

Bachelorarbeit

Der Wasser- und Elektrolythaushalt: Pflegerische Anforderungen bezüglich der Veränderungen im Alter

Verfasserin: Petra Carina Walter, 11.10.1990

Medizinische Universität Graz, Auenbruggerplatz 2, 8010 Graz

Studium: Gesundheits- und Pflegewissenschaften

Begutachterin: Ao.Univ.-Prof. Dr.phil. Anna Gries

Institut für Physiologie, Harrachgasse 21/V, 8010 Graz

Lehrveranstaltung: Physiologie

Abgabe: 19.12.2012

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebene Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Weiters erkläre ich, dass ich diese Arbeit in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.

Graz, am 19.12.2012

Unterschrift : *Walter Petra*

Zusammenfassung

Der Wasser- und Elektrolythaushalt gehört zu den wichtigsten Systemen des Körpers. Da unser Organismus zu zwei Dritteln aus Wasser besteht, ist es wichtig, den über den Tag durch körperliche Arbeit, Hitze, Schwitzen, salzhaltige Nahrung oder Krankheit entstehenden Verlust durch ausreichende Zufuhr von Flüssigkeit wieder auszugleichen. Einer der wichtigsten Mechanismen der uns dabei hilft ist der Durst.

Die Aufgaben des Wassers in unserem Körper sind vielseitig. Es dient uns als Transportmittel, Baustoff, Reaktionspartner, Lösungsmittel und Wärmeregulator. Um diese zahlreichen und unterschiedlichsten Tätigkeiten zu erfüllen, ist es über unseren gesamten Körper verteilt und wird so wie die Elektrolyte durch osmotische Druckgefälle in drei großen Hauptkompartimenten, dem Extra-, Intra- und Transzellulärraum im Gleichgewicht gehalten.

Elektrolyte sind zum Teil oder vollständig gelöste Salze, Säuren oder Basen. Je nach ihrer Ladung werden sie in Kationen und Anionen unterteilt. Bis auf Sulfat und Phosphat müssen alle Elektrolyte dem Körper regelmäßig durch die Nahrung zugeführt werden, da sie vom Körper nicht in großen Mengen gespeichert werden können. Um die Homöostase des Organismus zu erhalten, übernimmt nach der Aufnahme hauptsächlich die Niere die Regulation der Elektrolyte.

Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt entstehen dann, wenn das Gleichgewicht der Wasserverteilung oder Elektrolytkonzentration nicht mehr vorhanden ist. Obwohl es für solche Störungen viele Ursachen gibt, können sie grob in zu hohe oder zu niedrige Zufuhr, unnatürlich hohen Verlust und Schäden der Organe, die für die Regulation von Wasser und Elektrolyten vorhanden sind, eingeteilt werden. Je nachdem welche Ursache die Störung hat, kann es in Folge zu einer Dehydratation, Hyperhydratation oder zu einem Überschuss oder Mangel von Kalzium, Kalium, Magnesium und Phosphat kommen.

Besonders ältere Menschen leiden sehr häufig an Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Gründe für diese verstärkte Anfälligkeit sind zum einen physiologischer Natur, zum anderen aber auch veränderte Lebensumstände, Krankheiten und iatrogene Ursachen.

Besonders die altersbedingten Nierenveränderungen und das verminderte Durstgefühl haben schwerwiegende Auswirkungen. Dazu kommt noch, dass viele ältere Menschen

einfach nicht daran gewöhnt sind, ausreichend zu trinken, oder es aufgrund von Ängsten verweigern.

Aber auch der Verlust von Flüssigkeit und Elektrolyten durch Krankheiten, die im Alter oft auftreten, ist groß und für einen älteren Menschen kaum selbstständig regulierbar. Dazu kommt, dass viele Menschen in höherem Alter eine Multimedikation bekommen. Wenn diese direkt auf den Wasser- und Elektrolythaushalt einwirkt oder die Dosierung nicht an die altersbedingten körperlichen Veränderungen angepasst wurde, kann dies zu schweren Folgen, unter anderem auch zum Tod führen.

Aus diesem Grund ist es wichtig, besonders ältere Menschen dazu zu animieren, ausreichend zu trinken. Dies gelingt oft schon durch kleine Maßnahmen wie durch anregende Düfte, Geräusche oder auch durch visuelle Stimulation.

Es zeigt sich also, dass die Gründe für die Anfälligkeit für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter vielfältig sind und wie wichtig es ist, Kenntnisse über die Veränderungen im Alter zu haben und diese auch zu berücksichtigen. Nur so kann zukünftig dafür gesorgt werden, dass die Inzidenz von Wasser- und Elektrolytstörungen im Alter verringert wird.

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung	1
2. Methode	2
3. Der Wasserhaushalt	2
3.1 Definition Wasserhaushalt/ Flüssigkeitshaushalt	2
3.2 Flüssigkeitsbilanz.....	3
3.2.1 Flüssigkeitszufuhr.....	3
3.2.2 Flüssigkeitsabgabe	4
3.2.3 Durst.....	4
3.3 Funktionen des Wassers	5
3.4 Wasserräume des Körpers	5
3.4.1 Der osmotische, kolloidosmotische und hydrostatische Druck.....	6
3.4.2 Verteilung zwischen Plasmaraum und Interstitium.....	7
3.4.3 Verteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum.....	9
3.4.4 Transzelluläre Räume	9
4. Der Elektrolythaushalt	10
4.1.1 Natrium.....	11
4.1.2 Kalium	11
4.1.3 Kalzium	12
4.1.4 Magnesium.....	12
4.1.5 Chlorid.....	13
4.1.6 Bikarbonat	13
4.1.7 Phosphat.....	13
4.1.8 Sulfat	14
4.2 Die Verteilung der Elektrolyte im Körper.....	14
4.2.1 Verteilung zwischen Plasmaraum und Interstitium.....	15
4.2.2 Verteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum.....	15
4.2.3 Transzelluläre Räume	16
5. Die Regulierung des Wasser- und Elektrolythaushaltes	16
6. Diagnostische Verfahren	17
7. Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes	19
7.1 Dehydratation	19
7.1.1 Isotone Dehydratation	20
7.1.2 Hypertone Dehydratation	21

7.2.1 Isotone Hyperhydratation	22
7.2.2 Hypertone Hyperhydratation.....	23
7.2.3 Hypotone Hyperhydratation	23
7.3 Störungen des Kaliumhaushaltes	23
7.3.1 Hypokaliämie.....	23
7.3.2 Hyperkaliämie	25
7.4 Störungen des Magnesiumhaushaltes.....	26
7.4.1 Hypomagnesiämie	26
7.4.2 Hypermagnesiämie	27
7.5 Störungen des Kalziumhaushaltes	27
7.5.1 Hypokalzämie	27
7.5.2 Hyperkalzämie	28
7.6 Störungen des Phosphathaushaltes.....	29
7.6.1 Hypophosphatämie	29
7.6.2 Hyperphosphatämie.....	30
8. Physiologische Veränderungen im Alter und ihr Einfluss auf den Wasser- und Elektrolythaushalt.....	31
8.1 Altersbedingte Veränderungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes	31
8.2 Ursachen für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter.....	32
8.2.1 Änderung der Steuerung der Flüssigkeits- und Elektrolythomöostase im Alter..	32
8.2.2 Änderung der Lebensumstände.....	35
8.2.3 Krankheiten	36
8.2.4 Iatrogene Ursachen	36
9. Die häufigsten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter	38
9.1 Exsikkose.....	38
9.2 Dehydratation.....	39
9.3 Hyponatriämie	39
11. Zum Trinken animieren- Empfehlungen und Maßnahmen	40
12. Diskussion.....	41
13. Ausblick.....	42

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Flüssigkeitsbilanz eines erwachsenen Menschen (Morath, Ritz 2010 IN Greten, Rinninger et al. S.327)

Abbildung 2: „Die Verteilung der Elektrolyte im Organismus (mval/l)“ (Tragl 1999, S. 151)

Abbildung 3: „Wichtige Anzeichen der Dehydratation“ (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 146)

Abbildung 4: Einflussfaktoren für die Arzneimittelbehandlung älterer Patienten/
Patientinnen (Von Renteln-Kruse 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 72)

Abkürzungsverzeichnis

NaCl	Natriumchlorid
ATP	Adenosintri-phosphat
ADH	Antidiuretisches Hormon
EZV	Extrazelluläres Volumen
ACE	Angiotensin Converting Enzyme
SIDAH	Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion
COX	Cyclooxygenase

1. Einleitung

Wasser ist eine unentbehrliche Voraussetzung für das Leben. Ohne Wasser wäre kein Lebewesen im Stande, für längere Zeit zu existieren, auch nicht der Mensch (Spornitz 2004, S.202).

Der wichtigste Bestandteil des menschlichen Körpers ist Wasser. Der Körper besteht bei Männern zu ungefähr 60%, bei Frauen etwa zu 50% aus Wasser, wobei dieser Anteil von Alter und Fettgewebe abhängig ist (Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.190).

Schon nach 6-7 Tagen ohne Wasser, was einem Wasserverlust von 11% entspricht, ist der Mensch nicht mehr im Stande, zu überleben (Spornitz 2004, S.202).

Aus diesem Grund spielt die Aufrechterhaltung des Flüssigkeitsgehaltes und der Elektrolyte im Körper für den Organismus und das Überleben eine so bedeutende Rolle. Zudem hat die Körperflüssigkeit einen erheblichen Einfluss auf den Stofftransport und Stoffumsatz des Körpers sowie auf Wachstum, Ernährung und Ausscheidung (Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.190).

Im Alter ist dieses Gleichgewicht des Wasser- und Elektrolythaushaltes durch Veränderungen an Organen wie der Niere besonders beeinflussbar. Zudem ist das Verspüren eines Durstgefühls kaum noch vorhanden, wodurch Dehydratation keine Seltenheit bei älteren Menschen darstellt (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.16-17).

Diese Arbeit soll sich nun mit dem Wasser- und Elektrolythaushalt sowie den Veränderungen im Alter auseinandersetzen. Zu Beginn soll definiert werden, was der Flüssigkeitshaushalt des Körpers ist, sowie die Grundlagen des Wasser- und Elektrolythaushaltes erklärt werden. Danach werden die Störungen und diagnostischen Verfahren behandelt. Weiters soll näher auf die Veränderungen im Alter in Bezug auf den Wasserhaushalt eingegangen und die Ursachen für die häufigsten Störungen sollen geklärt werden. Am Ende der Arbeit werden noch Empfehlungen für die Praxis aufgezeigt.

Diese Arbeit beschäftigt sich damit, folgende Frage zu beantworten: Warum sind ältere Menschen anfälliger für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes?

2. Methode

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf aktuelle Literatur, die zu diesem Thema bereits existiert. Sie wurde nach sorgfältiger Recherche in der Bibliothek der Medizinischen Universität Graz sowie in der Bibliothek der Karl-Franzens Universität Graz und nach Onlinerecherche verfasst.

3. Der Wasserhaushalt

Der menschliche Körper besteht, prozentual gesehen, zum größten Teil aus Wasser welches sich auf drei große Flüssigkeitsräume, sogenannte Kompartimente, aufteilt (Spornitz 2004, S.202). Der Wasserbedarf ist abhängig von körperlicher Arbeit, Temperatur, Höhe der Luftfeuchtigkeit, dem Anteil an Salz in der Nahrung und den Stoffwechselverhältnissen. Je nachdem ob es im Körper nun einen Wasserüberschuss oder Mangel gibt, hat die Niere die Aufgabe, die überschüssige Flüssigkeit auszuscheiden, oder den Endharn stärker zu konzentrieren um Wasser zu sparen (Schwegler, Lucius 2011, S.358).

Grund für diese genaue Wasserregulation ist die Aufrechterhaltung des Gleichgewichtes von unzähligen gelösten Stoffen in der Körperflüssigkeit. Diese Konstanzhaltung wird auch Homöostase genannt und ist eine unentbehrliche Bedingung für das bestmögliche Funktionieren der Körperzellen (Faller, Schünke 2008, S.30).

Der Wasserhaushalt des Menschen wird von Hormonen gesteuert wobei das Zwischenhirn und die Hirnanhangsdrüse die wichtigsten Zentren darstellen. Wenn der Körper nun aufgrund von salziger Nahrung oder Hitze mehr Wasser benötigt, werden diese Schaltstellen alarmiert (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.57).

3.1 Definition Wasserhaushalt/ Flüssigkeitshaushalt

Aus den bereits oben genannten Funktionen des Wasserhaushaltes lässt sich nun folgende Definition ableiten:

„Als Wasserhaushalt bezeichnet man in der Medizin das physiologische System der Aufnahme und Abgabe von Wasser durch den menschlichen Körper und die dazu notwendigen Regulationsvorgänge.“

Der Wasserhaushalt hängt eng mit dem Elektrolythaushalt zusammen, weshalb man meist beide Systeme gemeinsam betrachtet und vom „Wasser- und Elektrolythaushalt“ spricht.“ (<http://flexikon.doccheck.com/de/Wasserhaushalt>, 08.10.2012)

3.2 Flüssigkeitsbilanz

Die Flüssigkeitsbilanz oder auch Wasserbilanz genannt, ist der Vergleich zwischen Flüssigkeitszufuhr (Getränke oder Infusionen) und Flüssigkeitsabfuhr (Urin, Sekrete) innerhalb von 24 Stunden (Kirschnick 2010, S.422).

Die Aufnahme und Abgabe von Wasser sollten im Gleichgewicht stehen, ansonsten kommt es zu einer Austrocknung des Körpers, auch Dehydratation genannt, oder zu einer Überwässerung, einer sogenannten Hyperhydratation (Schwegler, Lucius 2011, S.358).

Einfuhr	ml/24 h	Ausfuhr	ml/24 h
Trinkmenge	1 000 – 1 500	Urin	1 000 – 1 500
Wasseranteil in fester Nahrung (~70%)	700	Perspiratio insensibilis (Haut, Atemwege)	900
Oxidationswasser	300	Fäzes	100
Gesamt	2 000 – 2 500	Gesamt	2 000 – 2 500

Abbildung 1: Flüssigkeitsbilanz eines erwachsenen Menschen (Morath, Ritz 2010 IN Greten, Rinninger et al. S.327)

Bei einem Vergleich zwischen Flüssigkeitszu- und abfuhr wird zwischen drei verschiedenen Bilanzen unterschieden: einer ausgeglichenen Flüssigkeitsbilanz, Wasserein- und Abfuhr sind ausgeglichen, einer positiven Flüssigkeitsbilanz, es wird mehr Flüssigkeit zugeführt als ausgeschieden, und einer negativen Flüssigkeitsbilanz, es wird mehr Wasser ausgeschieden als zugeführt (Kirschnick 2010, S.422).

Beim alten Menschen sind Aspekte wie die Vitalzeichen (Puls, Blutdruck, Atemfrequenz, Atemtiefe, Körpertemperatur), Urinausscheidung, Durchfall, Erbrechen, Schwitzen, Medikamenteneinnahme (Abführmittel oder Diuretika) und der Hautstatus (trockene Schleimhäute, Schrumpfung der Haut, Ödeme) bei der Flüssigkeitsbilanzierung besonders wichtig (Rolf 2007 IN Köther, S.564).

3.2.1 Flüssigkeitszufuhr

Für eine ausgeglichene Wasserbilanz muss der Wasserverlust, der über den Tag hinweg entsteht, zur gleichen Menge wieder aufgenommen werden (Behrens, Bischofberger et al. 2012, S.316). Ein erwachsener Mensch nimmt täglich durch Getränke, Wasser aus der Nahrung und das Oxidationswasser aus dem Stoffwechsel ca. 2,5 Liter Flüssigkeit zu sich (Huppelsberg, Walter 2009, S.172).

Sollte durch Blutverlust, Stillen, Erbrechen, Durchfall gesteigerte Diurese, Ödeme oder starkes Schwitzen ein höherer Flüssigkeitsverlust entstehen, muss auch die Wasserzufuhr entsprechend angeglichen werden (Behrens, Bischofberger et al. 2012, S.316).

Um den Flüssigkeitsbedarf des Körpers zu stillen, sind besonders Getränke wie Mineral- und Leitungswasser, verdünnte Obstsäfte aber auch Kaffee sowie Kräuter- und Früchtetees geeignet (Menche 2011, S.387).

