

Wasser

Anna Stahl und Helmut Heseke, Universität Paderborn

Neue Erkenntnisse haben in den letzten Jahren das Grundlagenwissen im Bereich Ernährung stark erweitert. Das war Anlass, das erstmals vor zehn Jahren in der Ernährungs-Umschau erschienene „Basiswissen aktualisiert“ zu überarbeiten. Weitere Artikel werden folgen und komprimiert Grundlagenwissen über Nährstoffe vermitteln.

Einführung

Wasser ist eine farb-, geruch- und geschmacklose Flüssigkeit. Aufgrund der Struktur des aus zwei Wasserstoff- und einem Sauerstoffatom bestehenden Moleküls besitzt es besondere Eigenschaften. Dazu zählen das hohe Dipolmoment, die Neigung zur Ausbildung von Wasserstoffbrücken sowie die Struktur des festen und flüssigen Wassers. Durch diese physikalisch-chemischen Eigenschaften ist Wasser prädestiniert, Lebensprozesse zu ermöglichen und zu erhalten. Es hat für alle Lebewesen eine zentrale Bedeutung als universelles Lösungs- und Transportmittel für Nährstoffe, Stoffwechselendprodukte, Gase und Enzyme, als Reaktionspartner in biochemischen Reaktionen, für die Regulation der Körpertemperatur sowie des Säure-Base-Haushalts und nicht zuletzt als Baustoff. Wasser sorgt für den Turgor in den Zellen, für die Struktur von Makromolekülen und letztendlich die Formgebung des gesamten Körpers. Außerdem ist die Zellhydratation ein wichtiges Signal für die Regulation des Zellmetabolismus und die Genexpression.

Wasser ist für alle Lebensformen der wichtigste Nährstoff überhaupt. Bei einem schweren Wassermangel entsteht schnell eine akute Lebensgefahr durch Verdursten. Ein Mensch kann ohne Wasserzufuhr unter optimalen Umgebungstemperaturen etwa eine Woche überleben. Unter ungünstigen klimatischen Bedingungen, bei starkem Durchfall oder heftigem Erbrechen können die Wasserverluste beim Kind schon nach wenigen Stunden zum Tode führen. Eine chronisch milde Dehydratation kann sich bereits nachteilig auf Gesundheit, Wohlbefinden und Leistungsfähigkeit auswirken.

Wasserhaushalt

Wasser macht 40–80 % der Körpermasse aus, abhängig von Alter, Geschlecht und Körperzusammensetzung. Wäh-

rend der Körper des Neugeborenen aus 75–80 % Wasser besteht, nimmt der Wassergehalt bis zum Ende des Jugendalters auf ca. 60 % und beim älteren Menschen auf 50–55 % ab. Die fettfreie Körpermasse weist einen relativ konstanten Wassergehalt von 70–75 % auf, dagegen schwankt der Wassergehalt des Fettgewebes zwischen 10–40 %. Daher verfügen athletische und muskulöse Menschen über einen wesentlich höheren Gesamtwassergehalt (≈ 70 % der Körpermasse) als adipöse Menschen (≈ 40 –45 %). Der Körper von Frauen weist aufgrund des natürlicherweise höheren Fettgehalts im Durchschnitt einen um 10 % geringeren Wassergehalt auf als der von Männern.

Der tägliche Wasserumsatz des Erwachsenen beträgt 5–6 % des Gesamtkörperwassers bzw. 3–5 % des Körpergewichts. Da der Wasserumsatz bei Säuglingen 20 % des Körpergewichts beträgt, reagieren Säuglinge besonders empfindlich auf Störungen der Wasserbilanz. Die Wasserbilanz wird aus der täglichen Wasserzufuhr und -ausscheidung bzw. -verlusten erstellt.

Verteilung des Körperwassers

Bei höheren Organismen verteilt sich das Wasser vorrangig auf zwei Kompartimente: den Intrazellularraum und den Extrazellularraum. Beim Erwachsenen befinden sich 65 % des Körperwassers im Intrazellulär- und 35 % im Extrazellulärraum. Demnach liegen von den 42 l Körperwasser eines 70 kg schweren Erwachsenen etwa 28 l im intrazellulären und 14 l im extrazellulären Kompartiment vor. Die Extrazellulärflüssigkeit (EZF) wird weiter unterteilt in die interstitielle (≈ 80 %) und die intravasale Flüssigkeit (≈ 20 %). Die interstitielle Flüssigkeit in den Zellzwischenräumen umgibt die Zellen mit einer Flüssigkeitsschicht. Die intravasale Flüssigkeit besteht aus dem Plasmawasser. Zur EZF wird ferner das transzelluläre Wasser (u. a. Perikard-

flüssigkeit, Augenkammerwasser, *Liquor cerebrospinalis*) gerechnet. Während der prozentuale Anteil der Intrazellulärflüssigkeit (IZF) und des Plasmawassers am Gesamtwasserbestand beim Erwachsenen und beim Kleinkind gleich sind, ist der Anteil der interstitiellen Flüssigkeit beim Kleinkind deutlich größer als beim Erwachsenen (Abb. 1).

