

Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Science
Fachbereich Ökotrophologie

KOFFEIN UND DIURESE

- DIPLOMARBEIT -

vorgelegt am 18. August 2004

von
Nikola Hägele



Referent: Prof. Dr. Michael Hamm
Co - Referentin: Prof. Dr. Christine Behr – Völtzer

1.0 Zusammenfassung	8
2.0 Abstract	9
3.0 Einleitung	10
4.0 Allgemeines zu Koffein	11
4.1 Verbrauchereinstellung zu koffeinhaltigen Lebensmitteln	11
4.2 Geschichtliches	12
4.3 Wirkung von Koffein	14
4.3.1 Chemischer Aufbau	14
4.3.2 Wirkung auf den Organismus	15
4.3.3 „Nimm dir Zeit für die siebringende Tasse Kaffee“ – Koffein und körperliche Leistung	17
4.3.4 Muskel	17
4.3.5 Niere	18
5.0 Hintergrundinformation zur Hydration	20
5.1 Art der Studie	20
5.2 Wasserbilanz	20
5.3 Wasserabgabe	20
5.4 Wasseraufnahme	21
5.5 Dehydration	22
5.6 Körpergewicht	23
5.7 Urin	23
5.8 Blut	23
5.9 Bioelektrische Impedanz	24
5.10 Flüssigkeitsbedarf und die Empfehlungen	24
5.11 Wasserquellen	25
5.12 Aussicht	26
6.0 Studie „Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis“	27
6.1 Studienaufbau	27

6.2 Bioelektrische Impedanzanalyse und Ermittlung des Körpergewichts	28
6.3 Statistik	28
6.4 Ergebnisse	28
6.5 Diurese und Wasserbilanz	29
6.6 Spezifisches Gewicht und pH-Wert	29
6.9 Wohlbefinden	30
6.10 Diskussion	30
7.0 Studie „The Effect of Caffeinated, Non-Caffeinated, Caloric and Non-Caloric Beverages on Hydration“	32
7.1 Studiendesign	32
7.2 Flüssigkeitsaufnahme	33
7.3 Diät	34
7.4 Urinproben	34
7.5 Blutproben	34
7.6 Statistik	34
7.7 Ergebnisse	34
7.7.1 Körpergewicht	34
7.7.2 Urinausscheidung	35
7.7.3 Analyse der Blutproben	35
7.7.4 Koffeingehalt	35
8.0 Studie „The Effect on Hydration of two Diets, One with and One without Plain Water“	38
8.1 Studiendesign	38
8.2 Flüssigkeitsbedarf	38
8.3 Getränke	38
8.4 Diät	40
8.5 Verfahren	40
8.6 Körpergewicht	41
8.7 Urinproben und Analyse	41

8.8 Statistik	41
8.9 Ergebnisse	42
8.9.1 Körpergewicht	42
8.9.2 Veränderungen im Urin	42
9.0 Studie „The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood“	44
9.1 Studiendesign	44
9.2 Methoden	44
9.3 Statistik	45
9.4 Ergebnisse	45
9.5 Diskussion	46
10.0 Studie „Caffeine, Body-Electrolyte Balance, and Exercise Performance“	48
10.1 Studienaufbau	48
10.2 Diuretika im Sport	48
10.3 Der diuretische Effekt von Koffein	49
10.4 Koffein und Elektrolytverluste im Urin	50
10.5 Fazit	50
11.0 Studie „Caffeine ingestion and fluid balance: a review“	52
11.1 Studienaufbau	52
11.2 Methoden	52
11.3 Ergebnisse	52
11.4 Koffeingehalt in verschiedenen Getränken	54
11.5 Bedeutung	55
12.0 Evidenzbasierte Medizin	56
13.0 Statistische Merkmale	60
14.0 Beurteilung der Studien	61
14.1 Beurteilung der Studie „Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis“	61
14.2 Beurteilung der Studie „The Effect of Caffeinated, Non-Caffeinated, Caloric and Non-Caloric Beverages on Hydration“	61