Je nach Geschmack des Getränks und der Auswahl ist auch die Trinkmenge größer oder kleiner. Auch der Zuckergehalt in Getränken ist ausschlaggebend, da Zucker die Flüssigkeitsaufnahme steigert (Schewior-Popp, Sitzmann et al. 2009, S.352).

3.2.2 Flüssigkeitsabgabe

Der obligatorische Wasserverlust erfolgt über drei Bereiche: Urin, über den am meisten Wasser ausgeschieden wird, Perspiratio insensibilis und insibilis (Wasserverlust über Haut, Atmung und Schwitzen) und über den Stuhl (Huppelsberg, Walter 2009, S.172).

Pro Tag atmet der Mensch ca. 500 ml Wasser aus. Die eingeatmete Luft, die normalerweise nicht mit Wasserdampf gesättigt ist, erreicht beim Ausatmen fast immer eine 100prozentige Wasserdampfsättigung. Bei Fieber oder Hyperventilation kann der Wasserverlust durch die Atmung noch beträchtlich größer werden (Lang, Deetjen et al. 1984, S.24).

Der Wasserverlust über die Haut ist von mehreren Faktoren abhängig, wie der Wasserdampfsättigung und Wärme der Hautoberfläche und ihres Umfelds, aber auch von Luftströmen. Besonders die Temperatur des Körpers spielt bei der Abgabe von Wasser über die Haut eine wichtige Rolle, denn durch sie wird bestimmt, wie viel Schweiß durch den Körper gebildet und dadurch Flüssigkeit verloren wird. Die Schweißbildung unterliegt durch die Abhängigkeit vom Wärmehaushalt somit den größten Schwankungen der Flüssigkeitsabgabe (Lang, Deetjen et al. 1984, S.25).

3.2.3 Durst

„Durst ist das Bedürfnis des Menschen, dem Körper bei einem Flüssigkeitsdefizit bzw. Salzüberschuss Wasser zuzuführen.“ (Menche 2011, S.398)

Das Bedürfnis nach Wasser wird am besten durch den Drang zu trinken erfüllt. Das Durstgefühl wird von Osmorezeptoren überwacht und ist eine Folge der Austrocknung dieser Zellen (Deetjen, Boylan 1976, S.106). Durst kann aber auch durch eine Abnahme

des Extrazellulärvolumens sowie durch Angiotensin II, welches vermehrt bei nicht ausreichender Durchblutung der Niere vorhanden ist, ausgelöst werden (Lang, Deetjen et al. 1984, S.25).

Schon nach einem Flüssigkeitsverlust von 10% ist die Speichelsekretion vermindert und es entsteht ein Gefühl von Trockenheit im Mund- und Rachenraum, aber auch Sprachstörungen können auftreten. Dies sind Zeichen dafür, dass der Körper Flüssigkeit benötigt (Schewior-Popp, Sitzmann et al. 2009, S.352).

Um den Durst zu löschen, nimmt der Mensch Flüssigkeit zu sich, wobei das Gehirn dazu im Stande ist, genau zu berechnen, wie viel getrunken werden muss, um den Wasserbedarf zu decken. Der Durst selbst ist bereits vor der Wasserresorption gelöscht. Aufgrund dessen wird davon ausgegangen, dass die Trinkmenge von Dehnungsrezeptoren im Rachen, im Ösophagus und besonders im Magen genau gemessen werden kann (Lang, Deetjen et al. 1984, S.25-26).

3.3 Funktionen des Wassers

Wasser spielt wegen seiner zentralen und vielseitigen Funktionen im Körper eine lebenswichtige Rolle. Es ist ein Transportmittel für aufgenommene Nährstoffe, Mineralstoffe, Salze und Gase im Blut und in den Lymphen. Außerdem transportiert es Stoffwechselprodukte und andere körpereigene Substanzen sowie Abfallprodukte wie Kohlensäure, Harnsäure und Harnstoffe zu den jeweiligen ausscheidenden Organen (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.56, Charlier 2007, S.195). Vom Wasser sind auch sämtliche chemische Reaktionen abhängig, da es als Reaktionspartner für die chemischen Prozesse im menschlichen Körper dient (Mensch 2011, S.387). Weiters stellt es einen wichtigen Zellbaustoff des Körpers da. Ohne ihn würden die Zellen ihre ursprüngliche Form verlieren und sich verkleinern. Zudem hat Wasser die Funktion eines Lösungsmittels für viele Substanzen und die Resorption von Nährstoffen im Darm wäre ohne Wasser nicht möglich. Es dient aber auch als Wärmeregulator durch den der Mensch an heißen Tagen über die Hautoberfläche Wasser abgibt, welches durch die Wärme des Körpers verdunstet und somit kühlend wirkt (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.56).

3.4 Wasserräume des Körpers

Der menschliche Körper besteht zu etwa zwei Dritteln aus Wasser, welches sich zu zwei Dritteln auf Zellwasser, die sogenannte intrazelluläre Flüssigkeit, und zu einem Drittel auf die extrazelluläre Flüssigkeit aufteilt. Die extrazelluläre Flüssigkeit besteht wiederum aus

drei verschiedenen Teilen: der im flüssigen Blutbestand (Blutplasma), der interstitiellen Flüssigkeit und der transzellulären Flüssigkeit (Andreae, Von Hayek et al. 2006, S. 9). Diese Flüssigkeiten verteilen sich durch hydrostatische und osmotische Druckgefälle auf verschiedene Kompartimente (Flüssigkeitsräume), die durch Membranen getrennt und wasserdurchlässig sind (Lang, Deetjen et al. 1984, S.1).

3.4.1 Der osmotische, kolloidosmotische und hydrostatische Druck

Damit es überhaupt zum Austausch der Flüssigkeiten zwischen den verschiedenen Kompartimenten im Körper kommen kann, werden drei verschiedene Drucksysteme benötigt (Spornitz 2004, S. 202):

Der osmotische Druck:

Um diesen Druck zu erklären, muss zunächst geklärt werden, was Osmose ist. Unter Osmose versteht man die Diffusion von Molekülen, die sich in einer Lösung befinden, durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran. Meist dringen die Moleküle an der Stelle der Membran durch, an der eine höhere Teilchenkonzentration besteht um so einen Konzentrationsausgleich zu erwirken.

Der osmotische Druck ist der Antrieb für den Wassertransport und entsteht beim Zusammenstoßen der Moleküle. Je höher die Anzahl der gelösten Teilchen ist, desto höher ist auch der osmotische Druck, da die Moleküle öfter zusammenstoßen. Dies zeigt, dass er von der jeweiligen Teilchenkonzentration abhängig ist.

Der osmotische Druck ist sowohl außerhalb als auch innerhalb der Zellen von Bedeutung. Bei Störungen des Wasserhaushalts kann er sich im Extrazellulärraum verändern. Um wieder ein Gleichgewicht herzustellen, wird bei zu hohem Druck Wasser aus den Zellen gelassen und bei zu niedrigem Druck Wasser in die Zellen aufgenommen (Spornitz 2004, S. 202, Thews, Vaupel 2005, S.17).

Der Kolloidosmotische (onkotische) Druck:

Der kolloidosmotische oder auch onkotische Druck wird von Plasmaproteinen erzeugt und entsteht grundsätzlich genau so wie der osmotische Druck (Spornitz 2004, S. 202).

Im Vergleich zum osmotischen Druck ist der kolloidosmotische Druck bei semipermeablen Membranen eher unwichtig. Er gewinnt aber bei den Blutgefäßen, genauer gesagt am Endothel an Bedeutung, denn hier ist der osmotische Druck aufgrund der hohen Durchlässigkeit von Plasmabestandteilen gleich Null. Da das Endothel für Proteine undurchlässig ist, kommt der onkotische Druck zum Tragen (Silbernagel, Despopoulos

2007, S. 384). Diese Eigenschaft ist besonders bei den Filtrationsvorgängen entscheidend, da das Gleichgewicht der Ein- und Auswärtsfiltration in den Kapillaren von der Gegenwirkung des onkotischen Drucks auf den hydrostatischen Druck abhängig ist (Huppelsberger, Walter 2009, S.23). Somit gewährleistet der onkotische Druck auch, dass die Flüssigkeit ins Blutgefäßsystem zurückkommt (Spornitz 2004, S. 203).

Der hydrostatische Druck:

Der hydrostatische Druck entsteht durch das Herz, genauer gesagt durch die Herzkontraktion und den Gefäßtonus. Durch den Gefäßtonus wird Flüssigkeit von den Kapillaren in den Zwischenzellraum (Interstitium) transportiert (Spornitz 2004, S. 203).

Der hydrostatische Druck, welcher auch Restblutdruck genannt wird, befindet sich im Innenraum der Kapillaren. Er wirkt von dort aus gegen den kolloidosmotischen Druck und den Gewebedruck, um Flüssigkeit ins Gewebe zu pressen. Dieser Vorgang wird auch als Filtration bezeichnet. Am Beginn der Kapillaren dominiert der hydrostatische Druck, am Kapillarende jedoch ist er niedriger als in den Systemen, die das Wasser wieder aus dem Gewebe in die Kapillare zurückdrücken. Dadurch kommt es zur sogenannten Resorption der Flüssigkeit. Mittels dieser zwei gegensätzlichen Drucksysteme wird das Gewebe mit Substraten versorgt und von den Stoffwechselprodukten befreit (Spornitz 2004, S. 203, Schwegler, Lucius 2011, S. 247-248).

3.4.2 Verteilung zwischen Plasmaraum und Interstitium

Die Basalmembran, welche undurchlässig für Moleküle ist, die mehr als 20000 Dalton wiegen, bildet die Trennwand zwischen Interstitium und Plasmaraum. Durch sie dringt nur ein Prozent der Plasmaproteine hindurch. Die Proteine, welche nicht durch die Membran konnten, üben nun einen onkotischen Druck aus, durch den Wasser im Plasmaraum zurückgehalten und das entstehende Druckgefälle zugunsten des Plasmaraums verteilt wird. Das hydrostatische Druckgefälle, welches zu Beginn der Kapillaren dominiert und als Gegenspieler des onkotischen Drucks gilt, ist für die Filtration von Wasser, zum Teil aber auch von Elektrolyten in das Interstitium verantwortlich. Durch den Strömungswiderstand sinkt in den Kapillaren der hydrostatische Druck, was den effektiven Filtrationsdruck, der die Differenz zwischen onkotischem und hydrostatischem Druckgefälle darstellt, wieder umkehrt. Somit wird das Filtrationsgleichgewicht wieder erreicht oder auch unterschritten. Über 90% des filtrierte Wassers werden von unserem Körper wieder aufgenommen, trotzdem bleiben rund 20 Liter pro Tag im Gewebe zurück. Dieses Filtrat wird über die Lymphgefäße wieder in das Blut zurückgeleitet. Ohne diesen Abtransport würden sich die

im Filtrat enthaltenen Proteine im Gewebe ansammeln und zur Entstehung von Ödemen führen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 1-3).

Die Filtration in der Niere unterscheidet sich ein wenig von der in der Peripherie. Hier ist aufgrund des Vas efferens, das nach den glomerulären Kapillarschlingen einen weiteren Widerstand bildet, der hydrostatische Druck wesentlich höher. Gesteuert wird das hydrostatische Druckgefälle durch das Vas afferens, dessen Dilatation das Druckgefälle erhöht, und das Vas efferens, dessen Dilatation das Druckgefälle sinken lässt. Diese Steuerung und der renale Plasmafluss sind wesentliche Faktoren, von denen die Filtrationsrate abhängig ist. Der Plasmafluss hat hier aber auch eine große Bedeutung für den onkotischen Druck, welcher durch die Filtration des Plasmawassers gesteigert wird und so trotz des hohen hydrostatischen Drucks ein Filtrationsgleichgewicht ermöglicht (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 3-4).

Im Gegensatz zu den glomerulären und peripheren Kapillaren, die durchlässig für Elektrolyte sind, gibt es auch Kapillaren, wie die Blut-Hirn-Schranke, welche für fast alle kleinmolekularen Substanzen schwer permeabel sind. Zudem gibt es hier Membranpumpen, die zwar nur in geringem Maße wirksam sind, aber trotzdem für eine Aufrechterhaltung der ungleichen Verteilung von Kalium und Bikarbonat sorgen.

Sollte es jedoch dazu kommen, dass sich die Plasmaosmolarität verändert, kann diese geringe Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke zu einem Problem werden. Dies kann zum Beispiel bei dem schnellen Beheben eines primären Natriumüberschusses durch Dialyse oder bei schneller Verringerung der Harnstoffplasmakonzentration der Fall sein. Hier kommt es zu einem osmotischen Gefälle über die Blut-Hirn-Schranke, da das Natrium nur langsam ins Plasma abströmt. Durch das osmotische Gefälle kann Wasser in das Gehirn eintreten und es besteht die Gefahr, dass ein Hirnödem entsteht.

Im Unterschied dazu kann ein hyperosmolares diabetisches Koma dazu führen, dass dem Gehirn Wasser entzogen wird. Hier ist durch die hohe Plasmakonzentration das Transportsystem für Glukose, welches unentbehrlich für das Gehirn ist, überlastet, sodass keine Balance der Konzentrationsgradienten mehr garantiert werden kann (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 5).

3.4.3 Verteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum

Zwischen diesen beiden Flüssigkeitsräumen verhindert die Zellmembran, dass Proteine aus der Zelle entweichen. Diese Membran ist im Gegensatz zur Basalmembran für gewisse Elektrolyte beinahe undurchdringlich was dazu führt, dass auf beiden Seiten der Zellmembran durch Pumpen eine verschiedenartige Verteilung entsteht welche nicht aufgelöst werden kann. Vor allem Natrium ist hier von Bedeutung, da es die Hälfte der Osmolarität außerhalb der Zelle hinzufügt. Für die unterschiedliche Verteilung des Natriums ist die Natrium-Kalium-ATPase, eine Pumpe die unter großem Energieaufwand Natrium aus und Kalium in die Zelle befördert, verantwortlich.

Aber auch Elektrolyte die durch die Zellmembran diffundieren können, wie Kalium und Chlorid, werden durch die elektrische Potentialdifferenz ungleich zwischen Intra- und Extrazellulärraum aufgeteilt. Die Zelle kann nun durch den Transport solcher elektrisch geladener Moleküle die Osmolarität und somit auch das Volumen dauerhaft aufrechterhalten.

Durch gewisse Gegebenheiten, wie die Erhöhung der Natriumkonzentration außerhalb der Zellen, Kaliumverlust, hypotone Mannitollösungen die nicht von der Zelle aufgenommen werden, verminderte Glukoseaufnahme der Zellen oder durch Azidose kann die Osmolarität aber auch so beeinflusst werden, dass sich das Wasser vom Intrazellulärraum in den Extrazellulärraum verschiebt (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 5-6).

Eine Wasserverschiebung vom Extra- in den Intrazellulärraum ist bei genau gegensätzlichen Faktoren der Fall: niedrigem Natriumspiegel, einem Überschuss an Kalium, vermehrter Glukoseaufnahme und Alkalose (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 5-6).

3.4.4 Transzelluläre Räume

Die transzellulären Flüssigkeiten sind ein Teil des Extrazellulärraums. Zu ihnen gehören jene Flüssigkeiten, die sich in Körperhöhlen, Hohlräumen und Sekretionsräumen von Drüsen befinden wie die Gehirn- und Rückenmarksflüssigkeit, das Augennasser, die Flüssigkeit von Pleura-, Perikard- und Peritonealraum sowie die Flüssigkeit der Drüsengänge und des Darmlumens, die Tubulusflüssigkeit und der Urin, der sich in den abführenden Harnwegen befindet (Gerok, Huber et al. 2007, S.807, Lang, Deetjen et al. 1984, S. 6). Diese Flüssigkeiten werden von den Transportsystemen der Epithelzellen gebildet und ihre Zusammensetzungen können je nach Funktion sehr unterschiedlich sein (Deetjen, Boylan et al. 1976, S.120-121).

Da die Epithelien des Dickdarms, der abführenden Harnwege, des dünnen aufsteigenden Teils der Henleschen Schleife und des distalen Nephrons fast wasserundurchlässig sind,

können sie das Durchkommen von Wasser auch bei einem hohen transepithelialen osmotischen Gradienten abwehren. In den restlichen Transzellularräumen wird der Wassergehalt von den Substanztransporten des Epithels, dem onkotischen und hydrostatischen Druckgradienten bestimmt (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 6).