Die Wasserverteilung in den verschiedenen Körperkompartimenten ist nicht statisch; vielmehr erfolgt ein sehr dynamischer Austausch, denn das Wasser diffundiert frei durch permeable Membranen aus dem Kompartiment mit niedriger in das mit hoher Konzentration an osmotisch aktiven Substanzen.

Wasserabsorption

Unter physiologischen Bedingungen werden 90–99 % des Wassers im Darm absorbiert. Das aus flüssiger und fester Nahrung stammende oder mit den Verdauungsekreten sezernierte Wasser wird zu etwa 65 % im Dünndarm (Jejunum, Ileum) und zu 35 % im Dickdarm absorbiert. Im Jejunum erfolgt die Absorption passiv entlang eines osmotischen Gradienten, der bei der Resorption von Nährstoffen – besonders von Glukose und Natrium – zwischen Darmlumen und Plasma entsteht. Es wird zunächst Natrium über ein aktives, energieabhängiges Transportsystem, das eng an die Absorption von Glukose und Aminosäuren gekoppelt ist, absorbiert. Das Wasser folgt dabei aus dem Darm dem durch den Elektrolyttransport erzeugten osmotischen Gradienten ins Blut.

Im Ileum und Colon erfolgt die Absorption von Wasser unabhängig von der Anwesenheit von Glukose, Aminosäuren und Bicarbonationen. Hier kann Natrium durch spezifische Transportsysteme auch gegen einen elektrochemischen Gradienten transportiert werden. Die Absorption von Wasser erfolgt dann entlang des durch den aktiven Natriumtransport aufgebauten osmotischen Gradienten.

Wasserausscheidung

Die Wasserausscheidung erfolgt über Nieren, Haut, Lunge und Darm. Unter

normalen Bedingungen übersteigt die Wasseraufnahme den Wasserbedarf deutlich. Die Aufrechterhaltung des Körperwassers wird durch verschiedene Reglersysteme in engen Grenzen kontrolliert, wobei die Niere das Hauptregulationsorgan im Wasserhaushalt ist.

Für die Ausscheidung harnpflichtiger Substanzen benötigt der Erwachsene mindestens 640 ml Wasser/Tag, denn die Nieren brauchen ca. 15 ml Wasser, um 1 g gelöste Substanz (z. B. Harnstoff, Natriumchlorid) auszuscheiden. Folglich hat die Zusammensetzung der Nahrung einen erheblichen Einfluss auf die Wasserausscheidung. Das Trinken von 100 ml Meerwasser würde z. B. zu einem zusätzlichen Wasserverlust von 60 ml Wasser führen, da für die Ausscheidung der im Meerwasser gelösten Salze ca. 160 ml Wasser notwendig sind. Unter normalen Bedingungen reabsorbieren die Nieren ca. 99 % der täglich gebildeten 100–150 l Primärharn und das tägliche Urinvolumen beträgt 1 000–1 500 ml. Im Alter nimmt das Konzentrationsvermögen ab, so dass die tägliche Harnausscheidung um ca. 200 ml zunimmt.

Über die Haut erfolgt die Wasserabgabe einerseits unbemerkt und passiv als *Perspiratio insensibilis*, andererseits aktiv als *Perspiratio sensibilis* („Schweiß“). Täglich diffundieren etwa 350 ml Wasser aus tieferen Schichten an die Hautoberfläche und werden in Form von Wasserdampf abgegeben, wobei die entstehende Verdunstungskälte der Wärmeregulation dient. Dieser obligate Flüssigkeitsverlust kann im Wassermangel kaum reduziert werden. Darüber hinaus treten Wasserverluste durch den von den Schweißdrüsen aktiv produzierten Schweiß auf. Die Verdunstung von Schweiß auf der Haut ist eine effektive Möglichkeit, überschüssige Wärme aus dem Körper zu entfernen, da mit jedem Milliliter verdunstetem Schweiß bei 30 °C vom Körper 0,58 kcal Wärme abgegeben werden. Bei normaler Umgebungstemperatur und geringer körperlicher Betätigung werden täglich 100–350 ml Schweiß sezerniert. Bei einer Temperatur von 29 °C und leichter körperlicher Tätigkeit steigt die tägliche Schweißproduktion bereits auf durchschnittlich 2–3 l an. Durch Gewöhnung an ein heißfeuchtes Klima kann nach wenigen Wochen eine Verdoppelung der Schweißproduktion erreicht werden. Hitzeadaptierte Personen können daher in extremen Situationen, z. B.

bei der Ausübung von moderatem Ausdauersport in heißer Umgebung, bis zu 12 l Schweiß pro Tag ($\approx 11/h$) produzieren.