14.3 Beurteilung der Studie „The Effect on Hydration of Two Diets, One with and One without Plain Water”	62
14.4 Beurteilung der Studie „The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood“	63
14.5 Beurteilung der Studie „Caffeine, Body Fluid-Electrolyte Balance, and Exercise Performance.“	64
14.6 Beurteilung der Studie „Caffeine ingestion and fluid balance: a review“	65
<i>15.0 Gegenüberstellung der Studien</i>	66
<i>16.0 Fazit</i>	70
<i>17.0 Quellenverzeichnis</i>	71
<i>18.0 Eidesstattliche Erklärung</i>	75

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	„Koffeinanteile in Milligramm“	S. 12
Abbildung 2	„Chemische Darstellung von Koffein“	S. 14
Abbildung 3	„Fluid intake, fluid output, and fluid balance on control and coffee day“	S. 29
Abbildung 4	„Studienaufbau“	S. 33
Abbildung 5	„Schematic of study design and experimental protocol“	S. 41
Abbildung 6	„Impact of caffeine ingestion on urine flow“	S. 54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	„Classification of Dehydration“	S. 22
Tabelle 2	„Body weight and body composition of six males and six female at the end of control and coffee day and absolute changes“	S. 30
Tabelle 3	„Pre and post-treatment body weights“	S. 35
Tabelle 4	„Twenty-four hour urine volume and select indices by treatment“	S. 35
Tabelle 5	„Experimental diets“	S. 39

Tabelle 6	„Effect of experimental conditions on urinary measures of hydration after 24h“	S. 45
Tabelle 7	„Vergleich von Koffeingehalt und Urinvolumen“	S. 50
Tabelle 8	„Caffeine content of various commonly consumed beverages“	S. 54
Tabelle 9	„Gegenüberstellung der wichtigsten Ergebnisse“	S. 68

1.0 Zusammenfassung

Koffein wird aufgrund seiner anregenden Wirkung auf die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit von vielen im Alltag geschätzt. Die Liste der positiven Eigenschaften ist lang, doch eine Überdosierung führt zu Nervosität, Schlaflosigkeit bis hin zu Krämpfen. Gleichzeitig gilt Koffein als Diuretikum, dass nicht zu der täglichen Flüssigkeitsbilanz gezählt werden soll.

Seit Kurzem ist in der Presse, jedoch immer öfter zu lesen, dass koffeinhaltige Getränke doch zur Flüssigkeitsbilanz gezählt werden können.

Ziel dieser Diplomarbeit ist es daher, herauszufinden, ab welchen Mengen Koffein diuretisch wirkt und was für konkrete Empfehlungen sich daraus ableiten lassen.

Hierzu wurde eine Literaturrecherche, unter Verwendung von medizinischen Datenbanken wie „Medline“/„Pub Med“ oder der „Cochrane Library“ sowie der Suchmaschine „google“ durchgeführt. Bei der Auswahl der Studien wurde vor allem auf Aktualität geachtet. Eine kritische Bewertung der Studien erfolgte unter Berücksichtigung der Leitlinien der evidenzbasierten Medizin.

Ein Großteil der Studien hatte eine geringe Aussagekraft, aufgrund der mangelnden Qualität, z. B. waren die Teilnehmerzahlen sehr gering oder sie waren klinisch nicht sehr relevant. Es wurden oftmals die Ergebnisse sehr allgemein formuliert, woraus sich keine konkreten Empfehlungen ableiten ließen. Mögliche Probleme wurden oft nicht bedacht. Es besteht hier noch ein großer Bedarf an qualitätsvollen Studien, die evidenzbasierte Ergebnisse liefern.

Bei Studien, die eine diuretische Wirkung durch Koffein beobachteten, wurde im Vergleich zu denen das nicht der Fall war, einige Tage vor Studienbeginn die Koffeinaufnahme verboten.