Eine unausgeglichene Resorption und Sekretion kann zu Veränderungen des Volumens und einer anderen ionalen Flüssigkeitszusammensetzung führen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 6, Schneemann, Wurm 1995, S. 342). Unter solchen Bedingungen können anormale pathologische Flüssigkeitsansammlungen entstehen, die schwerwiegende Auswirkungen, wie die Vergrößerung des betroffenen transzellulären Raums haben können. So eine unnatürliche Ansammlung von Flüssigkeit wird in der Regel als „dritter Raum“ bezeichnet und kann beim Auge ein Glaukom verursachen, zu einer Steigerung des Hirndrucks, einer Verkleinerung des Lungenvolumens und zu einer Störung des gesamten Wasser- und Elektrolythaushaltes führen (Gerok, Huber et al. 2007, S.807, Lang, Deetjen et al. 1984, S. 6-7).

4. Der Elektrolythaushalt

In der Medizin wird unter Elektrolythaushalt die Aufnahme, Verteilung und Ausscheidung von Elektrolyten verstanden (Menche 2011, S.1070).

Elektrolyte sind Salze, Säuren oder Basen, die teilweise oder vollständig gelöst, in positiv oder negativ geladener Form im Körperwasser vorkommen. Durch ihre spezifischen und unspezifischen osmotischen Eigenschaften sind sie wesentlich am Erhalt von Gesundheit oder der Entstehung von Krankheit beteiligt (Menche 2011, S.1070, Truniger, Richards 1985, S. 1). Elektrolyte bilden die Basis für wichtige Abläufe im Körper wie die Nervenreizleitung oder die Muskeleerregung. Sie sind aber auch diejenigen, die den Teilchendruck innerhalb und außerhalb der Zellen regeln (Andreae, Von Hayek et al. 2006, S. 10). Den wichtigsten Regulator für den Elektrolythaushalt stellt die Niere dar. Durch sie werden überschüssige Mengen an Elektrolyten über den Harn ausgeschieden, wodurch das Gleichgewicht des Organismus aufrechterhalten bleibt. Die Homöostase ist also zum größten Teil von einer intakten Nierenfunktion abhängig (Andreae, Von Hayek et al. 2006, S. 27, Bob, Bob 2009, S.967).

4.1 Die wichtigsten Elektrolyte

Bei den Elektrolyten wird zwischen positiv geladenen elektrischen Teilchen, den sogenannten Kationen und den elektrisch negativ geladenen Teilchen, den Anionen unterschieden. Zu den Kationen zählen Natrium, Kalium, Kalzium und Magnesium

wohingegen Chlorid, Bikarbonat, Phosphat und Sulfat zu den Anionen gehören (Spornitz 2004, S. 204).

4.1.1 Natrium

Im Extrazellulärraum ist Natrium der wichtigste Elektrolyt. Seine Konzentration wird vom Körper sehr streng reguliert, da es viele unterschiedlichen Aufgaben und Einflüsse besitzt, die meisten Transportsysteme nur durch seine Mitwirkung funktionieren und darüber hinaus ein enger Zusammenhang zwischen Natrium und der Osmolarität besteht. Es ist aber auch ein entscheidender Faktor für den Blutdruck und das Blutvolumen und trägt zudem auch die Verantwortung für das Entstehen von Aktionspotentialen im Nervensystem (Bob, Böb 2009, S.967, Horn 2012, S. 381).

Die Zufuhr von Natrium erfolgt zum größten Teil über die Nahrung, in der es als Natriumchlorid (NaCl) - dem sogenannten Kochsalz - vorhanden ist, und wird dann im Magendarmtrakt aufgenommen. Die tägliche Zufuhr liegt durchschnittliche bei 7,5g NaCl oder 3g reinem Natrium, wobei diese Werte je nach unterschiedlichen Ernährungsweisen sehr stark variieren können (Emminger 2005, S.558, Horn 2012, S. 381).

Zu 95% wird das Natrium über die Niere ausgeschieden, wobei dies durch unterschiedliche Hormone wie dem Aldosteron und dem atrialen natriuretischen Peptid reguliert wird. Die restlichen fünf Prozent werden entweder über den Stuhl oder den Schweiß vom Körper entsorgt (Huppelsberg, Walter 2009, S.174).

4.1.2 Kalium

Kalium ist der bedeutendste intrazelluläre Elektrolyt und kommt zu 98%, zum größten Teil frei, aber auch an Proteine, Glykogene oder Phosphate gebunden, innerhalb der Zelle vor (Huppelsberg, Walter 2009, S.174). Da Kalium zu so großen Teilen in der Zelle vorhanden ist, übt es über das Zellmembranpotenzial großen Einfluss auf die Erregbarkeit der Skelett-, Herz- und glatten Muskulatur, sowie auf Neuronen aus. Weiters beeinflusst es die Ausschüttung von Hormonen wie Insulin, die Transportprozesse der Epithelien, die Lymphozytenaktivierung, den Säure-Basen-Haushalt und das Zellvolumen (Lang, Lang 2007, S.200).

Die Zufuhr von Kalium, die bei etwa 2g pro Tag liegen sollte, erfolgt über die Nahrung, wobei besonders pflanzliche Lebensmittel kaliumreich sind (Heseker 2011 IN Löser, S.56). Ausgeschieden wird es wieder um beinahe vollständig über die Niere und nur zu einem geringen Anteil über den Verdauungstrakt. Der Vorteil der hauptsächlich renalen Ausscheidung liegt darin, dass im distalen Tubulus eine aktive Kaliumsekretion stattfindet,

wodurch sogar bei verminderter Filtrationsleistung Kalium zum Teil noch weiter ausgeschieden wird und so gefährlich hohe Blutkaliumspiegel verhindert werden können (Bob, Bob 2009, S.973, Horn 2012, S. 381)

4.1.3 Kalzium

Das Körperkalzium befindet sich zu fast 100% als Kalziumphosphat im Knochen. Der geringe Restanteil kommt im Plasma in zwei verschiedenen Formen, nämlich als inaktives und aktives Kalzium vor. Inaktives Kalzium ist an Plasmaproteine oder an lösliche Anionen wie Phosphat, Sulfat oder Bicarbonat gebunden. Aktives Kalzium ist freies beziehungsweise ungebundenes Kalzium. Als Konsequenz daraus bewirken schon geringe Schwankungen der Kalziumkonzentration oder Verschiebungen des inaktiven Kalziumanteils eine veränderte Erregbarkeit der Zellen (Huppelsberg, Walter 2009, S.174). Das Kalzium ist in unserem Organismus an vielen wichtigen Funktionen beteiligt wie zum Beispiel an der Blutgerinnung, an der Erregung von Muskeln und an der Aktivierung von verschiedenen Hormonen. Außerdem gilt es als Kofaktor für zahlreiche Enzyme. Die Aufnahme erfolgt über den Darm, wobei wir täglich zwischen 1000 und 1200 mg Kalzium aufnehmen. Ausgeschieden wird es größtenteils über den Darm, wo nicht resorbiertes Kalzium gleich mit dem Stuhl aus dem Körper befördert wird (Bob, Bob 2009, S.976, Hesecker 2011 IN Löser, S. 56).

4.1.4 Magnesium

Magnesium ist das zweitwichtigste Kation im Intrazellulärraum, wobei die Hälfte davon im Gewebe des Knochens und die andere Hälfte im Weichteilgewebe gebunden ist. Genau so wie Kalzium kommt Magnesium im Plasma einerseits als freies, ionisiertes Magnesium, andererseits an Eiweiße gebunden vor. Magnesium wird vom Körper für Eiweiß- und Nukleinsäuresynthesen wie zum Beispiel der ATPase benötigt, da es als Kofaktor für Enzymsysteme gilt. Es ist aber auch für Zellen von großer Bedeutung, da es die biologischen Membranen festigt und die Membrandurchlässigkeit sichert. So hat es Einfluss auf die Erregbarkeit der Zellen und auch auf die Reizübertragung (Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.196).

Aufgenommen wird Magnesium, wie auch schon die vorher genannten Elektrolyte, über die Nahrung. Die tägliche Zufuhr sollte um die 300-360 mg betragen. Absorbiert wird es dann im Körper vom Dünndarm wobei Vitamin D, Eiweiß, Parathormone und Wachstumshormone diesen Vorgang fördern. Ausgeschieden wird das Magnesium

entweder gleich über den Darm oder nach der tubulären Reabsorption über die Niere (Bob, Bob 2009, S.983, Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.196).

4.1.5 Chlorid

Ein Drittel der osmotischen Teilchen im Extrazellulärraum ist Chlorid, womit es als wichtigstes Anion gilt. Durch das große Vorkommen im extrazellulären Raum spielt es eine große Rolle für die Erhaltung der Osmolarität, des Membranpotentials und des Säure-Basen-Haushalts. In den einzelnen Flüssigkeitsräumen herrscht eine elektrische Neutralität die durch die Zusammenarbeit des Chlorids mit Natrium und Kalium aufrechterhalten wird.

Die Aufnahme erfolgt über den Gastrointestinaltrakt, wobei über ihn und durch Schwitzen zusätzlich zur Hauptausscheidung über die Niere viel Chlorid abhanden kommen kann (Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.195).

4.1.6 Bikarbonat

Das Bikarbonat ist nach dem Chlorid im Extrazellulärraum das zweithäufigste elektrisch negativ geladene Teilchen und ist für den Säure-Basen-Haushalt von großer Bedeutung, da es als Bikarbonatpuffer das wichtigste Puffersystem des Körpers darstellt. Bikarbonat wird in der Niere bei der Sekretion von Wasserstoffionen gebildet und auch wieder ausgeschieden. Es neutralisiert mineralische und organische Säuren, die im Stoffwechsel entstehen. Dabei nimmt das Bikarbonat deren Protonen auf und zerfällt danach in Kohlenstoffdioxid und Wasser. Die dadurch entstehenden Verluste werden durch Neubildung und Rückresorption im proximalen Tubulus ausgeglichen (Piper 2007, S. 274-275, Siems, Bremer et al. 2009, S. 115).

4.1.7 Phosphat

Phosphat ist das wichtigste Anion im Intrazellulärraum. Nur etwa 0,1% sind in der Extrazellulärflüssigkeit vorhanden, wobei sich dieser Wert auf zwei Bereiche, zum einen auf Weichteile und Zähne, zum anderen auf Knochengewebe aufteilt.

Das Phosphat ist deshalb von so großer Bedeutung, weil es im Intrazellulärraum vielseitige Aufgaben besitzt. So dient es als Baustein in der Phospholipide beim Zellwandaufbau, ist gemeinsam mit Kalzium ein essentieller Baustein für den Knochen und hilft als Puffersystem dem Säure-Basen-Haushalt. Phosphat ist aber auch an verschiedenen Stoffwechselreaktionen beteiligt wie der Phosphorylierung von Glukose oder der Erzeugung von Phosphaten wie Adenosintriphosphat, Nucleinsäure, Phosphorproteine und

Phospholipide. Weiters ist es Teil des 2, 3- Diphosphatglycerats, einem Enzym, das am Hämoglobintransport beteiligt ist (Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.195).

Die Aufnahme von Phosphat erfolgt im Darm, genauer gesagt im Jejunum und ist mit der Natriumabsorption verbunden. Überschüssige Mengen an Phosphat werden über die Niere mit dem Urin ausgeschieden wobei zu erwähnen ist, dass die Niere nur eine geringe Rückresorptionsfähigkeit für Phosphat besitzt. Das bedeutet, dass zusätzliche Mengen an Phosphat sofort ausgeschieden werden (Bob, Bob 2009, S. 981, Morlion 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S.195).

4.1.8 Sulfat

Sulfat wird im Körper durch den Abbau der schwefelhaltigen Aminosäuren Zystein und Methionin gebildet. Dabei wird der Körper mit Wasserstoffionen belastet.

Bei dem Verbrauch von ATP wird Sulfat aktiviert und kann zur Herstellung von sulfatierten Glykosaminglykanen, die ein wichtiger Bestandteil der Grundsubstanz von Bindegewebe sind, verwendet werden. Ein Beispiel für ein sulfatreiches Glykosaminglykan ist das gerinnungshemmende Heparin. Sulfat gilt aber auch als Bestandteil wichtiger Elemente der Zellmembran- den Zerebrosiden -und ist in der Leber an der Biotransformation beteiligt.

Für den Körper ist eine orale Zufuhr von Sulfat nicht notwendig, da er es wie bereits oben genannt durch den Abbau von schwefelhaltigen Aminosäuren selbst produziert. Der Transport im Körper erfolgt über eine Koppelung an Natrium. Dieser kann durch Stoffe, die ebenfalls an Natrium gekoppelt sind, gehemmt werden. Die Ausscheidung erfolgt über die Niere, wobei im proximalen Tubulus eine Resorption von Sulfat stattfindet (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 117).

4.2 Die Verteilung der Elektrolyte im Körper

Die Elektrolytzusammensetzungen in den einzelnen Flüssigkeitskompartimenten weisen mit Ausnahme des Plasmas und des Interstitiums gravierende Unterschiede auf. Die Tatsache, dass sich die Konzentrationen in den Räumen so unterscheiden hat auch zur Folge, dass es unterschiedliche Verteilungen der Elektrolyte im Körper gibt (Lang, Lang 2007, S.196).

	Extrazellulärraum		Intrazellulärraum
	Plasma	Interstitielle Flüssigkeit	
Natrium	142	145	10
Kalium	4	4	160
Kalzium	5	5	2
Magnesium	2	2	26
Kationen total	153	156	198
Chlorid	101	114	3
Bikarbonat	27	31	10
Phosphat	2	2	100
Sulfat	1	1	20
Org. Säuren	6	7	0
Proteine	16	1	65
Anionen total	153	156	198

Abbildung 2: „Die Verteilung der Elektrolyte im Organismus (mval/l)“ (Tragl 1999, S. 151)

4.2.1 Verteilung zwischen Plasmaraum und Interstitium

Wie schon bei der Verteilung des Wassers in den verschiedenen Räumen erwähnt wurde, sind die Kapillaren des Gehirns für Elektrolyte nur gering durchlässig. Sollte es nun eine Elektrolytkonzentrationsänderung im Plasma geben, können die Elektrolyte im Interstitium erst mit einiger Verspätung folgen. Zwischen dem Liquor, der nur minimal vom Plasmawasser abweicht und somit Konzentrationsschwankungen ausgleichen kann und dem Interstitium gibt es keine Barriere. Beim Abfließen durch den venösen Sinus reißt er alle gelösten Substanzen und Proteine mit sich. Die Blut-Hirn-Schranke ist in diesem Fall eine Sicherheitsvorkehrung und sorgt dafür, dass es eine Elektrolytkonstanz in der extrazellulären Flüssigkeit gibt.

Auch wenn es fast keine Unterschiede zwischen der Elektrolytkonzentration zwischen Plasma und Interstitium gibt, ist der Unterschied der Kalziumkonzentration, die im Plasma doppelt so hoch ist wie im Interstitium, erheblich. Da das Kalzium im Plasma zu etwa 40% an Plasmaproteine gebunden ist, kann es nicht durch die Basalmembran hindurch. Nur durch den filterbaren Anteil von Kalzium, der zum Beispiel freies, ionisiertes Kalzium darstellt oder an Phosphat, Bikarbonat oder Zitat gebundenes Kalzium kann ein elektrochemisches Gleichgewicht entstehen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 7-10).

4.2.2 Verteilung zwischen Intra- und Extrazellulärraum

Die Zellmembran ist anders als die Membran der Gefäße, nicht für alle Elektrolyte durchlässig und besitzt Pumpen, die durch Einsatz von Energie Ionen aus der Zelle

befördern. Eine der wichtigsten Pumpen ist die Natrium-Kalium-ATPase. Sie setzt den Verbrauch von ATP ein um das Natrium, das unter anderem mit Sulfat, Phosphat, Glukose oder durch Austausch mit Wasserstoffionen oder Kalzium in die Zelle dringt, gegen Kalium zu tauschen. Da dadurch eine hohe Natriumkonzentration außerhalb der Zelle entsteht, kann so ein osmotisches Gegengewicht gegenüber dem hohen intrazellulären Anteil an Proteinen geschaffen werden.