Besonders bei nicht an Hitze adaptierten Personen kann unter Extrembedingungen selbst bei maximaler Schweißproduktion eine Situation entstehen, in der die Wärme nicht schnell genug aus dem Körper abgeführt und dieser ausreichend gekühlt werden kann. Die Folgen sind ein Anstieg der Körpertemperatur auf über 40,5 °C und das Auftreten eines Hitzschlags.

In Form von feinen Tröpfchen werden in der Atemluft täglich weitere 250–350 ml Wasser abgegeben. Die über die Lunge ausgeschiedene Wassermenge ist abhängig von der Umgebungstemperatur sowie vom Wasserdampf- und Sauerstoffdruck. Der Wasserverlust über die Lungen nimmt bei kalter, trockener Luft bedingt durch den sinkenden Wasserdampfdruck zu. Außerdem steigt der Wasserlust in großer Höhe deutlich an, da das Atemvolumen wegen des geringeren Sauerstoffgehalts signifikant größer ist. Bei starker körperlicher Betätigung in großer Höhe kann die Wasserabgabe über die Lunge auf 600–800 ml ansteigen.

Die Wasserverluste über den Gastrointestinaltrakt, d. h. mit den Fäzes, sind mit 150–200 ml relativ gering. Es werden zwar täglich 4–8 l Verdauungsssekrete in den Darm sezerniert, aber das Wasser wird größtenteils im Darm reabsorbiert. Bei Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts können allerdings mehrere Liter Wasser mit den Fäzes verloren gehen und Durchfall verursachen.

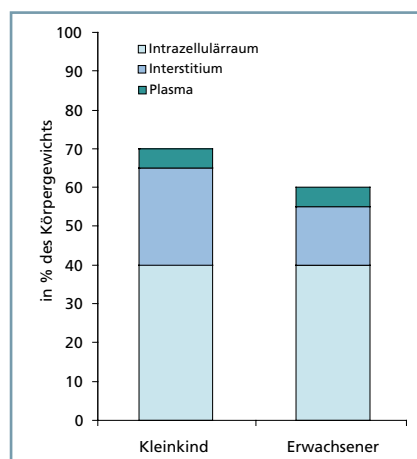


Abb. 1: Wasserverteilung auf die Körperkompartimente beim Erwachsenen und beim Kleinkind in % des Körpergewichts

Regulation des Wasserhaushalts

In aller Regel übersteigt die Wasseraufnahme den Bedarf, und die Wasserbilanz wird durch die Ausscheidung des Wasserüberschusses ausgeglichen. Bei einem ausreichenden Körperwassergehalt wird von einer *Normohydration* oder *Euhydration* gesprochen. Da die Nierentätigkeit durch neuroendokrine Mechanismen sehr genau kontrolliert wird, kommt es normalerweise nur zu geringen Schwankungen von Volumen und Zusammensetzung der EZF. Bei Einschränkung der Wasseraufnahme kommt es aufgrund der anhaltenden obligaten Wasserverluste zu einer negativen Wasserbilanz. Dieses Wasserdefizit wird als *Hypohydration* bzw. *Dehydration* bezeichnet, umgekehrt wird bei einer Überwässerung des Körpers von einer *Hyperhydration* gesprochen.

Der Wasserhaushalt wird auf intrazellulärer und extrazellulärer Ebene durch Osmo-, Baro- und Dehnungsrezeptoren und das Zusammenwirken mit Hormonen, vor allem Adiuretin (antidiuretisches Hormon, ADH), gesteuert. Bei zu geringer Wasserzufuhr steigt die Elektrolytkonzentration im Blut an (Abb. 2). Es kommt zu einer Hypovolämie, Dehydration der Zellen und das Blut wird hyperton. Da die Konstanz des Blutvolumens von großer physiologischer Bedeutung ist, führt dies zu einem Einstrom von Wasser aus den Zellen in die Blutgefäße. Im vorderen Hypothalamus befindliche Osmorezeptoren registrieren bereits geringe Veränderungen des osmotischen Drucks, insbesondere der Na^+ -Konzentration. Diese Signale werden an das Zentrale Nervensystem (ZNS) weitergegeben und leiten eine Gegenregulation ein. Darüber hinaus werden Änderungen des Blutvolumens durch Dehnungsrezeptoren im rechten Herzvorhof und in den Wänden der großen Venen sowie durch Barorezeptoren im Aortenbogen gemessen. Daraufhin wird im Hypothalamus synthetisiertes und im Hypophysenhinterlappen gespeichertes ADH vermehrt freigesetzt und gelangt über den Blutkreislauf zu den Nieren. ADH erhöht die Zellpermeabilität in den distalen Tubuli und in den Sammelrohren der Nieren, so dass Wasser vermehrt in das Niereninterstitium eindringen kann. Die Rückabsorption von Wasser wird verstärkt, die Urinausscheidung vermindert.

