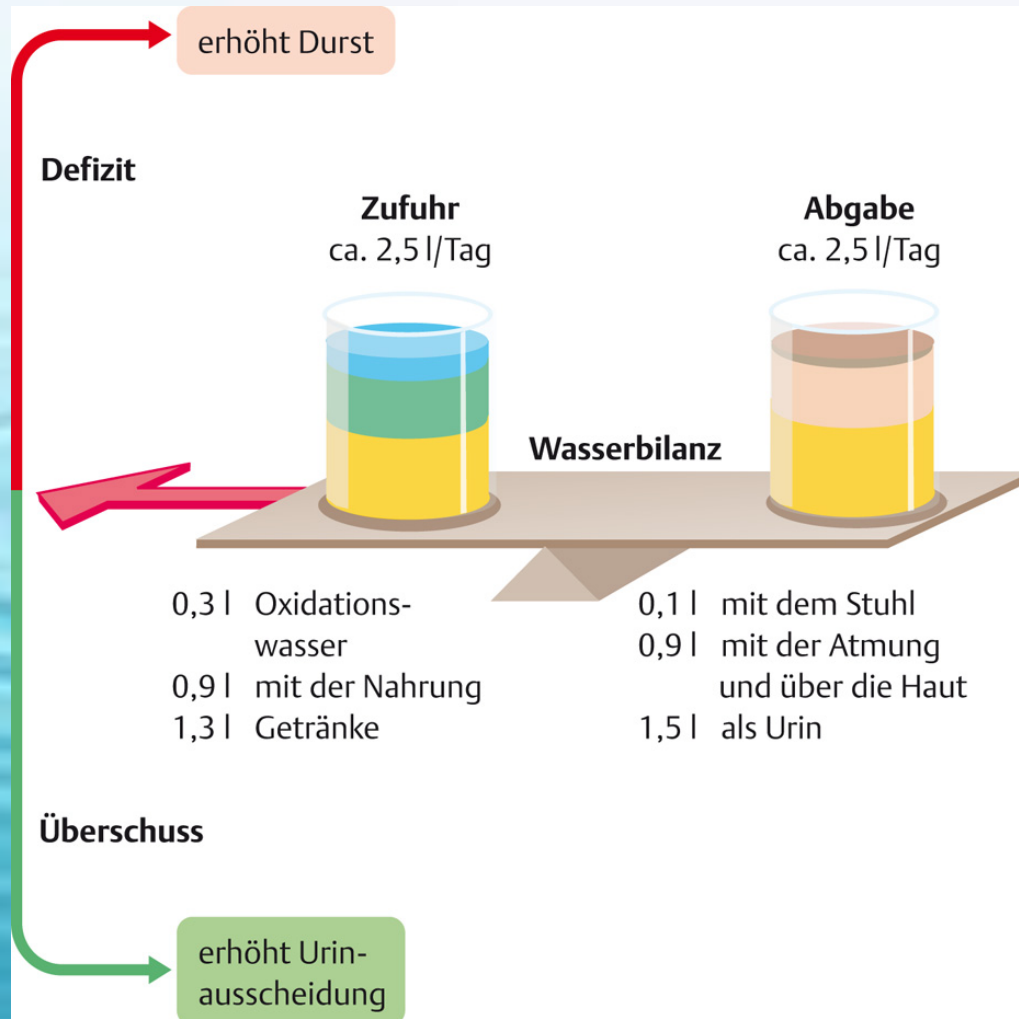
Die Natrium-Ausscheidung im Urin zieht aus osmotischen Gründen gleichsinnige Wasserbewegungen nach sich (**„osmotische Kopplung“**)



## Das anti-diuretische Hormon ADH (Vasopressin)

- Eine Zunahme der Osmolarität im Blutplasma steigert die Abgabe von ADH in das Blut, eine Abnahme hemmt sie
- ADH spielt bei der Wasserrückgewinnung in der Niere über den Einbau von **Aquaporinen** in die Zellmembran der Sammelrohre eine wichtige Rolle
  - Wasser kann so (dem osmotischen Gradienten folgend) aus dem Sammelrohr in das Nierenmark austreten
  - es erfolgt dadurch eine Konzentrierung des Urins, weniger Flüssigkeit wird ausgeschieden und steht damit dem Blutvolumen zur Verfügung

## Durchschnittliche Wasserbilanz eines Erwachsenen pro Tag



### Wasseraufnahme

- Eine **positive** Wasserbilanz (Wasserintoxikation) tritt aufgrund der hohen Ausscheidekapazität der Niere kaum auf (Ausnahme: **Säuglinge** und **Kleinkinder**)

### Wasserausscheidung

- Eine **negative** Wasserbilanz kann schnell zu problematischen Situationen (Dehydratation) führen (z.B. Krankheiten des Magen-Darm-Trakts)
- Die minimale Flüssigkeitsausscheidung liegt bei maximaler Harnkonzentrierung bei ca. 700 ml/Tag (Sicherstellung der Ausscheidung von harnpflichtigen Substanzen)

## Folgen eines Wassermangels

<b>Abnahme der Gesamtkörperflüssigkeit um:</b>	<b>Bei einem 75 kg schweren Mann entspricht dies:</b>	<b>Auswirkung</b>
0,5%	0,2 L	Durstgefühl
3%	1,4 L	verminderte Speichel- und Urinproduktion, körperliche und geistige Leistungseinbußen
5%	2,3 L	Tachykardie, erhöhte Körpertemperatur
10%	4,5 L	Verwirrtheitszustände
20%	9,0 L	Tod

## Der Mensch muss ein Leben lang trinken, um zu überleben

- Es gibt allerdings bis heute keine validen Daten für normale Trinkmengen
- Trotzdem ermahnen uns Ratgeber und Werbung tgl. große Wassermengen zu trinken (2-Liter-Empfehlung!)

Experten raten:

**Vertrauen Sie getrost Ihrem Durstgefühl!**

- Durst ist ein tief verankerter Trieb, der über Jahrmillionen perfektioniert wurde und deshalb ein verlässlicher Indikator für Wassermangel im Körper ist
- Diese Sichtweise wird inzwischen auch von den entsprechenden Fachgesellschaften getragen
- Für **Senioren und nierenerkrankte Patienten** gelten andere Empfehlungen (Betroffene sollten das individuell mit ihrem Arzt klären!)





**Ohne Wasser kein Leben!**