Neben den Konzentrationen von Kalium und Chlorid, die innerhalb der Zellen fast ein Konzentrationsgleichgewicht aufweisen, gibt es aber auch Elektrolyte, die von diesem Gleichgewicht durch die geringe Durchlässigkeit und durch Pumpen stark abweichen. Ein Beispiel dafür ist Kalzium, das durch den Einsatz von gleich zwei Pumpen, der Kalzium-ATPase und der Natrium-Kalzium-Pumpe, nur eine minimale intrazelluläre Konzentration erreichen kann. Im Gegensatz dazu werden Phosphat und Sulfat von denselben Pumpen angehäuft, die auch das Natrium und andere Anionen in die Zellen befördern (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 10-12).

4.2.3 Transzelluläre Räume

Die Elektrolytzusammensetzung dieses Flüssigkeitskompartiments wird von epithelialen Transportvorgängen bestimmt. Die Ionenkonzentrationen im Liquor, Pleura-, Perikard- und Peritonealraum weichen nur gering vom Interstitium ab. Drüsensekrete weisen hingegen eine ganz andere Konzentration auf als das Plasma. Dieser Unterschied ist nur durch Pumpen, die Ionen aktiv transportieren und ein fast undurchlässiges Epithel möglich. Durch die Bildung eines Potentials werden auch die diffusionsfähigen Ionen ungleichmäßig verteilt.

Die Zusammensetzung der Drüsensekretion wird über Hormone geregelt und unterliegt ebenso wie die Ausscheidungsmenge von Elektrolyten über Schweiß, Urin und Stuhl enormen Schwankungen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 12).

5. Die Regulierung des Wasser- und Elektrolythaushaltes

Die Einstellung des physiologischen Wasser- und Elektrolythaushaltes ist auf mehrere Mechanismen und Wirkungen zurückzuführen (Gerok, Huber et al. 2007, S.804).

Der erste regulierende Mechanismus ist die Aktivierung bestimmter Volumen-, Baro- und Osmorezeptoren. Sie messen die Volumen- und Osmolaritätswerte in der Flüssigkeit des Extrazellulärraums. Sollten die Werte dem Normalwert nicht entsprechen, werden diese Rezeptoren entweder angeregt oder abgeschaltet. Die Korrektur hin zu den gewünschten Werten funktioniert hierbei hauptsächlich über die Niere.

Einen weiteren Regulationsmechanismus stellt die Harnkonzentrierung und -verdünnung dar, welcher aus der Funktion der Henle-Schleife, die Harnkonzentration durch Wasserdiffusion ins Interstitium zu bestimmen, resultiert.

Weiters sind die Wirkungen der selektiven tubulären Wiederaufnahme von Elektrolyten und die Elektrolytsekretion sowie die hormonelle Wirkung des antidiuretischen Hormons (ADH) von Wichtigkeit. ADH ist ein wesentlicher Faktor für die Durchlässigkeit der Sammelrohrwand und wirkt somit auf die Harnkonzentration. Aber auch das Aldosteron und das atriale natriuretische Peptid (ANP) sind für die Regulation des Wasser- und Elektrolythaushalts von großer Bedeutung. Aldosteron hat eine begünstigende Wirkung auf die distal-tubuläre Natriumrückaufnahme sowie auf die Kalium- und Wasserstoffausscheidung. ANP bewirkt eine Erhöhung der Natrium- und Harnausscheidung über die Niere und verursacht eine Erweiterung der Kapazitätsgefäße (Gerok, Huber et al. 2007, S.804-805).

6. Diagnostische Verfahren

Wie bei anderen Krankheiten auch bildet die richtige Diagnose die Basis für eine erfolgreiche Behandlung von Patienten/Patientinnen mit einer Wasser- und Elektrolythaushaltsstörung. Die Diagnose beruht auf drei verschiedenen Bezugsquellen: der Anamnese und Bilanzaufzeichnung, klinischen Befunden und Laborbefunden (Truniger, Richards 1985, S. 68).

Bei der Anamnese sind besonders Angaben, die zu einer annähernden Nachstellung der Flüssigkeitsbilanz verhelfen, entscheidend. Dazu gehören die Menge der Flüssigkeitszufuhr in den letzten 24 Stunden, Urinvolumina, abnorme Flüssigkeitsverluste und der Verlauf des Körpergewichts. Das Gewicht ist deshalb von Bedeutung, da es zum einen als eine Ergänzung und Kontrolle für Bilanzberechnungen dient und zum anderen nur drei Gründe zu einer Gewichtsveränderung führen können: wenn sich die gesamte Zellmasse verändert, wenn sich das Extrazellulärvolumen ändert oder wenn sich die Masse an freiem Wasser (das Intra- und Extrazellulärvolumen) verändert. Außerdem wird nachgefragt, ob die Kreislauffunktion intakt ist und ob bereits bestehende endokrine oder renale Störungen vorliegen (Gerok, Huber et al. 2007, S.808, Truniger, Richards 1985, S. 68-73).

Da die Angaben von Patienten/Patientinnen oder Angehörigen über Verluste oder Zufuhr nie genauen Messungen unterliegen, muss in diesen Fällen auf Erfahrungs- und Durchschnittswerte von abnormen Flüssigkeitsverlusten zurückgegriffen werden. Eine sichere Diagnose kann aber erst nach einer genauen und vollständigen Bilanzaufzeichnung

von Wasser- und Elektrolytzufuhr und Verlusten gestellt werden (Gerok, Huber et al. 2007, S.808, Truniger, Richards 1985, S. 68-73).

Eines der wichtigsten klinischen Zeichen, das nicht durch Labordiagnostik ersetzt werden kann, ist das eines stabilen oder gestörten extrazellulären Volumens (EZV). Sollte es zu Veränderungen des EZV kommen, hat dies auch Auswirkungen auf das intravaskuläre Volumen. Aus diesem Grund sind Kriterien des intravaskulären Volumens sehr hilfreich bei der Beurteilung des EZV.

So ermöglicht der zentrale Venendruck eine Kontrolle und Bewertung der Volumenverhältnisse. Die Normwerte liegen hier, je nach Wahl des Nullpunktes, bei 6-10 cm Wassersäule. Zu beachten ist, dass der Nullpunkt bei demselben Patienten/ derselben Patientin immer gleich angesetzt werden muss. Bei einem Wert über 10 cm Wassersäule liegt eine relative oder absolute Hypervolämie vor, bei einem Wert unter 4 cm Wassersäule eine Hypovolämie. Um jedoch wirklich den zentralen Venendruck messen zu können, muss ein Katheter in die Vena cava superior oder zumindest in eine der großen Venen gelegt werden.

Auch der Blutdruck wird von den extrazellulären und intravaskulären Volumina beeinflusst. Sinkt beispielsweise das EZV und bleibt der intravaskuläre Volumenverlust unter dreißig Prozent, kann der Körper durch Vasokonstriktion den Blutdruck aufrechterhalten. Besonders bei Jugendlichen kann es in diesem Fall zu einer Übersteuerung mit ansteigenden systolischen Blutdruckwerten kommen. Dies gilt als potentiell Warnzeichen für EZV- Verluste.

Des weiteren können auch das Urinvolumen und die Urinkonzentration sowie völlig trockene Lungenblasen ein Zeichen für ein EZV- Defizit sein (Truniger, Richards 1985, S. 76-78).

Bei einem Überschuss an extrazellulärem Volumen sind das Auftreten von Ödemen und ein aufgedunsenes, aufgeschwemmtes Aussehen zu beobachten. Zudem können in Folge eines zu hohen intravaskulären Volumens feuchte Lungenblasen oder schlimmstenfalls Lungenödeme entstehen. Um nun einen extrazellulären Volumenüberschuss zu diagnostizieren ist es einerseits notwendig, pulmonale Befunde heranzuziehen wie auch nach einer Erhöhung des zentralen Venendrucks und nach Ödemen zu suchen (Truniger, Richards 1985, S. 79-80).

Bei Störungen der Osmolalität gestaltet sich die Diagnosefindung schwieriger, da in diesem Fall keine spezifischen Symptome vorliegen. So gelten Manifestationen im zentralen Nervensystem oder Durst als zu unspezifisch, da diese auch durch zahlreiche andere Ursachen entstehen können. Aus diesem Grund wird die Diagnose einer Störung der Osmolalität durch die Anamnese vermutet und durch Laborbefunde bestätigt (Truniger, Richards 1985, S.82).

Den letzten wichtigen Pfeiler der Diagnosestellung bildet die Laboranalyse. Um Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes festzustellen, werden folgende Werte überprüft: Natrium- und Kaliumkonzentration im Serum, Kalium- und Natriumelimination im Urin, Serumosmolalität, Harnosmolalität, Gesamteiweißkonzentration im Serum, Hämoglobinkonzentration, Hämatokritwert und das Serumkreatinin (Gerok, Huber et al. 2007, S. 808).

7. Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes

Für die Entstehung von Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes gibt es verschiedenste Gründe wie ernährungsbedingte oder durch ärztliche Einwirkung entstandene Störungen, Traumen, Vergiftungen und Erkrankungen oder Funktionsstörungen von Magen, Darm, Niere, Nebenniere, Nebenschilddrüse, Hypophyse, Leber und Herz. Obwohl die Ursachen so vielfältig sind, lassen sich alle Störungen in drei Mechanismen einteilen: eine zu hohe oder zu niedrige Zufuhr von Wasser und Elektrolyten, die der Körper nicht mehr kompensieren kann, ein unnatürlich hoher Verlust von Wasser und Elektrolyten, der nicht mehr regulierbar ist und eine Störung der Organe, die für die Regulation verantwortlich sind (Gerok, Huber et al. 2007, S.809).

7.1 Dehydratation

Die Dehydratation oder auch Flüssigkeitsmangel genannt, ist ein Volumendefizit im Extrazellulärraum, das durch den Ausgleich osmotischer Druckdifferenzen auch im Intrazellulärraum zu Veränderungen führen kann.

Entstehen kann ein Flüssigkeitsmangel durch folgende Ursachen:

Erbrechen, Durchfall, Magen-Darm-Erkrankungen, Fisteln, Drainage, Sonden, Polyurie, osmotische Diurese, Nephropathie mit Salzverlust, Diuretikatherapie, Nebennierenrindeninsuffizienz, Diabetes insipidus, Fieber, Hyperventilation, starkes Schwitzen und mangelndes Trinken bei Behinderung der oralen Wasserzufuhr durch Verätzungen oder Stenosen, Pflegebedürftigkeit bei schweren Erkrankungen,

Bewusstseinsstörungen und Psychosen mit oraler Wasseraufnahmeverweigerung (Gerok, Huber et al. 2007, S.809-810).

Klinik: Eine Dehydratation ist am besten an stehenden Hautfalten, trockenen Schleimhäuten und einer verringerten Venenfüllung zu erkennen. Weitere Symptome sind schneller Verlust an Körpergewicht, gesteigertes Durstgefühl, Muskelschwäche, Muskelschmerzen und Muskelkrämpfe, gesteigerte Atmung, Fieber, Schwindel, Kollapsneigung, Tachykardie, Zeichen der peripheren Vasokonstriktion, Blutdruckabfall, Zeichen des Volumenschocks, eingeschränkte Urinproduktion und Bewusstseinsstörungen (Bob, Bob 2009, S.966, Gerok, Huber et al. 2007, S.811).

	% des KG	Menge ¹	Anzeichen ²
<i>Bei Erwachsenen</i>			
Leichte Dehydratation	ab 2%	etwa 1500 ml	Durst ++
Mittlere Dehydratation	ab 6%	etwa 4200 ml	Durst ++, trockener Mund, Schwäche, Oligurie, Krankheitsgefühl, Tachykardie
Schwere Dehydratation	ab 7%	etwa 5000 ml bis 8000 ml	wie bei mittlerer Dehydratation, ferner Verminderung geistiger und körperlicher Fähigkeiten, Halluzinationen, Delirium, Fieber
	ab 15%		(tödlich)
<i>Bei Säuglingen</i>			
Leichte Dehydratation	5%		(Gefahr!)
Mittlere Dehydratation	10%		(schwerkrank)
Schwere Dehydratation	15%		(tödlich)

¹ 5% des Körpergewichtes entsprechen beim Erwachsenen rund 3500 ml Flüssigkeit.
² Die Symptome sind verschieden, je nachdem, ob überwiegend intrazelluläre oder extrazelluläre Flüssigkeit verlorengegangen ist.

Abbildung 3: „Wichtige Anzeichen der Dehydratation“ (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 146)

Durch die Entstehung eines Wasserdefizits und gleichzeitigen Natriumverlust, die die osmolale Konzentration in den Extrazellulärräumen und im Serum beeinflussen, können drei verschiedene Dehydratationsformen entstehen (Buddeck, Fischer 1992, S.138):

7.1.1 Isotone Dehydratation

Bei einer isotonen Dehydratation wird zu gleichen Teilen Wasser wie auch Kochsalz verloren, was zum Beispiel bei Blutverlust oder großflächigen Verbrennungen vorkommt. Durch den Verlust kommt es zur Abnahme des Extrazellulärvolumens, wobei dies besonders das Blutvolumen betrifft und zu Blutdruckabfall, Tachykardie, Schwäche,

Müdigkeit, Durst und Oligurie führt (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 57, Piper 2008 IN Scholz, Sefrin et al., S. 202).

7.1.2 Hypertone Dehydratation

Die hypertone Dehydratation entsteht durch einen vermehrten Verlust von Wasser wie zum Beispiel durch Schwitzen und Durchfälle aber auch durch ADH- Mangel oder ADH-Unempfindlichkeit der Niere. Die Ursache kann aber auch einfach eine zu niedrige Zufuhr von Wasser sein. Besonders betroffen vom Wasserverlust ist in diesem Fall das Intrazellulärvolumen wobei hier auch Schäden des Zentralnervensystems, Verwirrtheit, Koma und Fieber auftreten können. Zudem ist der Wassergehalt im Gewebe stark reduziert und die Speichelsekretion und Urinausscheidung sind vermindert (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 57). Falls dem Körper bei einer hypertonen Dehydratation nicht schnellst möglich Wasser zugeführt wird, kann es im schlimmsten Fall zu einem Kreislaufversagen durch die Verklumpung von Erythrozyten kommen (Schewior-Popp, Sitzmann et al. 2009, S.722).

7.1.3 Hypotone Dehydratation

Bei der hypotonen Dehydratation ist der Verlust von Kochsalz größer als der Verlust von Wasser. Dies kann passieren, wenn bei exzessivem Schwitzen, durch das große Mengen an Salz verloren gehen, nur Wasser zur Durststillung getrunken wird und so der Mangel an Kochsalz nicht ausgeglichen werden kann. Dadurch kommt es zu einer Verminderung des Extrazellulärvolumens bei gleichzeitiger Vergrößerung des Intrazellulärvolumens. Eine Hypovolämie und die Entstehung eines Hirnödems können die Folgen dieser Form der Dehydratation sein (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 57, Piper 2008 IN Scholz, Sefrin et al., S. 203).

Therapie: Im Vordergrund steht in erster Linie der Ausgleich des entstandenen Defizits an Extrazellulärflüssigkeit durch Elektrolytlösungen. Dazu wird meist eine Kochsalzlösung, eine Ringer-Laktat-Lösung oder eine Vollelektrolytlösung verwendet. Nur in Fällen einer Hyponatriämie, Hyperosmolarität oder einem vorwiegenden Wassermangel werden auch Halbelektrolytlösungen oder elektrolytfreie Kohlenhydratlösungen eingesetzt. Bis sich der Flüssigkeitshaushalt wieder reguliert hat, wird dem Körper alle vier bis sechs Stunden ein Liter einer der oben genannten Lösungen zugeführt (Gerok, Huber et al. 2007, S. 811-812). Bei Patienten/Patientinnen mit einer Herz- oder Niereninsuffizienz ist besondere Vorsicht bei der Rehydratation geboten, da es hier bei einer Überwässerung zu einem Lungenödem kommen kann (Bob, Bob 2009, S.967).

7.2 Hyperhydratation

Die Hyperhydratation (Flüssigkeits- oder Wasserüberschuss) ist dadurch gekennzeichnet, dass der Körper einen zu hohen Wassergehalt aufweist, was zu einer Steigerung des Extrazellulärvolumens und zu Osmolaritätsveränderungen führt (Buddecke, Fischer 1992, S.139).