Bei erhöhter Wasserzufuhr kommt es zu einer intravasalen Flüssigkeits-

zunahme mit gleichzeitigem Abfall der arteriellen Plasmaosmolalität. Dies wird von den Baro- und Osmorezeptoren registriert mit der Folge einer verringerten ADH-Sekretion. Die einsetzende Diurese beseitigt die Hypervolämie und Hypoosmolalität. Dieser Rückkoppelungsmechanismus ist sehr effizient und gewährleistet unter normalen Bedingungen eine Konstanzhaltung des Körperwassers, des Blutvolumens und der Osmolalität. Eine weitere endokrine Regulation des Wasserhaushalts erfolgt über die Regulation des Elektrolytgehaltes mit Hilfe des komplexen Renin-Angiotensin-Aldosteron-Systems.

Folgen einer unzureichenden Wasserzufuhr

Hat der Körper mehr als 0,5% seines Körpergewichts in Form von Wasser (0,3–0,4 l) verloren, entsteht bereits ein erstes Durstgefühl, das mit weiter abnehmendem Wassergehalt des Körpers zunehmend stärker wird. Dieses Durstsignal stellt eine wichtige physiologische Regelgröße des Wasserhaushalts dar und veranlasst den Menschen, seine Wasserbilanz auszugleichen, d.h. zu trinken. Normalerweise ist der Durst bzw. das Trinkbedürfnis ein gutes Maß für den Wasserbedarf des Körpers. Unter körperlicher Belastung, besonders bei hohen Umgebungstemperaturen, ist Durst gelegentlich allerdings nur ein unzureichendes Signal.

Milde und schwere Dehydration

Eine gesteigerte Abnahme von Körperflüssigkeit wird als Dehydration (Austrocknung, negative Wasserbilanz) bezeichnet. Ein Verlust von 1–2% wird als milde Dehydration oder Hypohydration bezeichnet, ein Verlust von 2–4% als moderate Dehydration und ein Verlust von über 4% als schwere Dehydration. Erhöhte Flüssigkeitsverluste können über den Magen-Darm-Trakt, die Atemluft, den Urin oder die Haut erfolgen. Bei fiebrigen Erkrankungen oder starken körperlichen Anstrengungen treten besonders starke Flüssigkeitsverluste auf. Auch bei verschiedenen Erkrankungen (z. B. der Nieren) kann es zu einem starken Flüssigkeitsungleichgewicht kommen. Eine Dehydration kann akut, z. B. in Folge einer äußerst intensiven körperlichen Anstrengung mit großen Schweißverlusten, oder

chronisch, in Folge einer über einen längeren Zeitraum unzureichenden Rehydration der obligaten, täglichen Wasserverluste entstehen.

Es werden prinzipiell drei Arten der Dehydration unterschieden:

1. Isotone Dehydration: Der osmotische Druck des Extrazellulärraumes ändert sich nicht, da der Verlust von Wasser und Salz (Natrium) im gleichen Verhältnis erfolgt. Dies ist vor allem bei unzureichender Wasser- und Natriumzufuhr der Fall, aber auch bei Durchfall und Erbrechen.
2. Hypertone Dehydration: Der Körper verliert freies Wasser ohne entsprechendem Verlust von Salz (Natrium). Dies kann bei Fieber und Verdursten der Fall sein.
3. Hypotone Dehydration: Im Verhältnis zur Wassermenge ist der Gehalt an Salz (Natrium) überproportional verringert. Dies geschieht bei einer überhöhten Salzausscheidung, z. B. bei starkem Schwitzen. Diese Art der Dehydration spielt bei starken körperlichen Belastungen eine wichtige Rolle.

Osmotische Gradienten zwischen den verschiedenen Flüssigkeitskompartimenten können nur kurzfristig bestehen. Daher führt eine Dehydration im

Extrazellulärraum automatisch auch zu Wasserverlusten der Zellen. Hierdurch werden nahezu alle Stoffwechselprozesse beeinträchtigt.

Flüssigkeitsverluste von nur 2% vermindern bereits die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Negativ wirkt sich dies besonders auf die aerobe Ausdauer aus durch den Einfluss auf die Herz-Kreislauf-Funktion bzw. die Temperaturregulation. Werden die Flüssigkeitsverluste nicht rechtzeitig ersetzt, wird Blut und Gewebe zunehmend Wasser entzogen. Das Blut fließt langsamer und harnpflichtige Substanzen können nicht mehr in ausreichendem Umfang ausgeschieden werden. Gleichzeitig ist die Versorgung der Muskel- und Gehirnzellen mit Sauerstoff und Nährstoffen herabgesetzt. Bei neutraler Umgebungstemperatur führt dieser Flüssigkeitsverlust bereits zu einer Verschlechterung der Leistungsfähigkeit um 4–8%. Die weitere Abnahme der Leistungsfähigkeit geht parallel mit dem Ausmaß der Dehydration einher: je größer der Wasserverlust, desto stärker die Leistungseinschränkung.