Bei einer Koffeinaufnahme von weniger als 300 mg kommt es nicht zu einer Diurese. Diese Menge kann in Form von koffeinhaltigen Getränken u. ä. bedenkenlos täglich aufgenommen werden. Bei größeren Mengen kann es jedoch zu einer Diurese kommen. Gleichzeitig tritt bei regelmäßiger Koffeinaufnahme relativ schnell eine Toleranz gegenüber Koffein ein, was gleichzeitig die diuretische Wirkung schmälert. Die Niere wird zwar durch eine vermehrte Durchblutung und anderen Faktoren dazu angeregt, sich schneller zu entleeren, jedoch ist das Urinvolumen bei moderaten Mengen und regelmäßigem Kaffeekonsum nicht höher.

2.0 Abstract

Nowadays caffeine is appreciated for its physically and psychically activity in daily use. The positive effects are unnumerous but by addiction caffeine leads from restlessness, insomnia up to convulsions. But caffeine becomes known as is used as a diureticum that must not belonged to the daily water balance. But the opponent opinion spreads within the latest technical news.

The aim of this graduate work is to find the exact amount of Coffein that has a diuretic effect on the organismen and if it is possible to give some recommendations.

Therefore literary investigation was done by using the medicinal data banks 'Medline'/'Pub Med', 'Cochrane Library', and the 'google seeker'. The studies were choosen under the point of actuality. The critical enquiry was done by the rules of the 'evidence-based medicine'.

Most of the studies had no relevant results because of the poor quality i.e. some studies had too less participians or they were not made under clinical relevant guidelines. So it does not wonder that most of the expressions only mention general points which do not allow recommendations. Particular problems were not mentioned at all. There is an urgend need for further quality studies to get more knowlege of all related questions.

The participators of particular investigations on diuretical effects of caffeine were not allowed to enjoy caffeine a couple of days before the beginning.

No diuretical effect was noticed by consuming less than 300 mg of Coffein. This amount of Coffein is harmless in daily consumption of caffeinated beverages. Diuretical effects appear if more is consumed. But as soon as caffeine is consumed regulary the diuretical effects belittle much because of caffeine's tolerance.

The kidney is stimulated to empty more quickly by a faster bloodflow and other factors but otherwise the volume of the urin is same if caffeine's consumption is moderate and regulary.

3.0 Einleitung

Koffein ist schon seit Jahrhunderten aufgrund seiner anregenden Wirkung, die vor allem die Müdigkeit bekämpfen soll, in aller Welt geschätzt und beliebt. Aber auch bei Sportlern wird Koffein, aufgrund seiner leistungsfördernden Eigenschaften, eingesetzt. Bis vor Kurzem, galt ein Sportler, bei mehr als 12 µg/ml Koffein im Urin als gedopt. Erst seit Januar 2004 wurde Koffein vom „Internationalen Olympischen Komitee“ von der Dopingliste gestrichen.

Dabei kommt Koffein nicht nur in den „Klassikern“ Kaffee und Tee vor, sondern ist auch in Schokolade, Medikamenten und, neuerdings immer öfter, in sogenannten „Energydrinks“ enthalten.

Jedoch ist Koffein gleichzeitig, aufgrund seiner Wirkung auf den Organismus, sehr umstritten. Immer wieder werden mögliche gesundheitliche Schäden diskutiert. Einer dieser Diskussionspunkte ist die diuretische Wirkung von Koffein. Aus wissenschaftlicher Sicht galt bisher die Empfehlung, dass Koffein nicht zur Flüssigkeitsbilanz hinzugerechnet werden dürfe. Eventuell Koffein dem Organismus noch Flüssigkeit entzieht. Im Volksmund heisst es daher: „Trinke zu jeder Tasse Kaffee ein Glas Wasser“. Dabei wird tatsächlich von „eingefleischten“ Kaffeetrinkern, nach dem Genuss von Kaffee, von einem vermehrten Harndrang berichtet.