Die wesentlichen Ursachen für die Entstehung eines Flüssigkeitsüberschusses sind Niereninsuffizienz, Herzinsuffizienz, Leberinsuffizienz, inkorrekte Infusionstherapie, inadäquate ADH-Sekretion und Überdruckbeatmung (Gerok, Huber et al. 2007, S.812).

Klinik: Das Kennzeichen der Hyperhydratation ist die Ödembildung, besonders im Bereich von Nieren und Herz, in schweren Fällen aber auch in Lunge und Hirn. Das Hirnödem wird von Symptomen wie Kopfschmerzen, Übelkeit, Erbrechen und Bewusstseinsstörungen begleitet. Weitere Symptome einer Hyperhydratation sind Hautturgor, schnelle Gewichtszunahme, Dyspnoe, Tachypnoe, Orthopnoe und verschärftes Atemgeräusch. Bei Flüssigkeitslunge oder Lungenstauung kommt es auch zu Rasselgeräuschen, Bewusstseinsstörungen, Koma und zerebralen Krämpfen (Gerok, Huber et al. 2007, S.812).

So wie die Dehydratation kann auch die Hyperhydratation, in Abhängigkeit von der Serumosmolalität, in drei verschiedene Formen unterteilt werden (Herold 2011, S. 564):

7.2.1 Isotone Hyperhydratation

Diese Form der Hyperhydratation weist einen gleichzeitigen Wasser- und Kochsalzüberschuss auf. Verursacht wird dies durch zu große Infusionsmengen von isotoner Kochsalzlösung, durch einen Überschuss an Mineralo- oder Glukokortikoiden oder durch das Vorliegen peripherer Ödeme. Die Folge der isotonen Hyperhydratation ist eine Zunahme des Extrazellulärvolumens. Zudem besteht die Gefahr, dass sich ein Lungenödem entwickelt.

Ist der Grund für die isotone Hyperhydratation jedoch eine Störung des Filtrationsgleichgewichtes in der Peripherie, führt dies trotz größerem Extrazellulärvolumen zu einem Mangel an Plasmavolumen. Hier sind die Folgen ein Hyperaldosteronismus mit dem sich in weiterer Folge Hypokaliämie und Alkalose entwickelt und ADH-Ausschüttung mit Antidiurese (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 56).

7.2.2 Hypertone Hyperhydratation

Bei einer hypertonen Hyperhydratation ist das Gleichgewicht zwischen Elektrolyt- und Wasserzufuhr und Abgabe gestört wobei besonders der Überschuss von Natriumchlorid dafür charakteristisch ist. Sie entsteht durch eine zu große Zufuhr von Natriumchlorid, Infusion hypertoner Natriumchloridlösung aber auch durch das Trinken von Meerwasser. Bei der hypertonen Hyperhydratation kommt es zu einer Zunahme des EZV. Diese Zunahme entsteht einerseits durch den Volumenüberschuss, andererseits durch die Verschiebung von Wasser des Intrazellulärums in den Extrazellulärums. Durch die Abnahme des Intrazellulärums wird die Nervenzellfunktion gemindert wodurch es zu zerebralen Störungen kommt. Das vergrößerte Extrazellulärums kann zur Entwicklung eines Lungenödems führen (Buddecke, Fischer 1992, S. 139, Lang, Deetjen et al. 1984, S. 56).

7.2.3 Hypotone Hyperhydratation

Die hypotone Hyperhydratation ist gekennzeichnet durch einen Überschuss an Wasser, der durch die Zufuhr salzärmer Lösungen, eine übertriebene Zufuhr von Wasser oder durch eine inadäquate ADH- Ausschüttung entsteht. Hier kommt es zur Zunahme des Intrazellulärums wodurch es einerseits zur Entwicklung eines Hirnödems mit Begleiterscheinungen wie Übelkeit, Erbrechen, Kopfschmerzen, Bradykardie, Verwirrtheit und letztlich auch zu Bewusstlosigkeit und Tod kommen kann. Andererseits kann durch die Einengung der Liquorräume auch ein gesteigerter Hirndruck entstehen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 56-57).

Therapie: Bei einer Hyperhydratation sollte wenn möglich als allererstes die Grunderkrankung angemessen therapiert werden. Die auftretenden Symptome der Hyperhydratation sind ansonsten durch Flüssigkeitsbilanzierung, Flüssigkeitsrestriktion und Flüssigkeitselimination regulierbar (Bob, Bob 2009, S. 966).

7.3 Störungen des Kaliumhaushaltes

Die Störungen im Kaliumhaushalt sind eine der häufigsten Elektrolytstörungen. Unterteilt werden sie in Hypo- und Hyperkaliämie (Piper 2008 IN Scholz, Sefrin et al. S.204).

7.3.1 Hypokaliämie

Von einer Hypokaliämie oder auch Kaliummangel wird gesprochen, wenn die Plasma-Kalium-Konzentration unter 3,5 mmol/l absinkt.

Ursache dafür kann ein gesteigerter renaler Verlust sein, der bei einem Hyperaldosteronismus auftritt. Auch ein erhöhter Kaliumverlust wie er bei einer Diuretikatherapie oder auch bei einer Schädigung der Tubuli vorkommt, kann zu einer Hypokaliämie führen.

Zu Kaliumverlusten kann es aber auch durch Durchfall, Erbrechen und Fisteln kommen. Zudem erhöht Alkalose die renale Ausscheidung von Kalium und führt auch zu einer Verschiebung des Kaliums vom Extra- in den Intrazellulärraum. Dies kann auch durch die Verabreichung von Insulin und besonders im diabetischen Koma geschehen.

Weiters kann auch das Bartter-Syndrom der Grund für eine Hypokaliämie sein. Dies ist jedoch nur selten der Fall (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 64).

Klinik: Bei einer leichten Hypokaliämie sind Patienten/Patientinnen meist symptomlos. Eher selten treten Beschwerden wie Müdigkeit, Schwächegefühl, Muskelkrämpfe oder kardiale Symptome wie zum Beispiel eine gesteigerte Digitalisempfindlichkeit, eine Neigung zu ventrikulären Arrhythmien oder eine Flimmergefahr auf (Bob, Bob 2009, S. 974). Bei einem ausgeprägten Kaliummangel sieht das Krankheitsbild meist so aus, dass es zu Störungen der neuromuskulären Erregbarkeit mit einer Manifestation an verschiedenen Organsystemen kommt. Hypokaliämie führt zu allgemeiner Energielosigkeit bzw. ausgeprägter Kraft- und Antriebslosigkeit mit Muskelschmerzen, intermittierenden hypokaliämischen Lähmungen der Gliedmaßen, Verminderung des Muskeltonus und der Muskeleigenreflexe, Parästhesien, Magen-Darm-Atonie, Obstipation die bis zum Subileus oder ileusartigen Bildern führen kann, Blasenentleerungsstörungen und Störungen der Reizbildung und Erregungsleitung am Herzen (Gerok, Huber et al. 2007, S. 816). Je rascher ein Kaliummangel bei einem Patienten/einer Patientin eintritt, desto schwerwiegender sind auch die auftretenden Symptome (Herold 2011, S.570).

Therapie: Grundsätzlich wird bei der Therapie einer Hypokaliämie der Kaliumverlust durch Substitution, die durch orale oder bei schweren Fällen auch durch intravenöse Gabe von Kaliumchlorid erfolgt, ausgeglichen. Bei leichtem und asymptomatischem Kaliummangel reicht eine kaliumreiche Ernährung oft aus um den Kaliumhaushalt wieder ins Gleichgewicht zu bringen. Außerdem sollten in jedem Fall ursächliche Störungen des Säure-Basen-Haushaltes (z.B. Alkalose) und hormonelle Entgleisungen (z.B. primärer Hyperaldosteronismus) medikamentös oder wenn nötig auch chirurgisch behandelt werden (Bob, Bob 2009, S. 975).

7.3.2 Hyperkaliämie

Von Hyperkaliämie spricht man, wenn die Kaliumkonzentration größer als 5,5 mmol/l beträgt.

Diese kann durch vermehrte Kaliumzufuhr, Verschiebung von Kalium vom Intra- in den Extrazellulärraum oder durch verminderte Ausscheidung hervorgerufen werden. Eine vermehrte Kaliumzufuhr kommt durch Infusionen und Injektionen zustande. Eine Verschiebung von Kalium tritt bei Azidose, Insulinmangel, Zelluntergang und schwerer körperlicher Arbeit auf. Die verminderte Ausscheidung wird durch Niereninsuffizienz, Diuretikabehandlung, Hypoaldosteronismus und Azidose verursacht (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 64).

Klinik: Bei einem Kaliumüberschuss sind Frühsymptome sehr selten. Falls welche auftreten sind es meist Parästhesien, die verstärkt im Bereich des Mundes auftreten, Muskelzuckungen und Paresen. Leider wird die Hyperkaliämie häufig erst dann bemerkt, wenn bereits lebensbedrohliche Herzrhythmusstörungen auftreten. Dieser Zustand ist deshalb so gefährlich, weil bei einer Hyperkaliämie das Ruhemembran- und Aktionspotential abnehmen und somit die neuromuskuläre Erregbarkeit des Herzens beeinflusst wird. Dies hat zur Folge, dass die Reizbildung im Vorhof vermindert wird und die Reizausbreitung in der Kammer erst verspätet stattfindet wodurch ein plötzlicher Herztod, Kammerflimmern oder Kammerstillstand eintreten können (Buddecke, Fischer 1992, S.143, Morath, Ritz 2010 IN Greten, Rinninger et al., S.332).

Therapie: In erster Linie sollte die Kaliumzufuhr gesenkt werden. Zudem kann die Kaliumausscheidung durch Kationaustauscher auf Kunstharzbasis gefördert werden, wobei gegebenenfalls durch Verabreichen von Sorbit eine osmotische Diarrhö erzeugt werden kann um die Wirkung zu steigern.

Sollte ein akuter Notfall eintreten werden Glukose und Insulin in Form einer Infusion verabreicht um schnellstmöglich den Serumspiegel zu senken. Zudem bewirkt die Verabreichung einer hypertonen 10prozentigen Kochsalzlösung eine vorübergehende Besserung der Symptome (Bob, Bob 2009, S. 976, Gerok, Huber et al. 2007, S. 818).

7.4 Störungen des Magnesiumhaushaltes

7.4.1 Hypomagnesiämie

Eine Hypomagnesiämie (Magnesiummangel) tritt ein, wenn das Serummagnesium unter 0,7 mmol/l sinkt.

Die auslösenden Faktoren eines Magnesiummangels können eine unzureichende Magnesiumzufuhr sowie renale und intestinale Magnesiumverluste sein.

Zu einer verminderten Zufuhr von Magnesium kommt es bei Fehl- oder Mangelernährung sowie auch bei Alkoholismus.

Renale Magnesiumverluste entstehen bei hyperkalzämischen Patienten/Patientinnen, Hyperthyreose, Hyperaldosteronismus, Diabetes mellitus, Therapie mit Diuretika und bei tubulärer Schädigung durch Medikamente.

Zu intestinalen Verlusten kommt es durch das Malabsorptionssyndrom, Diarrhö, Enteritiden, Einnahme von Laxanzien, villöse Adenome und Colitis ulcerosa (Bob, Bob 2009, S. 983).

Klinik: Hauptsächlich kommt es bei einem Magnesiummangel zu einer gesteigerten Erregbarkeit der Muskeln und des Nervensystems. Dadurch können plötzlich auftretende Zuckungen einzelner Muskelbündel oder Muskelfasern, Tremor und Krämpfe auftreten. Zudem kommt es zu Persönlichkeitsänderungen, Apathie und Depressionen.

Eine Hypomagnesiämie hat auch Auswirkungen am Herzen. So kann es zu Tachykardie, Rhythmusstörungen und Kammerflimmern kommen.

Da ein Mangel an Magnesium auch eine Verminderung der Parathyrinausschüttung bewirken kann, entsteht so oftmals auch eine Hypokalzämie. Aus diesem Grund tritt ein Mangel an Magnesium und Kalzium oft gleichzeitig auf (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 93).

Therapie: Prinzipiell ist es am wichtigsten, die vorliegende Erkrankung, die ausschlaggebend für den Magnesiummangel war, zu behandeln. Zusätzlich kann das vorherrschende Magnesiumdefizit bei leichter oder symptomloser Hypomagnesiämie durch eine magnesiumreiche Diät oder in schwereren Fällen mit magnesiumreichen Infusionen ausgeglichen werden. Mit dem Ausgleich sollten auch Begleiterscheinungen wie die Hypokalzämie, Hypokaliämie und Hypophosphatämie behoben werden (Bob, Bob 2009, S. 984, Gerok, Huber et al. 2007, S. 820).

7.4.2 Hypermagnesiämie

Der Magnesiumüberschuss zieht bei geringfügiger Erhöhung keine größeren Auswirkungen nach sich. Bedeutend wird er erst ab einer Plasmamagnesiumkonzentration von über 4 mg/dl.

Die häufigste Ursache für eine Hypermagnesiämie ist eine Niereninsuffizienz. Weitere Faktoren, die einen Magnesiumüberschuss zur Folge haben können, sind eine zu hohe Magnesiumzufuhr, Nebenniereninsuffizienz, Schilddrüsenunterfunktion und Akromegalie (Bob, Bob 2009, S. 984, Gerok, Huber et al. 2007, S. 820).

Klinik: Das Auftreten und die Stärke der Auswirkungen sind von der Höhe des Serummagnesiumspiegels abhängig. Symptome treten häufig aber erst in Zusammenhang mit einer Hypokalziämie oder Hypokaliämie auf. Übelkeit, Erbrechen, Obstipation, Muskelschwäche, herabgesetzte atrioventrikuläre Erregbarkeit am Herzen, Blutdruckabfall, paralytischer Ileus, Koma aber auch Atemlähmung und ein Herzstillstand können die Folge sein (Herold 2011, S.573, Gerok, Huber et al. 2007, S. 820).

Therapie: Bei einer leichten Hypermagnesiämie ist es ausreichend, die Zufuhr von Magnesium durch die Ernährung wie auch durch Medikamente zu vermeiden. In schwereren Fällen, wenn bereits Symptome auftreten, können Infusionen mit Kalziumglukonat, Glukose- oder Insulininfusionen verabreicht werden. Falls nötig, könnte auch eine Hämodialysebehandlung eingeleitet werden. Zudem sollte auch hier die Grunderkrankung der Hypermagnesiämie gefunden und dementsprechend korrekt behandelt werden (Bob, Bob 2009, S. 984, Gerok, Huber et al. 2007, S. 820).

7.5 Störungen des Kalziumhaushaltes

Auch beim Kalziumhaushalt können Störungen in Form einer Hypokalzämie (Kalziummangel) oder einer Hyperkalzämie (Kalziumüberschuss) auftreten (Bob, Bob 2009, S. 977).

7.5.1 Hypokalzämie

Von einem Kalziummangel wird gesprochen, wenn die Plasmakalziumwerte auf unter 2,2 mmol/l sinken (Bob, Bob 2009, S. 977).

Dazu kann es durch eine verminderte Parathyrin-Sekretion oder -wirkung kommen, sowie durch Vitamin-D-Mangel und gestörten Vitamin-D-Metabolismus. Renale Kalziumverluste werden durch chronische Diuretikatherapie und Magnesiummangel verursacht. Außerdem

kann durch Alkalose, erhöhte Phosphat-Plasmakonzentration und akute Pankreatitis das ionisierte Plasmakalzium gesenkt werden (Lang, Deetjen et al. 1984, S.84-86).

Klinik: Bei einem Kalziummangel wird vor allem die neuromuskuläre Erregbarkeit beeinflusst was sich in Muskelspasmen, sogenannten Parästhesien, epileptischen Anfällen und einer Verlängerung des Aktionspotentials am Herzen äußern kann (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 86).

Therapie: Je nach Ursache der Hypokalzämie gibt es verschiedene Therapiemethoden. So können je nach Ausmaß des bestehenden Mangels entweder kalziumhaltige Getränke oder Infusionen zugeführt werden um den Plasmakalziumspiegel wieder in den Normalbereich zu bringen. Ist der Grund für den Kalziummangel jedoch ein Mangel an Vitamin D, ist keine Kalziumsubstitution nötig, sondern eine Zufuhr von Vitamin D (Bob, Bob 2009, S. 977).

7.5.2 Hyperkalzämie

In der Medizin wird eine Plasmakalziumkonzentration von über 2,65 mmol/l als Hyperkalzämie oder Kalziumüberschuss bezeichnet.