Eine Abnahme des Blutvolumens führt zu einer Verminderung des Herzminutenvolumens, zu einem messba-

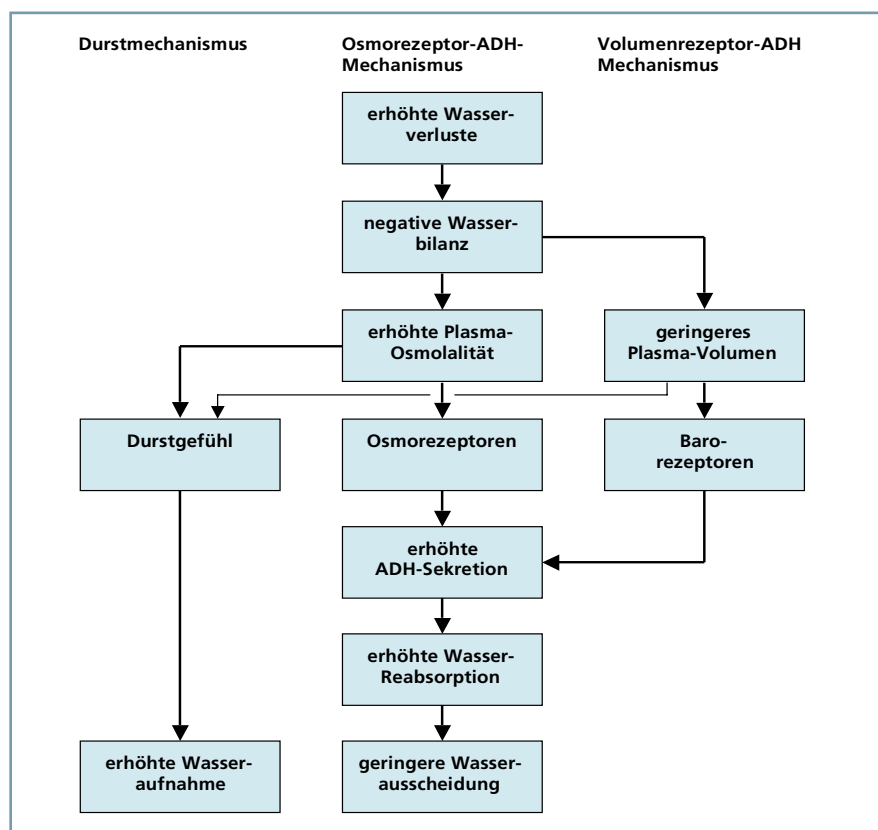


Abb. 2: Regulation des Wasserhaushalts

ren Anstieg der Herzfrequenz und einem Abfall des Schlagvolumens sowie zu einer Herabsetzung der Schweißbildung. Der hieraus resultierende Anstieg der Körperkerntemperatur wirkt sich durch eine vorzeitige zentrale Ermüdung negativ auf mentale Prozesse aus. Zusätzlich können Störungen des intrazellulären Flüssigkeits- und Elektrolytspiegels den Energiestoffwechsel beeinträchtigen und ebenfalls zu einer Leistungsminderung beitragen.

Der mögliche Einfluss einer Dehydratation auf die geistige Leistungsfähigkeit wurde bisher nur in wenigen Studien untersucht. Die Ergebnisse machen es wahrscheinlich, dass es bereits bei einer milden Dehydratation zu Einbußen der Aufmerksamkeit und der geistigen Konzentrationsfähigkeit kommt. So wurden bei Sportlern, die zum Erreichen eines niedrigeren Wettkampfgewichts gezielt Körpergewicht in Form von Körperwasser verloren hatten, ein verschlechtertes Kurzzeitgedächtnis und Störungen der Allgemeinbefindlichkeit festgestellt.

Eine Abnahme des Körperwassers von über 3% führt bereits zu einem Rückgang der Speichelsekretion und der Harnproduktion mit dunkel gefärbtem Urin sowie zu Kopfschmerzen, Mundtrockenheit und Verstopfung. Bei hoher Umgebungstemperatur führt ein moderater Wasserverlust von 2–4% zu einer Reduktion der maximalen aeroben Leistungsfähigkeit von 10–30% und der Arbeitskapazität von 20–50%. Bei einer Dehydratation von mehr als 3% Gewichtsverlust ist eine Rehydratation nicht innerhalb kurzer Zeit durch das Trinken von Wasser möglich. Eine komplette Rehydratation benötigt 16–24 h und erfolgt zweckmäßigerweise durch die gleichzeitige Aufnahme von Wasser und elektrolyt- bzw. mineralstoffhaltigen Lebensmitteln bzw. isotonischen Getränken.