Gleichzeitig sind neuerdings immer mehr Meldungen in wissenschaftlicher Literatur sowie in der Laienpresse zu lesen, dass koffeinhaltige Getränke keine diuretische Wirkung besitzen.

Aufgrund dieser Thesen soll der Effekt von Koffein auf die Wasserbilanz untersucht werden. Hierzu wurde möglichst aktuelle Literatur zum Thema „Koffein und Diurese“ hinzugezogen, um daraus mögliche Grenzwerte und Empfehlungen abzuleiten.

4.0 Allgemeines zu Koffein

4.1 Verbrauchereinstellung zu koffeinhaltigen Lebensmitteln

Wenn man Lebensmittel benennen soll, die Koffein enthalten, wird man wohl zuerst an Kaffee denken. Mit einem Verbrauch von ca. 160 Litern im Jahr ist er eines der beliebtesten Getränke der Deutschen und liegt in seinem Absatz noch vor Mineralwasser, Bier und Fruchtsaft. Etwa 87% der Deutschen ab 15 Jahren trinken Kaffee. Am stärksten ist die Gruppe der 35 bis 54 Jährigen vertreten, von denen 92% Kaffee trinken. Im Durchschnitt werden in dieser Gruppe 3,5 Tassen pro Tag getrunken. Bei jüngeren Konsumenten geht der Trend zu den milchhaltigen Kaffeegetränken, wie z. B. Latte Macchiato. Mit Kaffee wird vor allem Genuss und „Energie“ beim Verbraucher verbunden, während mit dem Begriff Tee eher mit „Kultur“ bzw. „Lebensart“ oder auch Gesundheit (grüner Tee) assoziiert wird. Der Konsum von Tee liegt bei etwa 30 Litern pro Jahr mit steigender Tendenz.

Seit kurzem nehmen die „Energydrinks“ ein Segment der koffeinhaltigen Lebensmittel ein. Der Verbraucher erhofft sich damit, den nötigen „Kick“ oder „Energie“ fürs Leben zu erhalten. Allerdings können diese Getränke aufgrund ihres hohen Zuckergehaltes und damit auch hohen Kaloriengehaltes – 125 kcal pro 250-Milliliter-Dose – nicht empfohlen werden. Gleichzeitig konnte bisher kein leistungsfördernder Effekt wissenschaftlich nachgewiesen werden. Der Koffeingehalt einer 250-Milliliter-Dose entspricht dem einer Tasse Kaffee und liegt damit höher als bei einer Dose Cola. Da Energydrinks vor allem bei Kindern und Jugendlichen beliebt sind, sollte hier Vorsicht geboten sein, da sich ein übermäßiger Genuss von Koffein negativ auswirken kann (siehe Kapitel 4.3.2)

Weitere Lebensmittel, in denen Koffein enthalten ist, sind: Cola und Cola-Mixgetränke, Kakao, Schokolade und Schmerzmittel. Der Koffeingehalt der verschiedenen Lebensmittel ist in Abbildung 1 aufgelistet.¹

¹ Vgl. Deutscher Kaffeeverband e. V. Kaffee Digest 4 „Kaffee und Gesundheit“, 1996, S. 4

¹ Vgl. www.lifeline.de/cda/ci/text/show_print/0,1922,9935,00.html

¹ Vgl. www.ernaehrungs-umschau.de/suche/?id=463&print=true

¹ Vgl. www.agev-rosenheim.de/wissenswertes/ev/lm-nachfrage/kaffee.htm



Abbildung 1

Quelle: www.kaffeeverband.de/389.htm

4.2 Geschichtliches

Aus dem berühmten arabischen Manuskript über den Kaffeeverbrauch aus dem Jahre 1587 geht hervor, dass Kaffee schon Mitte des 15. Jahrhunderts in Arabien getrunken wurde. In einem anderen zeitgenössischen Bericht wird darauf hingewiesen, dass der Scheich Gemaleddin, Mufti zu Aden, schon 1454 in Jemen Kaffeekulturen anlegte, für die er Samen oder die ganze Pflanze aus den abessinischen Bergen holen ließ. Anfang des 17. Jahrhunderts kam der Kaffee zum ersten Mal nach Europa. 1624 traf in Venedig der erste größere Kaffeetransport ein und Hafenstädte wie London, Amsterdam, Marseille und Bremen/Hamburg entwickelten sich zu Zentren des Kaffeeverbrauchs. 1673 eröffnete das erste Kaffeehaus in Bremen und 1677 auch in Hamburg. Um 1850