Bei rund 80% der an einem Kalziumüberschuss leidenden Patienten/Patientinnen ist die Ursache der Störung ein Malignom, primärer Hyperparathyreoidismus oder eine akute Immobilisierung mit der Folge einer Immobilitätsatrophie des Skeletts. Oft wird diese Störung auch durch eine Vitamin-D Intoxikation oder durch eine exzessive Kalziumaufnahme herbeigeführt (Bob, Bob 2009, S. 978, Lang, Deetjen et al. 1984, S. 86).

Klinik: Die Folgen einer Hyperkalzämie sind abhängig von der Höhe der Plasmakalziumkonzentration, aber auch von der Geschwindigkeit, mit der die Konzentration ansteigt. So treten bei einer geringen Erhöhung der Plasmakalziumkonzentration meist keine Symptome auf, bei einem Anstieg auf 3,5 mmol/l kommt es zu Beschwerden wie Übelkeit, Erbrechen, Verstopfung, Kopfschmerzen, Lethargie, Desorientierung, Depression, Polyurie, Polydipsie, Nykturie, Schwächegefühl, Gelenkschmerzen, Knochenschmerzen, Rhythmusstörungen, QT-Verkürzungen und bei längerem Anhalten des Zustandes kann es zur Bildung von Nierensteinen kommen.

Ab einem Wert von über 3,5 mmol/l kommt es zur hyperkalzämischen Krise. Diese ist durch Koma, Herzrhythmusstörungen, Krampfanfälle, erhöhte Temperatur, trockene, warme Haut und Nierenversagen gekennzeichnet (Bob, Bob 2009, S. 979, Lang, Deetjen et al. 1984, S. 86).

Therapie: Die Grundtherapie, die bei einem Kalziumüberschuss eingeleitet werden kann, ist die Gabe von Kochsalzlösungen, um die entstandene Dehydratation auszugleichen, die Gabe von Furosemid, um die Ausscheidung des überschüssigen Kalziums zu erhöhen oder die Gabe von Glukokortikoiden, mit denen die Kalziumfreisetzung aus dem Skelett und den Makrophagen unterdrückt wird. Dadurch wird weniger Kalzium resorbiert und die Ausscheidung über die Niere vermehrt. Ansonsten wird die Therapie auf die Grunderkrankung abgestimmt (Bob, Bob 2009, S. 979).

7.6 Störungen des Phosphathaushaltes

7.6.1 Hypophosphatämie

Die Normalwerte des Plasmaphosphates liegen bei 2,5-5,0 mg/dl. Ab einer Senkung dieses Spiegels auf unter 2,5-1,0 mg/dl spricht man von einem leichten, bei Werten von unter 1,0 mg/dl von einem schweren Phosphatmangel (Bob, Bob 2009, S. 981).

Die Hauptursachen für die Entstehung einer Hypophosphatämie sind eine ungenügende Zufuhr an Phosphat bei einer Diät, bei Vitamin-D-Mangel, chronische Antazidazufuhr, dauerndes Erbrechen und eine mangelhafte Aufnahme. Sie kann aber auch durch Phosphatverlust aufgrund von Vitamin D-Mangel, Hyperparathyreodismus, Phosphatdiabetes oder einer Salzverlustniere verursacht werden. Ein besonders schwerer Phosphatmangel tritt meist durch die Gabe von Nahrung an ausgehungerte Menschen und Alkoholiker („nutritional recovery syndrome“), Insulingabe im diabetischen Koma, schwere Alkalose und massive Verbrennungen auf (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 86-87).

Klinik: Bei einer Hypophosphatämie können Myopathie, Herzinsuffizienz und Störungen des Nervensystems wie zum Beispiel Krampfanfälle oder Koma auftreten. Außerdem kommt es durch den Abfall von Diphosphoglyzerat in den Erythrozyten zu einer Steigerung der Sauerstoffaffinität, wodurch nicht mehr ausreichend Sauerstoff an das Gewebe abgegeben wird und Gewebshypophosphatämie entsteht. Ein lang andauernder Phosphatmangel kann auch zu Osteomalazie oder bei Kindern zu Rachitis führen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 87).

Therapie: Die therapeutische Behandlung besteht darin, die Plasmaphosphatwerte durch Gabe von phosphathaltigen Nahrungsmitteln wie Milch in den Normalbereich zurück zu bringen. Eine intravenöse Phosphaterhöhung wird ausschließlich bei

Patienten/Patientinnen angeordnet, die keine Nahrung zu sich nehmen können (Bob, Bob 2009, S. 982).

7.6.2 Hyperphosphatämie

Eine Hyperphosphatämie (Phosphatüberschuss) besteht ab einem Plasmaosphatwert von über 5,0 mg/dl. Dabei wird zwischen einem milden bei Werten von 5-8 mg/dl und einem schweren Phosphatüberschuss bei Werten von 9-15 mg/dl unterschieden (Bob, Bob 2009, S. 982).

Die häufigste Entstehungsursache ist eine durch Niereninsuffizienz, Hypoparathyreoidismus oder Pseudohypoparathyreoidismus entstehende Verminderung der renalen Ausscheidung von Phosphat. Weitere Ursachen können eine zu hohe Zufuhr von Phosphat bei einer Diät oder durch Infusionen und Transfusionen von älterem Blut sein. Zudem kann eine vermehrte Freisetzung von Phosphat durch Hämolyse, Myolyse, Zerstörung von Tumorzellen durch Zytostatika, Azidose und Tumormetastasen eine Hyperphosphatämie verursachen (Lang, Deetjen et al. 1984, S. 87).

Klinik: Bei Patienten/Patientinnen mit einem Phosphatüberschuss treten meist Symptome wie Juckreiz, Red-Eye-Syndrom, neuromuskuläre Übererregbarkeit und ektope Einlagerungen von Kalziumsalzen ins Gewebe auf (Bob, Bob 2009, S. 982).

Therapie: In erster Linie wird phosphatreiche Nahrung abgesetzt um die Zufuhr zu verringern. Auch werden meist Phosphatbinder auf Kalziumbasis verwendet um eine Hyperphosphatämie zu therapieren. Weiters können Dialysatoren mit hoher Phosphatclearance zu einer Senkung des Phosphatspiegels führen (Bob, Bob 2009, S. 982-983).

8. Physiologische Veränderungen im Alter und ihr Einfluss auf den Wasser- und Elektrolythaushalt

Das Alter, welches ab dem 65. Lebensjahr beginnt ist eine Lebensphase, die von zahlreichen Veränderungen und Unterschieden in Bezug auf die Gesundheit, Leistungsfähigkeit, Lebensführung und Lebenssituation beeinflusst wird (Volkert 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S. 359). Was im Grunde hinter dem Wort Altern verborgen ist, ist der Verlust der physischen und psychischen Anpassungsfähigkeit, die durch altersbedingte Veränderungen der Gewebe, Organe und Organsysteme des Körpers ausgelöst wird. Aus diesem Grund fällt es dem alternden Menschen schwer, neue Aufgaben und Funktionen wahrzunehmen und sich an eine neue Umwelt anzupassen (Reimund, Reimund 1994, S.283). Auch wenn der Begriff Alter nicht gleich mit Krankheit und Gebrechlichkeit verbunden werden sollte, leiden alte Menschen doch öfter an Krankheiten, funktionellen Beeinträchtigungen und Behinderungen als Menschen in anderen Lebensabschnitten. Aus diesem Grund sind auch sie diejenigen, die Hilfe- und Pflegeleistungen beanspruchen um ihren Alltag zu meistern (Volkert 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S. 359). Hierzu ist aber noch zu sagen, dass ungeachtet der körperlichen Veränderungen und der steigenden Anfälligkeit für Krankheiten ein erfolgreiches Altern trotz allem möglich ist (Trögner, Sieber 2006 IN Günnewig, Erbguth, S.42).

8.1 Altersbedingte Veränderungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes

Der Wasser- und Elektrolythaushalt als auch die Blutdruckregulation sind die beiden Systeme, die im Alter besonders leicht zu beeinflussen sind. Die Gründe dafür sind Organveränderungen. Im Fall des Wasser- und Elektrolythaushaltes sind vor allem die Niere und ihre Veränderung im Alter von großer Bedeutung. Sie verliert im Laufe der Jahre an Masse, die aktiven Niereneinheiten werden weniger, die Durchblutung ist vermindert, die Filtrationsrate nimmt ab, die Harnkonzentration ist reduziert und auch die Entgiftungsleistung ist herabgesetzt. Außerdem nimmt das Durstgefühl bei älteren Menschen drastisch ab obwohl im Alter mehr Flüssigkeit benötigt wird (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.16-17). Dazu kommt noch, dass der Wassergehalt des Körpers zugunsten des Fettanteils auf rund 55% absinkt, was sich wiederum direkt auf den Elektrolythaushalt auswirkt. Bei älteren Menschen kann dieser Umstand deshalb schnell zum Problem werden, da sie exogen oder endogen verursachte Elektrolytverschiebungen nicht mehr ausgleichen, beziehungsweise sich nicht mehr daran anpassen können (Tragl 1999, S. 150). Dies sind zum Teil Gründe für eine vermehrte Anfälligkeit für Störungen der Wasser- und Elektrolythomöose bei alten Menschen. Besondere Aufmerksamkeit sollte

hier aber auf Menschen gelegt werden, die untergewichtig und pflegebedürftig sind und durch Immobilität, Demenz, Depression, Sedierung oder Aphasie nicht mehr in der Lage sind, selbstständig Flüssigkeit zu sich zu nehmen (Arens-Azevedo, Behr-Völtzer 2002, S.16-17, Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 155).

8.2 Ursachen für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter

Die Gründe, warum gerade im Alter häufig Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes auftreten, sind vielfältig. Grundsätzlich lassen sie sich aber in vier verschiedene Kategorien einteilen: Änderung der Steuerung der Flüssigkeits- und Elektrolythomöostase im Alter, Änderung der Lebensumstände, Krankheiten und iatrogene (durch den Arzt verursachte) Ursachen (Tragl 1999, S. 151).

8.2.1 Änderung der Steuerung der Flüssigkeits- und Elektrolythomöostase im Alter

Das Erhalten des Gleichgewichts zwischen Flüssigkeit und Elektrolyten gehört zu den wichtigsten Körperfunktionen sowohl bei jungen als auch bei alten Menschen (Davies zit. nach Tragl 1999, S. 151). Mit steigendem Alter kommt es jedoch zu physiologischen Veränderungen, die dieses Gleichgewicht beeinflussen und somit die Anfälligkeit für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes erhöhen: (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse S. 155).

Einerseits spielt die Veränderung der Körperzusammensetzung eine wichtige Rolle was den Wasserhaushalt des Körpers betrifft. So kommt es im Alter dazu, dass die fettfreie Körpermasse abnimmt und der Körperfettanteil im Körper höher wird. Zusätzlich wird das Körperfett nun nicht mehr peripher, in den Extremitäten, sondern viszeral, also zum Rumpf hin gespeichert. Dadurch, dass die fettfreie Körpermasse immer weniger wird, kommt es auch zur Verringerung des Körperwassergehaltes, der Körperzellmasse und der Knochenmasse (Volkert 2010 IN Biesalski, Bischoff et al., S. 359). In Prozenten ausgedrückt nimmt das Körperwasser um 10-20% ab, was ungefähr 45% des Körpergewichtes ausmacht, wobei der Fettanteil um 15-30% zunimmt (Herdegen, Ley 2006 IN Deuschl, Reichmann, S. 272). Dadurch haben ältere Menschen keine ausreichenden Wasserreserven um anfallenden Schwankungen im Wasser- und Elektrolythaushalt entgegenzuwirken und reagieren empfindlicher als jüngere Menschen (Volkert 2010 IN Biesalski, Bischoff et al.. S. 368). Die Reduzierung des Gesamtkörperwassers hat auch wesentlichen Einfluss auf die Gabe und Wirkung von Arzneistoffen und erfordert eine Anpassung der Dosierung (Herdegen, Ley 2006 IN Deuschl, Reichmann, S. 272).

Ein weiterer wichtiger Faktor im Zusammenhang mit der größeren Anfälligkeit für Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt ist der Durst. Der Durst dient dazu, den Körper mit Wasser zu versorgen und er tritt meist bei einem Verlust von 0,5% des Gewichtes an Wasser oder einer Erhöhung der Plasmaosmolarität ein. Bei älteren Menschen ist das Durstempfinden zum Teil so weit vermindert, dass sie auch bei bereits bestehendem Flüssigkeitsmangel oder Hitzebelastungen keinen oder nur geringen Durst verspüren (Biedermann 2004, S. 42, Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 155). Die Ursache für das nachlassende Durstgefühl liegt in dem Sensibilitätsverlust der Osmorezeptoren im Hypothalamus (Lauber, Schmalstieg 2012, S. 290). Grundsätzlich wird das Durstgefühl dann von den Osmorezeptoren ausgelöst, wenn diese eine erhöhte Osmolarität messen. Gleichzeitig mit der Anregung des Durstgefühls wird auch die Freisetzung von Vasopressin stimuliert. Im Alter kommt es dazu, dass die Ausschüttung von Vasopressin unverändert bleibt und bei einer Reduzierung des Blutvolumens oder einem Anstieg der Osmolarität sogar verstärkt ist (Davies zit. nach Tragl 1999, S. 152). Dieselben Messungen der Osmorezeptoren sind also im Alter einerseits der Grund für die vermehrte Vasopressinsekretion, andererseits aber auch für die Abschwächung des Durstgefühls verantwortlich (Phillips zit. nach Tragl 1999, S. 152). Doch nicht nur die nachlassende Sensibilität der Osmorezeptoren, sondern auch die verminderte Empfindlichkeit der Barorezeptoren ist verantwortlich für das schwächer werdende Durstgefühl. Hätten sie im Alter noch die gleiche Funktionsfähigkeit wie bei einem jüngeren Menschen, würden sie durch ihre Messungen des Blutvolumens, welches im Alter zurückgeht, ein Durstgefühl auslösen um das sinkende Blutvolumen zu regulieren. Da sie jedoch nicht mehr so empfindlich reagieren, setzt dieser Mechanismus nicht ein und auch die Druckregulation findet nicht mehr ausreichend statt (Gribbin, Phillips zit. nach Tragl 1999, S.152).

Eine der größten Rollen bezüglich Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter spielt die Niere. Sie ist ein Organ, das sozusagen mit dem Menschen mitaltert und einigen Veränderungen unterliegt.

Mit dem Alter verliert die Niere durch Atrophie an Größe und Gewicht, wodurch sie mit der Zeit nicht mehr 250g sondern 180g wiegt. Von der Gewichtsabnahme ist hier hauptsächlich die Nierenrinde betroffen (Trögner, Sieber 2006 IN Günnewig, Erbguth S. 44, McLachlan zit. nach Tragl 1999, S. 128). Gleichzeitig kommt es zu einem Rückgang der Nephrone und Glomeruli (Choudhury u. Levi zit. nach Böhm, Jockenhöver et al. 2004,

S. 198). Die Glomeruli unterliegen zudem einer Sklerosierung, wodurch sich die Blutgefäße stärker winden. Die Atrophie und die Veränderungen der Blutgefäße sind dafür verantwortlich, dass der renale Blutfluss um die Hälfte sinkt und die Durchblutung der Niere, zugunsten des Nierenmarks, verändert wird (Trögner, Sieber 2006 | N Günnewig, Erbguth S. 44, McLachlan, Lonergan zit. nach Tragl 1999, S. 128).