Bei einer Abnahme um 5% beobachtet man Tachykardien (beschleunigter Puls) und die Körpertemperatur steigt an. Schon nach 2 bis 4 Tagen ohne Wasserzufuhr treten Übelkeit, Schwindelgefühle, Kopfschmerzen, Durchblutungsstörungen, Erbrechen und Muskelkrämpfe auf. Der Wasserverlust von 10% führt zu Verwirrheitszuständen, ein Wasserdefizit von mehr als 20% unweigerlich zum Tod durch Nieren- und Kreislaufversagen.

Bei älteren und besonders bei hochbetagten Menschen ist das Durstempfinden oft deutlich herabgesetzt, so dass zu wenig getrunken wird. Bei sommerlicher Hitze und starkem

Schwitzen kommt es daher nicht selten zu Austrocknungszuständen, die mit Austrocknung der Haut und Schleimhaut, vermindertem Speichelfluss, Verwirrtheit, Bewusstlosigkeit und Kreislaufkollaps einhergehen und einen Krankenhausaufenthalt erforderlich machen.

Chronisch defizitäre Zufuhr

Bereits HIPPOKRATES empfahl zur Vorbeugung gegen Nierensteine regelmäßig genügend Wasser zu trinken. Damit ist eine ausreichend hohe Wasserzufuhr die älteste existierende Empfehlung zur Prävention von Nierensteinen. In Deutschland, Europa und den USA sind 8–15% der Bevölkerung irgendwann in ihrem Leben von Nierensteinen betroffen. Unter trockenheißen klimatischen Bedingungen wie in Saudi-Arabien sind sogar bis zu 20% betroffen. Besonders häufig kommt diese Erkrankung in Bevölkerungsgruppen vor, die traditionell wenig trinken und nur eine geringe Urinmenge produzieren. Eine Erhöhung der Wasserzufuhr ist daher eine einfache und preiswerte Präventionsmaßnahme. Durch eine tägliche Wasserzufuhr, die zu einer Harnproduktion von 2–2,5 l Harn führt, kann bei den meisten Patienten eine erneute Bildung von Steinen vermieden werden, ohne dass weitere Maßnahmen erforderlich sind.

Überprüfung der Wasserversorgung

Bisher gibt es keine international anerkannte Standardmethode, um den Versorgungszustand mit Wasser (Hydrationsstatus) zu bestimmen. Außerdem fehlt es an eindeutig definierten Grenzwerten für die Beurteilung von Eu-, Hypo- und Dehydratation. Um kurzfristige Veränderungen des Hydrationsstatus z.B. bei erhöhter körperlicher Aktivität zu erfassen, empfiehlt es sich, wiederholt das Körpergewicht zu messen und die Flüssigkeitszufuhr zu protokollieren. Wird das Ausgangsgewicht durch Flüssigkeitsaufnahme wieder erreicht, ist die Wasserbilanz wahrscheinlich ausgeglichen. War die Bilanz aber bereits im Ausgangszustand negativ, ist diese Vorgehensweise nicht hilfreich. Eine weitere Möglichkeit den Hydrationsstatus zu bestimmen, besteht in der Bewertung von Farbe und Menge des Urins. Beim gesunden Menschen ist z. B. ein kräftig

gefärbter, konzentrierter Urin ein empfindliches Zeichen für eine unzureichende Wasserzufuhr. Geringe Urinmengen von dunkler Farbe sowie intensivem Geruch und seltene Toilettengänge deuten auf eine unzureichende Wasserversorgung hin. Weiter sind auch trockene Haut und Schleimhäute ebenfalls Symptome einer Dehydratation, deren Ausmaß damit aber nicht sicher zu bestimmen ist. Dies ist nur mit Methoden wie z. B. die Bestimmung der Osmolalität von Urin, Plasma oder Serum möglich.

Empfehlungen für die tägliche Zufuhr

Die minimale tägliche Wassermenge, die notwendig ist, um die obligaten Wasserverluste über Lungen, Nieren, Haut und Darm zu ersetzen, beträgt bei einem Erwachsenen ca. 1,5 l. Bei der Berechnung der Gesamtwasserzufuhr ist neben der Wasseraufnahme mit Getränken und fester Nahrung auch das Oxidationswasser zu berücksichtigen, das beim Abbau der Nährstoffe entsteht. Bei der Verstoffwechslung von Kohlenhydraten, Fetten und Proteinen entstehen pro g Substrat 0,55, 1,07 bzw. 0,41 ml Wasser. Beim Abbau von 1 g Glykogen werden 2,7 g Hydrationswasser freigesetzt. Bei einer angenommenen täglichen Aufnahme von 400 g Kohlenhydraten, 100 g Fett und 70 g Proteinen werden somit ca. 360 ml Wasser gebildet. Diese Nährstoffmengen sind in durchschnittlich 1500 g Nahrung enthalten. Bei einem angenommenen Wassergehalt von 60% werden mit den festen Lebensmitteln zusätzlich ca. 900 ml Wasser direkt aufgenommen. Somit stehen dem Körper aus den festen Lebensmitteln bereits insgesamt 1,26 l Wasser zur Verfügung. Um die Wasserbilanz gerade noch aufrecht zu erhalten, müssen somit zusätzlich nur noch mindestens 0,24 l Wasser mit Getränken zugeführt werden.