war er endgültig zum Volksgetränk geworden. Wobei die Wohlhabenden ihn nur morgens und nachmittags tranken und er bei den ärmeren Schichten als eine Universalmahlzeit genutzt wurde. Er stand als Kaffeesuppe mit Brotbrocken den ganzen Tag auf dem Herd, was allerdings mehr darauf zurückzuführen ist, dass aufgrund der Industrialisierung und der allgemeinen Verarmung oft keine vollständigen und nahrhaften Mahlzeiten zubereitet werden konnten und der Kaffee das Hungergefühl dämpfte².

Eine der ältesten wissenschaftlichen Meldungen über die harntreibende Wirkung von Koffein stammt aus dem Jahre 1864 von KOSCHLA-KOFF. Bei zwei Patienten mit cardinalen Ödemen und chronischen Nierenleiden wurde nach wiederholter Koffeingabe eine gesteigerte Harnausscheidung und die Ausschwemmung der Ödeme beobachtet. Weiter stellte er fest, dass sich die Patienten sehr rasch an das Koffein gewöhnten und dass nach 14 Tagen der gleichen Behandlung die Harnmenge wieder zurückging und die Ödeme ihre ursprüngliche Form annahmen.

Die ersten experimentellen Untersuchungen wurden 1888 von SCHRÖDER an Kaninchen durchgeführt. Er beschrieb die Anregung der Niere durch Koffein, war sich aber unsicher, ob die Steigerung an den Glomerula oder in den Kanälchen stattfand. Dies war lange Zeit ein strittiger Punkt und die Meinungen gingen stark auseinander. 1895 wurde von SOBIERANSKI angenommen, dass die Resorptionsvorgänge in den Tubuli vermindert würden und es dadurch zu einer Eindickung in den Tubuli komme und die Filtration in den Glomerula zunehme. Diese Meinung wurde aber bald abgelehnt. LOEWI war 1905 der Meinung, dass eine koffeinbedingte Zunahme des Blutstroms durch die Niere Ursache der Diurese sei. CUSHNY (1917) meinte wiederum, dass die Diurese von der Herabsetzung des Filtrationswiderstandes an der Glomerulakapsel komme. Eine Antwort auf die Frage, welche der nacheinander geschalteten Mechanismen an der Harnreibung beteiligt sind und wodurch die diuretische Wirkung zu erklären ist, wurde erst viel später gefunden. Die Untersuchungen verlagerten sich mehr auf andere Methylxanthine und so wurden die prinzipiellen Mechanismen der glomerulären Filtration, der tubulären Rückresorption und Sekretion und der

² Vgl. www.kaffeeverband.de/393.htm

Harnkonzentrierung und -verdünnung erst genauer bekannt, als die Wirkungsweise an der Niere bekannt war (siehe auch Niere). Zu dieser Zeit wurden bereits wirksamere Diuretika synthetisiert. Die praktische Bedeutung von Koffein als Diuretikum kam daher nie zum Einsatz³.

4.3 Wirkung von Koffein

Koffein wirkt in vielfacher Weise auf den menschlichen Körper ein. Im folgenden wird ein kurzer Überblick über die Wirkweise von Koffein gegeben werden. Jedoch können in dieser Arbeit nicht alle Aspekte der gesundheitlichen Wirkung von Koffein auf den Organismus betrachtet werden, da dies den Rahmen sprengen würde.