Einerseits kommt es nun durch die Zunahme von mesangialen Zellen zu einer Verdickung der glomerulären und tubulären Basalmembran, andererseits nehmen die epithelialen Zellen ab was zu einer Senkung der glomerulären Filtrationsrate (GFR) führt (Lonergan zit. nach Tragl 1999, S. 128). Beim jungen Menschen beträgt die glomeruläre Filtrationsrate ca. 100-140 ml/min. wohingegen sie bei älteren Menschen ab dem 45. Lebensjahr kontinuierlich bis auf 60-100 ml/min. abnimmt. Um die glomeruläre Filtrationsrate beziehungsweise die Nierenfunktion zu bestimmen, wird die Kreatinin-Clearance als Maß verwendet. (Herdegen, Ley 2006 IN Deuschl, Reichmann, S. 276). Im Normalfall wird die Kreatinin-Clearance durch die Messung von Kreatinin im 24-Stunden Urin und im Serum bestimmt. Da aber im Alter auch die Nierenveränderungen berücksichtigt werden müssen, wird eine sogenannte alterskorrigierte Schätzung durchgeführt. Sie erfolgt über die Serum-Kreatinin-Konzentration. Wichtig ist dabei zu wissen, dass die Abnahme der glomerulären Filtrationsrate nicht mit einer Erhöhung der Kreatininkonzentration im Serum einhergeht. Genau das Gegenteil ist hier nämlich der Fall. Die Quelle von Kreatinin ist die Muskelmasse. Da diese im Alter schwindet, sinkt auch die Kreatininkonzentration. Bei der Messung der Serum-Kreatinin-Konzentration bei älteren Patienten/Patientinnen ist deshalb zu beachten, dass aufgrund des altersbedingten Sinkens des Kreatinins ein für einen erwachsenen Menschen normaler Serum-Kreatininwert nicht bedeuten muss, dass die Nierenfunktion in Ordnung ist. Es ist sogar ein Zeichen dafür, dass die Niere massive Funktionseinschränkungen erlitten hat (Fröhlich 2005 In Wehling S. 644).

Die Abnahme der glomerulären Filtrationsrate hat zudem einen negativen Einfluss auf die Konzentrierung und Verdünnung des Harns (Crowe zit. nach Tragl 1999, S. 152). Die Funktion der Harnkonzentrierung und -verdünnung steht aber auch in engem Zusammenhang mit dem antidiuretischen Hormon (ADH). Bei älteren Menschen kommt es zu einer Erhöhung der basalen ADH-Sekretion. Die Auswirkungen können unterschiedlich sein. Bei den meisten älteren Personen spricht die Niere nicht mehr gut auf ADH an. Diese Menschen leiden dadurch oft an einer Dehydratation mit einer Hypernatriämie. Es kann aber auch dazu kommen, dass die vermehrte Sekretion von ADH zu einem Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion (SIDAH) oder auch Schwarz-Bartter-Syndrom genannt, führen kann. Durch dieses Syndrom kommt es zu einer vermehrten Wasserretention mit

der Folge einer Hyponatriämie. Ursachen für eine Entstehung des SIDAH können endokriner, pulmonaler oder postoperativer Natur sein, die Einnahme von speziellen Pharmaka, Tumore und Beeinträchtigungen des zentralen Nervensystems (Miller zit. nach Crozier 2010 IN Graf, Sinner et al., S. 234-235).

8.2.2 Änderung der Lebensumstände

Die Lebensumstände, die auf das Trinkverhalten und somit auch auf den Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt Einfluss nehmen können, sind vielfältig. Die Hauptfaktoren liegen jedoch bei jeglichen Formen von Isolation. Diese kann aus sozialen Gründen, aber auch durch Krankheit, körperliches Gebrechen und die daraus resultierende Immobilität entstehen oder die Folge von Altersdemenz sein (Tragl 1999, S. 153).

Ein gutes Beispiel dafür ist das verminderte Durstgefühl, welches nicht nur von physiologischen Veränderungen beeinflusst wird. Auch die mangelnde Gewohnheit, ausreichend zu trinken ist ein Grund dafür. Zudem kommt noch die Angst, die ältere Menschen oft haben, in der Nacht mehrmals auf die Toilette gehen zu müssen oder inkontinent zu werden. Bei Menschen die bereits an Inkontinenz leiden kommt es auch vor, dass sie bewusst ihre Flüssigkeitszufuhr verringern um die Urinmenge zu reduzieren. Aber auch Krankheit und Behinderungen, durch die Menschen nicht selbstständig in der Lage sind, zu trinken und dazu Hilfe benötigen, können eine Ursache für unzureichende Flüssigkeitszufuhr sein (Biedermann 2004, S. 42).

Es müssen aber auch die Denkweisen und Gewohnheiten beachtet werden, die sich von Generation zu Generation verändert haben. So war zum einen das Wissen über Ernährung und körperliche Gesundheit in früheren Zeiten nicht so verbreitet wie heute und auch in der Arbeitswelt wurde dem ausreichendem Trinken nur wenig Beachtung geschenkt. Weiters haben sich auch die Ernährungsgewohnheiten mit der Zeit dahingehend verändert, dass heutzutage viel mehr Fertiggerichte, die versteckten Zucker und Salze enthalten, auf den Tisch kommen und in den Speisen im Vergleich zu früher viel mehr Gewürze verarbeitet werden, die wiederum zu einem höheren Wasserbedarf führen (Charlier 2007, S. 195).

8.2.3 Krankheiten

Auch Krankheiten spielen eine bedeutende Rolle wenn es um die Anfälligkeit von älteren Menschen für Flüssigkeits- und Elektrolytstörungen geht. So können zum Beispiel Diabetes mellitus, starkes Schwitzen, chronische Durchfälle und Erbrechen, Herzinsuffizienz, chronische obstruktive Lungenerkrankungen, chronische Infekte und fieberhafte Zustände oder auch Alkoholismus einen enormen Flüssigkeitsverlust verursachen, den der Körper älterer Menschen nicht mehr selbstständig ausgleichen kann (Tragl 1999, S. 153).

8.2.4 Iatrogene Ursachen

Iatrogene Ursachen für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes sind durch die Hand des Arztes, beziehungsweise durch diagnostische oder therapeutische Maßnahmen herbeigeführte Zustände. Eine neuere Definition für den Begriff iatrogen beruht auf drei Kriterien: dem Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung, der messbaren Behinderung und der fehlenden Absicht. Laut dieser Definition wird unter dem Begriff widriges Ereignis eine eindeutig beschreibbare Schädigung verstanden *„die wenigstens teilweise auf medizinisches Management zurückzuführen ist (Kausalität), deren daraus resultierende Behinderung/funktionelle Einschränkung (disability) zur Verlängerung des Krankenhausaufenthaltes oder eingeschränkter Funktion zum Zeitpunkt der Entlassung aus dem Krankenhaus führt, die unbeabsichtigt ist (fehlende Intention).“* (Von Renteln-Kruse 2004 IN Von Renteln-Kruse, S.67).

Bei der Behandlung älterer Menschen mit Medikamenten sollten immer die spezifischen Veränderungen und die daraus folgende Pharmakokinetik und Pharmakodynamik beachtet werden (Mühlberg, Sieber 2006 IN Günnewig, Erbguth, S. 49).

So hat zum Beispiel die Abnahme des Gesamtkörperwassers und die Zunahme des Körperfettes im Alter schon große Auswirkungen auf das Verteilungsvolumen von Medikamenten. Durch die Reduzierung des Wasseranteils im Körper können sich Substanzen nicht mehr so gut in den Flüssigkeitskompartimenten verteilen. Dies kann bei einer Dosis, die bei einem jüngeren Menschen ihre normale Wirkung erzielt, bei einem alten Menschen zu einer maximalen Plasmakonzentration führen. Im Gegenteil dazu ist das Verteilungsvolumen von lipophilen Substanzen durch den erhöhten Fettanteil größer, wodurch hier die Plasmakonzentration niedriger und die Halbwertszeit länger ist (Herdegen, Ley 2006 IN Deuschl, Reichmann, S. 272).

Möglicher Einflussfaktor beim älteren Patienten	Konsequenz für Arzneimittelbehandlung
■ Eingeschränkte Nierenfunktion ^{a, b}	Verringerte renale Clearance, Risiko für toxische Arzneimittelkonzentration
■ Verlangsamte oder eingeschränkte Regulation des Wasser- und Elektrolythaushalts,	Risiko sowohl für Überwässerung als auch für Exsikkose (verstärkt durch nicht angepasste Medikamentenbehandlung)
■ Vermindertes Durstempfinden	Risiko für Exsikkose (verstärkt durch nicht angepasste Medikamentenbehandlung)
■ Schlechter Ernährungszustand, niedriges Körpergewicht Eingeschränkte Leberfunktion	Risiko für Überdosierung Verringerte hepatische Clearance, Risiko für toxische Arzneimittelkonzentration
■ Multimorbidität (Mehrfacherkrankung)	Risiko für absolute oder relative Kontraindikationen, Risiko für schwerwiegende unerwünschte Wirkungen
■ Begleitmedikation	Risiko für pharmakokinetische und pharmakodynamische Wechselwirkungen
■ Multimedikation (≥ 5 Arzneimittel)	Risiken für unerwünschte Wirkungen, Wechselwirkungen, Medikationsfehler und Noncompliance
■ Funktionelle Beeinträchtigungen: z. B. Gedächtnis, Sehen, Hören, Händigkeit, beginnende Demenz	Risiko für Medikationsfehler und/oder Noncompliance, dadurch Risiko sowohl für unerwünschte Wirkungen als auch für ausbleibende Wirkungen („Therapieversagen“)

Abbildung 4: Einflussfaktoren für die Arzneimittelbehandlung älterer Patienten/
Patientinnen (Von Renteln-Kruse 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 72)

Die relevanteste altersbedingte Veränderung für die Medikation ist die eingeschränkte Nierenfunktion. Da fast die Hälfte der Medikamente über die Niere ausgeschieden wird, ist die Einschätzung der Nierenfunktion bei einer Behandlung von großer Bedeutung (Wehling, Burkhard 2010, S. 20).

Die Hauptursache für die Häufigkeit von iatrogenen Ursachen für Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes sind Arzneistoffe, die direkt auf die Diurese oder den Elektrolytstoffwechsel einwirken (Data zit. nach Tragl 1999, S. 153). Diuretika hemmen die tubuläre Resorption von Elektrolyten, die osmotisches Wasser binden. Dadurch kommt es nicht nur zu einer verringerten Elektrolyt resorption, sondern auch zur vermehrten Ausscheidung von Flüssigkeit (Greven, Von Knobloch et al. 2007 IN Estler, Schmidt, S. 550). Die Einnahme von Medikamenten mit diuretischer Wirkung kann zu einem verstärkten Flüssigkeitsverlust bis hin zur Exsikkose führen. Aber auch Natrium- und

Kaliumverluste sind die Folge. Andererseits können kaliumsparende Diuretika und ACE-Hemmer, besonders bei der Einnahme beider Medikamente zur selben Zeit, einen Kaliumüberschuss auslösen (Data zit. nach Tragl 1999, S. 153).

Auch nicht-steroidale Antirheumatika haben eine negative Wirkung auf den Wasser- und Elektrolythaushalt. Da sie nicht nur eine COX-2-, sondern auch eine COX-1-Hemmung auslösen und diese zusätzliche Hemmung auf die Bildung von vasodilatierenden Prostaglandinen im Nierennepithel einwirkt, kann es zu einer Abnahme der glomerulären Filtration, einer Natrium- und Wasserretention und einer Hyperkaliämie kommen (Kuhlmann 2008 IN Kuhlmann, Walb et al., S. 125).

Weitere Arzneimittel, die eine Störung im Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt verursachen können, sind unter anderem Clofibrate, Chlorpropamid, Cyclophosphamid und einige psychotrope Arzneimittel. Sie alle lösen das Syndrom des unangemessenen Anstiegs des antidiuretischen Hormons, kurz SIDA, aus (Weissmann, Chohen zit. nach Tragl 1999, S. 154).

Zudem können auch Therapien wie der Flüssigkeitsersatz negative Folgen für Patienten/Patientinnen haben. Die Verabreichung von zu großen Mengen an Infusionen führt zu einer Überwässerung des Körpers und einer kardialen Dekompensation (Tragl 1999, S. 154).

9. Die häufigsten Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes im Alter

Die verschiedenen Veränderungen, die der Mensch im Alter durchlebt, und die bereits im vorherigen Kapitel genau dargestellt wurden, sind nun ausschlaggebend dafür, dass Menschen im hohen Alter häufiger unter Wasser- und Elektrolytstörungen leiden.

Besonders die Dehydratation, Überwässerung, Hyper- und Hyponatriämie sind im Alter in den unterschiedlichsten Kombinationsformen sehr oft vorzufinden. Verwirrtheit, Adynamie, Obstipation, Stürze, Nierenversagen und im schlimmsten Fall der Tod sind die charakteristischen Folgen dieser Störungen (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 155).

Da bereits im Kapitel 7 die einzelnen Störungen detailliert erklärt wurden, sind hier nur ein paar Eckdaten zu den häufigsten Störungen im Alter angeführt:

9.1 Exsikkose

Die Exsikkose oder auch Flüssigkeitsmangel ist die mit Abstand häufigste Störung des Flüssigkeitshaushalts, die im Alter eintritt. Sie wird durch zu geringe Flüssigkeitszufuhr,

oder hohe Flüssigkeitsverluste über den Magen-Darm-Trakt, die Niere, die Haut und die Atmung ausgelöst (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 156).

Die Anzeichen einer Exsikkose können eine trockene Zunge, erniedrigter Hautturgor, trockene Mundschleimhäute, Sprechschwierigkeiten, tonlose und heißere Stimme und eine fehlende Halsvenenfüllung im Liegen sein. In schweren Fällen kann es auch zu einer arteriellen oder orthostatischen Hypotonie, Tachykardie, Verwirrtheit, Nierenversagen, Oligurie oder Anurie kommen.

Die meisten dieser Anzeichen sind jedoch, besonders bei älteren Menschen, nicht eindeutig der Exsikkose zuzuordnen, da sie zum Beispiel auch durch die Einnahme von Medikamenten oder deren Nebenwirkungen entstehen können. Aus diesem Grund ist es wichtig, den Patienten/die Patientin im Ganzen zu sehen und erst in der Zusammenschau aller Merkmale die Diagnose zu stellen (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 156).

9.2 Dehydratation

Abhängig davon ob Wasser, Elektrolyte oder andere osmotisch wirksame Substanzen in großen Mengen verloren gehen, kommt es zu einer isotonen, hypotonen oder hypertonen Dehydratation. Natrium spielt bei einer Dehydratation aufgrund seines mengenmäßig großen Vorkommens im Extrazellulärraum eine wichtige Rolle. Da der Wasser- und Natriumhaushalt so eng miteinander verbunden sind, kommt es auch häufig zu einer Dehydratation mit gleichzeitiger Hyponatriämie was am häufigsten bei Fieber der Fall ist (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 157).

9.3 Hyponatriämie

Die Hyponatriämie ist eine häufige Begleiterscheinung von zahlreichen Erkrankungen die im Alter auftreten. Dazu zählen eine dekompensierte Herzinsuffizienz, chronische Niereninsuffizienz, Diarrhö, Diuretikagabe, das Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion sowie Gluko- und Mineralkortikoidmangel.

Die Neuerkrankungsrate dieser Elektrolytstörung liegt bei Pflegeheimbewohnern/ Pflegeheimbewohnerinnen bei 50%. In extremen Fällen, bei denen innerhalb von 48 Stunden die Natriumkonzentration unter 120 mmol/l sinkt, kann auch die Sterberate auf bis zu 50% ansteigen (Dieckmann 2004 IN Von Renteln-Kruse, S. 159).

10. Ausreichend Trinken im Alter

Älteren Menschen fällt es in der Regel aus verschiedenen Gründen schwer, über den Tag hinweg genügend zu trinken um ihren Flüssigkeitsbedarf zu decken. Ein großes Problem stellt hier besonders das verminderte Durstempfinden dar, wodurch betagte Menschen das Trinken häufig auch einfach vergessen (Niemann, Schneider et al. 2009, S. 69). Vor allem im Sommer, bei steigenden Temperaturen und bei Krankheiten ist es wichtig, den Verlust von Wasser durch ausreichendes Trinken schnell wieder auszugleichen um Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt zu vermeiden.

Generell gilt ab dem 65. Lebensjahr die Empfehlung einer Flüssigkeitszufuhr von ca. 2,3 Liter pro Tag. Davon werden ungefähr ein Drittel über Nahrung wie Obst, Gemüse, Salate, Milchprodukte etc. aufgenommen. Die restlichen 1,5 Liter sollten dem Körper in Form von Getränken zugeführt werden. Falls es zusätzlich zu einem vermehrten Verlust von Flüssigkeit kommt, wie zum Beispiel durch Hitze, körperliche Aktivität oder Krankheit, ist es notwendig, auch die Zufuhr von Wasser darauf auszurichten und gegebenenfalls mehr zu trinken (Lotzgesell 2008 IN Van den Berg, Wulf, S.30).