In den DACH-Referenzwerten werden für die tägliche Gesamtwasserzufuhr folgende Richtwerte für angemessene gehalten:

- Erwachsene: 1 ml/kcal (etwa 250 ml/MJ)
- ältere Menschen: >1 ml/kcal (mehr als 250 ml/MJ)
- Säuglinge: ≈ 1,5 ml/kcal (etwa 360 ml/MJ).

Bei einer bedarfsgerechten Energiezufuhr sowie bei durchschnittlichen mit-

teleuropäischen Klima- und Lebensbedingungen gelten für die verschiedenen Altersgruppen die in Tabelle 1 genannten Richtwerte.

Während der Stillzeit werden für die Bildung von 750 ml Milch zusätzlich 650 ml Wasser benötigt. Da bei geringer Nahrungsaufnahme das in festen Lebensmitteln enthaltene Wasser fehlt und auch weniger Oxidationswasser gebildet wird (z.B. bei energiereduzierten Diäten oder beim Fasten), muss dann besonders viel Wasser mit Getränken zugeführt werden. Der Wasserbedarf ist erhöht bei hohem Energieumsatz, Hitze, trockener und kalter Luft, hohem Kochsalzverzehr, hoher Proteinzufuhr und verschiedenen Erkrankungen (z. B. Fieber, Erbrechen, Durchfall). Bei starker körperlicher Anstrengung kann der tägliche Wasserbedarf das 3- bis 4-fache der Richtwerte erreichen. In Extremsituationen kann der tägliche Wasserbedarf über 10 l/Tag betragen.

Vom gesunden Erwachsenen werden auch Zufuhrmengen gut toleriert, die deutlich höher sind als die Richtwerte, da die Nieren in der Lage sind, pro Stunde fast 1 l auszuscheiden. Die maximal auch längerfristig tolerierte Flüssigkeitszufuhrmenge beträgt ca. 10 l/Tag. Zu einer akuten Wasservergiftung kann es kommen, wenn durch schnelle Aufnahme großer Wassermengen die maximale Wasserausscheidungsrate der Nieren von 0,7–1 l/h deutlich überschritten wird.

Flüssigkeitsersatz ist die wirksamste Methode, um einen Leistungsabfall durch Wasserverluste auszugleichen bzw. vorzubeugen. Die Flüssigkeitszu-

fuhr sollte beginnen, lange bevor Durst verspürt wird. Am sinnvollsten ist eine über den Tag verteilte, kontinuierliche Wasserzufuhr mit hypotonischen bis isotonischen Getränken. Empfehlenswerte Getränke sind z. B. Wasser, Tees und Saftschorlen. Die Magenentleerung steigt zwar zunächst in Abhängigkeit von der Trinkmenge an, Flüssigkeitsmengen von über 500 ml bewirken allerdings eine verlangsamte Magenentleerung und sollten daher vermieden werden.

Versorgungssituation

In verschiedenen Verzehrsstudien wurde gezeigt, dass die mittlere Flüssigkeitszufuhr der deutschen Bevölkerung etwa 1 750 ml/Tag beträgt, wobei 1 250 ml (70 %) aus Getränken und 500 ml (30 %) aus fester Nahrung stammen. Erwachsene haben eine Gesamtflüssigkeitsaufnahme von 1 850 ml, wobei 1 300 ml (70 %) aus Getränken und 550 ml (30 %) aus fester Nahrung stammen. In den D-A-CH-Referenzwerten wird dagegen von einer durchschnittlichen täglichen Wasseraufnahme aus festen Lebensmitteln und Getränken von 2 315 ml für Erwachsene ausgegangen. Damit ist die durchschnittliche Flüssigkeitszufuhr in Deutschland um etwa 20 % (etwa 500 ml) geringer, als der von den Fachgesellschaften genannte Richtwert für die Gesamtwasserzufuhr vorgibt. Diese zu geringe Flüssigkeitszufuhr ist bereits im Kindes- und Jugendalter zu beobachten. Besonders die Wasserzufuhr aus fester Nahrung ist signifikant geringer als empfohlen. Veränderungen im Ernährungsverhalten haben dazu geführt, dass z. B. zunehmend weniger wasserreiche Suppen und Eintöpfe und dafür mehr Lebensmittel und Speisen mit hoher Energiedichte verzehrt werden. Zudem bestehen deutliche Geschlechtsunterschiede bei der Flüssigkeitszufuhr und im Trinkverhalten. Männer haben mit 1 900 ml/Tag gegenüber Frauen (1 600 ml/Tag) eine um 20 % höhere Wasserzufuhr. Die höhere Flüssigkeitszufuhr resultiert allerdings in erster Linie aus dem höheren Konsum alkoholischer Getränke, besonders von Bier. Frauen trinken dagegen mehr Mineralwasser und Obst- bzw. Gemüsesäfte als Männer. Allgemein gilt, dass die Zufuhr von Wasser und Getränken in der Bevölkerung stark variiert und abhängig ist von den Trinkgewohnheiten, der körperlichen Aktivität und den Umgebungsbedingungen.