4.3.1 Chemischer Aufbau

Koffein ist ein Alkaloid, ein basischer Pflanzenstoff mit Stickstoff. Koffein fungiert für die Pflanze, da es ein Nervengift ist, als natürliches Insektengift. Es gehört zu der Gruppe der Methylxanthine, die vor allem in den Beeren, Samen und Blättern des Kaffeestrauchs, des Teestrauchs, der Matepflanze sowie des Kakao- und Kolabaums vorkommen.

Das Koffein ist chemisch gesehen ein Purinderivat und ist ein 1,3,7-Trimethylxanthin. Es hat die Bruttoformel $C_8H_{10}N_4O_2$ und ein Molekulargewicht von 194,19 g/mol. Es ist ein farb- und geruchsloses Pulver, das leicht bitter schmeckt. Der Schmelzpunkt von Koffein liegt bei $235,5^{\circ}C$. Es löst sich leicht in heißem Wasser und wenig in Alkohol und Ether.⁴

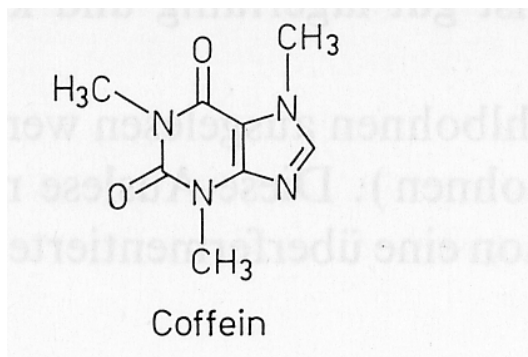


Abbildung 2

Quelle: Baltes „Lebensmittelchemie“; 1995; Springer Verlag

³ Oskar Eichler „Kaffee & Coffein“, 1976, S. 175ff

⁴ www.dopingnews.de/coffein.html

⁴ Dr. G. Czok „Untersuchung über die Wirkung von Kaffee“, 1966, S. 2ff

⁴ Baltes „Lebensmittelchemie“; 1995, S. 377ff

4.3.2 Wirkung auf den Organismus

Koffein kann vom Körper mit einer sehr hohen Bioverfügbarkeit von 90-100% im Stoffwechsel umgesetzt werden, es werden daher nur kleinste Mengen mit dem Harn unverändert wieder ausgeschieden. Koffein wird folglich relativ rasch, nach ca. 20 Minuten, ins Blut aufgenommen. Die Halbwertszeit – die Zeit in der das aufgenommene Koffein zur Hälfte umgesetzt ist – liegt im Mittel bei etwa drei bis fünf Stunden, dabei gibt es eine Schwankungsbreite von zwei bis zwölf Stunden.

Koffein aktiviert Hormone, die die Herztätigkeit, den Stoffwechsel und die Atmung anregen und auch die Blutgefäße im Gehirn erweitern. So kann Koffein aus medizinischer Sicht als mildes Anregungsmittel betrachtet werden

Koffein wirkt zunächst im Hirn auf das zentrale Nervensystem, das unter seinem Einfluss eine allgemeine Stimulierung erfährt. Hier wirkt es vor allem auf die Großhirnrinde, wobei es die Phosphodiesterase hemmt. Ein Enzym, das cyclo-AMP in AMP (Adenosin-3' , 5' -momophosphat) wandelt. Dies führt dazu, dass die über cyclo-AMP als „second messenger“ ausgelöste Adrenalinwirkung länger erhalten bleibt. Damit erklärt sich die anregende Wirkung des Koffeins. Beim Menschen wirkt es in kleineren Dosen (0,05 – 0,10 g) auf die sensorischen Gebiete der Hirnrinde, in größeren Dosen auch auf die motorischen Regionen des Gehirns. Koffein findet auch Anwendung in der Medizin. Vor allem in Verbindung mit Acetylsalicylsäure (Aspirin) wird es als Schmerzmittel, insbesondere bei Kopfschmerzen, eingesetzt. Offenbar hat Koffein einen gefäßerweiternden und durchblutungsfördernden Effekt, wobei es auch die Wirkung von primär wirkenden Substanzen in Medikamenten beschleunigt. Es wird im Allgemeinen bei Herzschwäche, Neuralgie, Kopfschmerz, asthmatischen Anfällen, Heufieber, Nikotin- und Morphinvergiftungen eingesetzt.⁵