Auch die Einnahme von entwässernden Medikamenten ist nicht zu vergessen, da auch hier eine Anpassung der Flüssigkeitszufuhr vorgenommen werden sollte (Niemann, Schneider et al. 2009, S. 70). In Fällen von Krankheiten, die die Wasserausscheidung behindern, ist es natürlich notwendig, die Zufuhr von Wasser zu verringern. Dabei sollte jedoch zur Sicherheit ein Arzt konsultiert werden, um die richtige Trinkmenge zu bestimmen (Lotzgesell 2008 IN Van den Berg, Wulf, S.30).

Damit das ausreichende Trinken nicht vergessen wird, gibt es kleine Tricks um sich daran zu erinnern. Ein Trinkprotokoll wäre eine solche Möglichkeit. Darin sollten die Uhrzeit und die getrunkene Menge eingeschrieben werden um schnell zu erkennen, ob über den Tag hinweg genügend getrunken wurde oder ob ein Defizit vorhanden ist (Niemann, Schneider et al. 2009, S. 70). Bei pflegebedürftigen Personen ist es auch ratsam, gemeinsam mit den Angehörigen Strategien zu entwickeln, die den Betroffenen/die Betroffene an das Trinken erinnern (Gnam, Rolf 2007 IN Köther, S. 169).

11. Zum Trinken animieren- Empfehlungen und Maßnahmen

Damit ältere Menschen genügend trinken, müssen sie meist dazu animiert werden. In Pflegeheimen übernehmen dies die Küche und die Pflege. Oft gelingt die Stimulation zum Trinken schon durch Kleinigkeiten wie tags als auch nachts ausreichend Wasser oder koffeinfreien Tee bereit zu stellen. Auch das Geräusch des Einschenkens kann zum Trinken verleiten, darum sollte darauf geachtet werden, dass ältere Menschen bei dem

Befüllen von Gläsern anwesend sind (Biedermann, Hoffmann 2005, S. 141). Zudem ist es hilfreich, wenn Getränke möglichst immer in Reichweite stehen und auch Erinnerungen und geduldige Aufforderungen zum Trinken erfolgen (Volkert, Sieber 2011 IN Löser, S. 263). Auch durch verlockende Düfte können Menschen angeregt werden. Das Kochen von frischem Kaffee oder Tee mit duftenden Kräutern direkt auf der Station kann nicht nur zum Trinken anregen, sondern auch zum Beisammensein und erzeugt gleichzeitig ein Gefühl, zuhause zu sein (Biedermann 2004, S. 44, Biedermann, Hoffmann 2005, S. 141). Die Stimulierung kann aber auch durch visuelle Reize, wie durch das Pressen von frischen Fruchtsäften, erfolgen. Zusätzlich ermöglicht eine Nummerierung von Bechern einen Überblick über die Trinkmenge (Biedermann 2004, S. 44). Einige ältere Menschen trinken auch weniger, weil sie Angst davor haben, sich zu verschlucken, da sie dieses Gefühl als unangenehm empfinden. Dieses Problem kann zum Beispiel durch das Andicken von Flüssigkeiten durch Maisstärke behoben werden. Auch persönliche Vorlieben sollten nicht in Vergessenheit geraten. Die Berücksichtigung von unterschiedlichen Geschmäckern und die Bereitstellung darauf abgestimmter Getränke können einen positiven Einfluss auf die Flüssigkeitsaufnahme haben (Niemann, Schneider et al. 2009, S. 71). Bei allen diesen Maßnahmen ist jedoch darauf zu achten, dass die Getränke wie auch die Nahrung unübersehbar, für die Menschen erkennbar und auf ihre speziellen Bedürfnisse abgestimmt sein müssen (Biedermann 2004, S. 44).

12. Diskussion

Der Wasser- und Elektrolythaushalt ist eines der wichtigsten und lebensnotwendigsten Systeme unseres Körpers. Wie wichtig ausreichendes Trinken ist, gerät bei vielen Menschen oftmals in Vergessenheit. Erst wenn erste Symptome von Störungen auftreten wird einem diese Tatsache wieder bewusst. Besonders bei älteren Menschen wird deutlich, wie häufig und schwerwiegend die Auswirkungen von Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt sein können. Dabei muss einem aber auch bewusst sein, dass der Wasser- und Elektrolythaushalt von Personen höheren Lebensalters auch durch physiologische Veränderungen sowie durch veränderte Lebensumstände, Krankheiten und iatrogene Ursachen beeinflusst wird und dadurch häufiger Störungen zustanden kommen. So wird die Nierenfunktion durch altersbedingte Veränderungen eingeschränkt. Die Niere wird kleiner, verliert an Gewicht und auch die Zahl an Nephronen wird geringer. Zudem wird ihre glomeruläre Filtrationsrate im Alter stark reduziert, was wiederum Einfluss auf die Konzentrations- und Verdünnungsfähigkeit des Harns hat. Weiters wird die ADH-Ausschüttung mit dem Alter verstärkt, die Ansprechbarkeit der Niere darauf wird bei den

meisten Menschen jedoch geringer. Dies hat auch Einfluss auf das Durstgefühl, das mit dem Alter stark vermindert wird. Osmorezeptoren, die eigentlich dafür sorgen, dass die ADH-Sekretion einsetzt und dadurch ein Durstgefühl ausgelöst wird, um entstandene Wasserverluste auszugleichen, verlieren an Empfindlichkeit. In seltenen Fällen reagieren ältere Menschen jedoch auch auf die vermehrte ADH-Ausschüttung und es kann zum SIDAH (Syndrom der inadäquaten ADH-Sekretion) kommen, welches meist für die Verursachung einer Hyponatriämie verantwortlich ist.

Außerdem kommt es im Alter zu zahlreichen Erkrankungen wie starkem Erbrechen, Fieber, Diarrhö und noch vielen mehr, die große Verluste im Wasser- und Elektrolythaushalt bewirken können. Und auch die Behandlungen altersbedingter Erkrankungen mit Medikamenten können Grund für eine höhere Anfälligkeit für Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt sein. Die unangemessene Anpassung von Arzneimitteln auf die altersbedingten Veränderungen und auch Medikamente die direkt in den Wasser- und Elektrolythaushalt eingreifen, können zu massiven Verlusten, aber auch zu Überschüssen von Wasser und Elektrolyten führen.

Im Zusammenhang mit der Flüssigkeitszufuhr sind auch veränderte Lebensumstände im Alter nicht zu vergessen. Durch Isolation, Angst vor Inkontinenz oder andere Denk- und Verhaltensweisen von älteren Menschen kann es zu einer unzureichenden Flüssigkeitszufuhr und in Folge zu einer Dehydratation oder anderen Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes kommen.

All diese Umstände und Veränderungen müssen in der heutigen Zeit von Angehörigen, besonders aber von Pflegepersonen verstanden und berücksichtigt werden, um Methoden zu entwickeln, die zukünftig Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes bei älteren Menschen reduzieren und im besten Fall verhindern.

13. Ausblick

Da durch den demographischen Wandel und die immer höhere Lebenserwartung das Problem der häufigen Wasser- und Elektrolytstörungen älterer Menschen besonders in der Pflege an Bedeutung zunimmt, gibt es in der Literatur bereits viele Kenntnisse, warum gerade im Alter solche Störungen so verbreitet sind und wodurch sie entstehen. Auch eventuelle Lösungsmöglichkeiten und Maßnahmen zur Vorbeugung solcher Störungen sind bereits in der Pflege verbreitet.

Im Hinblick auf die Zukunft und die immer stärker werdende Nachfrage in der Altenpflege ist es sicher notwendig, genauere Forschungen anzustellen und wirksame Methoden zu

entwickeln um die hohe Anzahl von Wasser- und Elektrolytstörungen im Alter zu reduzieren.

Literaturverzeichnis

Arens-Azevedo U., Behr-Völtzer C. (2002) Lehrbuch Altenpflege: Ernährung im Alter. Vincentz, Hannover.

Andreae S., Von Hayek D., Weniger J. (2006) Altenpflege professionell: Krankheitslehre. 2. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Behrens B.C., Bischofberger J., Deutzmann R., Ehmke H., Frings S., Grissmer S., Hoth M., Kurtz A., Leipziger J., Müller F., Pedain C., Rettig J., Wagner C., Wischmeyer E. (2012) Duale Reihe Physiologie. 2. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Biedermann M. (2004) Essen als basale Stimulation. Vincentz Network, Hannover.

Biedermann M., Hoffmann A. (2005) Der Heimkoch: Esskultur im Heim. Vincentz Network, Hannover.

Bob A., Bob K. (2009) Duale Reihe Innere Medizin. 2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Böhm M., Jockenhöver F., Weidner W. (2004) Männersprechstunde: Das Praxishandbuch zu Beratung, Prävention und Therapie. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Buddecke E., Fischer M. (1992) Pathophysiologie Pathobiochemie Klinische Chemie. Walter de Gruyter & Co, Berlin.

Charlier S. (2007) Soziale Gerontologie: Altenpflege professionell. Georg Thieme, Stuttgart.

Crozier T.A. (2010) Endokrine Erkrankungen IN Graf B.M., Sinner B., Zink W. (2010) Anästhesie bei alten Menschen. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Deetjen P., Boylan J.W., Kramer K. (1976) Niere und Wasserhaushalt. 3. Auflage, Urban & Schwarz, München – Berlin – Wien.

Dieckmann P. (2004) Flüssigkeitshaushalt und Exsikkose IN: Von Renteln-Kruse W. (2004) Medizin des Alterns und des alten Menschen. Steinkopf, Darmstadt.

Emminger H. (2005) Physikum EXAKT. 4. überarbeitete und aktualisierte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Faller A., Schünke M. (2008) Der Körper des Menschen: Einführung in Bau und Funktion. 15. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Fröhlich J.C. (2005) Besonderheiten der Pharmakotherapie bei geriatrischen Patienten und bei Kindern IN: Wehling M. (2005) Klinische Pharmakologie. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Gerok W., Huber C., Meinertz T., Zeidler H. (2007) Die Innere Medizin: Referenzwerk für den Facharzt. 11. Auflage, Schattauer GmbH, Stuttgart.

Gnamm E., Rolf H. (2007) Essen und trinken können IN: Köther I. (2007) THIEMES Altenpflege. 2. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Götsch K. (2007) Allgemeine und Spezielle Krankheitslehre. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Greve J., Von Knobloch R., Lübbecke F. (2007) Pharmaka mit Einfluss auf die Niere, den Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt. IN Estler C.J., Schmidt H. (2007) Pharmakologie und Toxikologie: Für Studium und Praxis. Schattauer GmbH, Stuttgart.

Herdegen T., Ley I. (2006) Neuropharmakologie des alten Menschen IN: Deuschl G. Reichmann H. (2006) Gerontoneurologie. Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Herold G. (2011) Innere Medizin: Eine vorlesungsorientierte Darstellung. Gerd Herold, Köln.

Heseker H. (2011) Referenzwerte für die tägliche Nahrungsaufnahme - Makro- und Mikronährstoffe IN: Löser C. (2011) Unter- und Mangelernährung: Klinik-moderne Therapiestrategien- Budgetrelevanz. 1. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Horn F. (2012) Biochemie des Menschen: Das Lehrbuch für das Medizinstudium. 5. Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Huppelsberg J., Walter K. (2009) Kurzlehrbuch Physiologie. 3. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Kirschnick O. (2010) Pflegetechniken von A-Z. 4. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Kuhlmann U. (2008) Nierenbeteiligung an Systemerkrankungen IN: Kuhlmann U., Walb D., Böhler D., Luft F.C. (2008) Nephrologie: Pathophysiologie – Klinik – Nierenersatzverfahren. 5. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Lang F., Lang P. (2007). Basiswissen Physiologie. 2. Auflage, Springer, Heidelberg.

Lang F., Deetjen P., Reissigl H. (1984) Handbuch der Infusionstherapie und klinischen Ernährung. Band 1. Wasser- und Elektrolythaushalt – Physiologie und Pathophysiologie, Karger, Basel, München, Paris, London, New York, Tokyo, Sydney.

Lauber A., Schmalstieg P. (2012) Wahrnehmen und Beobachten: verstehen & pflegen 2. 3. aktualisierte Auflage, Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Lotzgesell M. (2008) Psychische, soziale und emotionale Veränderungen und ihre altersspezifischen Wechselwirkungen in körperlichen Symptomen IN: Van den Bert F., Wulf D. (2008) Angewandte Physiologie 6: Alterungsprozesse und das Alter verstehen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Menche N. (2011) Pflege Heute. 5. Auflage, Urban & Fischer, München.

Morath C., Ritz E. (2010) Elektrolyt- und Wasserhaushalt IN: Greten H., Rinninger F., Greten T. (2010) Innere Medizin. 13. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Morlion B. J. (2010) Wasser, Elektrolyte und Säure-Basen-Haushalt IN: Biesalski H.K., Bischoff S.C., Puchstein C. (2010) Ernährungsmedizin: Nach dem neuen Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. 4. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Mühlberg W., Sieber C. (2006) Besonderheiten der Pharmakotherapie im Alter IN: Günnewig T., Erbguth F. (2006) Praktische Neurogeriatrie: Grundlagen-Diagnostik-Therapie-Sozialmedizin. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.

Niemann K., Schneider S., Lendt C. (2009) Gesund im Alter: Richtig vorsorgen, länger fit bleiben. Beuth Verlag GmbH, Berlin, Wien, Zürich.

Piper S. N. (2008) Störungen im Wasser- und Elektrolythaushalt IN: Scholz J., Sefrin P., Böttiger B.W., Döriges V., Wenzel V. (2008) Notfallmedizin. 2. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Piper W. (2007) Innere Medizin. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Reimund H., Reimund H. (1994) Das Alter: Einführung in die Gerontologie. 3. neu bearbeitete Auflage, Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

Rolf H. (2007) Injektion und Infusion IN: Köther I. (2007) THIEMEs Altenpflege. 2. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Schewior-Popp S., Sitzmann F., Ullrich L. (2009) Thiemes Pflege: Das Lehrbuch für Pflegenden in Ausbildung. 11. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart, New York.

Schmidt R.F., Lang F., Thews G. (2005) Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. 29. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Schneemann H., Wurm G. (1995) Hagers Handbuch der pharmazeutischen Praxis: Waren und Dienste. Springer, Berlin, Heidelberg.

Schwegler S., Lucius R. (2011) Der Mensch: Anatomie und Physiologie. 5. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Siems W., Bremer A., Przyklenk J. (2009) Allgemeine Krankheitslehre für Physiotherapeuten. Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Silbernagel S., Despopoulos A. (2007) Taschenatlas Physiologie. 7. Auflage, Georg Thieme Verlag KG, Stuttgart.

Spornitz U. M. (2004) Anatomie und Physiologie: Lehrbuch und Atlas für Pflege- und Gesundheitsberufe. 4. Auflage, Springer, Heidelberg.

Thews G., Vaupel P. (2005) Vegetative Physiologie. 5. Auflage, Springer Medizin Verlag, Heidelberg.

Tragl K.H. (1999) Handbuch der Internistischen Geriatrie. Springer- Verlag, Wien, New York.

Trögner J., Sieber C. (2006) Physiologische Veränderungen im Alter IN: Günnewig T., Erbguth F. (2006) Praktische Neurogeriatrie: Grundlagen-Diagnostik-Therapie-Sozialmedizin. Kohlhammer GmbH, Stuttgart.

Truniger B., Richards P. (1985) Wasser- und Elektrolythaushalt: Diagnostik und Therapie. 5. Auflage, George Thieme, Stuttgart, New York.

Volkert D. (2010) Ernährung im Alter IN: Biesalski H.K., Bischoff S.C., Puchstein C. (2010) Ernährungsmedizin: Nach dem neuen Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. 4. Auflage, Georg Thieme, Stuttgart.

Volkert D., Sieber C.Chr. (2011) Geriatrie, Altenpflege IN: Löser C. (2011) Unter- und Mangelernährung: Klinik- moderne Therapiestrategien- Budgetrelevanz. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

Von Renteln-Kruse W. (2004) Iatrogene Störungen IN: Von Renteln-Kruse W. (2004) Medizin des Alterns und des alten Menschen. Steinkopf, Darmstadt.

Wehling M., Burkhardt H. (2010) Arzneitherapie für Ältere. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.

Internetquelle:

(<http://flexikon.doccheck.com/de/Wasserhaushalt>, 08.10.2012)