Schlussfolgerung

Wasser ist der mengenmäßig bedeutendste Nährstoff für den menschlichen Körper. In der Praxis wird dieser Tatsache nicht immer die notwendige Aufmerksamkeit geschenkt. Der Wasserhaushalt wird zwar durch verschiedene physiologische und hormonelle Mechanismen relativ gut kontrolliert. Bei ungewöhnlichen Umgebungsbedingungen, unzureichender Flüssigkeitszufuhr oder herabgesetztem Durstempfinden kann es aber schnell zu erheblichen Einschränkungen der körperlichen und geistigen Leistungsfähigkeit oder in Extremfällen auch zu schweren Hitzeschäden kommen.

Weiterführende Literatur:

DGE, ÖGE, SGE/SVE (Hrsg.): D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. S. 145-150. 1. Auflage. Umschau/Braus, Frankfurt (2000)
 Elmadfa, I., Leitzmann, C.: Ernährung des Menschen. S. 264–265. 4. Aufl., Ulmer, Stuttgart (2004)
 IOM: Dietary Reference Intakes for water, potassium, sodium, chloride and sulfate. National Academy Press, Washington (2004)
 Kleiner, S.M.: Water: an essential but overlooked nutrient. J. Am. Diet. Assoc. 99: 200–206 (1999)
 Manz, F., Wentz, A., Sichert-Hellert, W.: The most essential nutrient: defining the adequate intake of water. J. Pediatr. 141: 587–592 (2002)
 McArdle, W.D., Katch, F.I., Katch, V.L.: Exercise physiology. 5. Auflage. Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia (2001)
 Müller, M.J.: Ernährungsmedizinische Praxis. Springer, Berlin (1998)
 Oh, M.S., Uribarri, J.: Electrolytes, water, and acid-base balance. S. 105-139. In: Shils, M.E., Olson, J.A., Shike, M., Ross, A.C. (Hrsg.): Modern nutrition in health and disease. 9. Auflage. Williams&Wilkins, Baltimore (1999)
 Rehner, G., Daniel, H.: Biochemie der Ernährung. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg (2002)
 Sawka, M.N., Montain, S.J.: Fluid and electrolyte balance: effects on thermoregulation and exercise in the heat. S. 115-124. In: Bowman, B.A., Russell, R.M. (Hrsg.): Present Knowledge in Nutrition. ILSI Press Washington (2001)
 Sheng, H.P.: Body fluids and water balance. S. 843-865. In: Stipanuk, M.H.: Biochemical and physiological aspects of human nutrition. Saunders, Philadelphia (2000)
 Shirreffs, S.M.: Markers of hydration status. Eur. J. Clin. Nutr. 57 (Suppl 2): S6-9 (2003)
 Wrong, O.: Water and monovalent electrolytes. S. 149-163. In: Garrou, J.S., James, W.P.T., Ralph, A. (Hrsg.): Human nutrition and dietetics. Churchill Livingstone, Edinburgh (2000)

Anschrift der Verfasser:

Dipl.-Oecotroph. Anna Stahl

Prof. Dr. Helmut Heseker

Fachgruppe Ernährung & Verbraucherbildung

Universität Paderborn

33095 Paderborn

Tab. 1: Richtwerte für die Zufuhr von Wasser [DGE et al., 2000]

Alter	Wasserzufuhr durch	
	Getränke (ml/Tag)	feste Nahrung (ml/Tag)
Säuglinge		
0–3 Monate	620	
4–12 Monate	400	500
Kinder		
1–3 Jahre	820	350
4–6 Jahre	940	480
7–9 Jahre	970	600
10–12 Jahre	1 170	710
13–14 Jahre	1 330	810
Jugendliche und Erwachsene		
15–18 Jahre	1 530	920
19–24 Jahre	1 470	890
25–50 Jahre	1 410	860
51–64 Jahre	1 230	740
65 Jahre u. älter	1 310	680
Schwangere	1 470	890
Stillende	1 710	1 000