Schon in geringen Mengen stimuliert Koffein auch die Insulinsekretion der Bauchspeicheldrüse. Das führt gleichzeitig zu einem Anstieg des Serotoningehaltes im Gehirn. Koffein ist stark mit dem Stoffwechsel von Serotonin verknüpft. Serotonin wirkt bei Tageslicht als „Glückshormon“ auf das Gemüt. In der Dämmerung sinkt der Serotoninspiegel jedoch stark. Hier wirkt Koffein entgegen, indem es den Abbau des Hormons stoppt. Daher wirken koffeinhaltige Getränke und Lebensmittel meist stimmungsaufhellend. Bei vielen Menschen

⁵ Vgl. www.dopingnews.de/coffein.html

⁵ Vgl. Deutscher Kaffeeverband e. V., Kaffee Digest 4 „Kaffee und Gesundheit“ 1996, S. 11-14

können sogar psychische Verstimmungen aufgebessert werden, in dem Munterkeit und Vitalität gesteigert werden. Jedoch bei Menschen mit Depressionen und diversen anderen psychischen Krankheiten kann zu viel Kaffee, durch die Steigerung von Angst und Nervosität, eine Verschlimmerung der Krankheit herbeiführen.

Abhängig von der Dosis regt Koffein das Herz über den Herzmuskel zu mehr Pumpleistung an, es beschleunigt die Atmung und den gesamten Stoffwechsel. Die Durchblutung der Organe wird verbessert, wobei sich die Gefäße des Gehirns leicht zusammenziehen und sich der Blutdruck dadurch vorübergehend leicht erhöht. Mit der Gewöhnung an Koffein nimmt die Blutdrucksteigerung ab.

Koffein wirkt sich auf die geistige Leistungsfähigkeit aus. Durch das Koffein kann die Geschwindigkeit, mit der das Gehirn arbeitet heraufgesetzt werden. Die Folgen: der Gedankenablauf und die Ideenassoziation wird beschleunigt, Aufnahmefähigkeit, Konzentration, Aufmerksamkeit und Reaktionsvermögen nehmen zu. Jedoch nehmen bei großen Mengen, ab etwa <300mg (ca. vier Tassen Kaffee) diese positiven Eigenschaften ab. Hier kann es zu Erregung, Herzrasen, Nervosität, Händezittern, Schlaflosigkeit bis hin zur verminderten Reaktion kommen oder sogar einen lähmenden Effekt haben. Die letzten beiden Reaktionen auf hohe Koffeindosen kommen sehr wahrscheinlich von der starken Erregung. Dosen von 5 bis 30 g können sogar tödlich wirken.

Die Verträglichkeit von Koffein ist aber bei jedem Menschen verschieden. Manche können ohne Probleme große Mengen vertragen, während andere schon bei kleinsten Mengen empfindlich reagieren. Hierbei spielt einerseits die genetische Veranlagung, wodurch die Umsetzung von Koffein bestimmt wird, eine bedeutende Rolle. Andererseits ist das Körpergewicht ein bedeutender Faktor, da aufgrund der größeren Masse der Koffeinspiegel langsamer ansteigt, als bei einer leichten Person.

Wer täglich Koffein trinkt gewöhnt sich sehr schnell an die regelmäßige Koffeindosis. Bei etwa 5 Tassen täglich kann es nach 18 stündigem Koffeinentzug zu leichten Kopfschmerzen als Entzugserscheinung kommen. Dennoch ist Kaffee weder als Droge zu betrachten, noch wird man süchtig davon. Bei einer Sucht

entsteht ein Verlangen nach einer immer höheren Dosis, was beim Koffein nicht der Fall ist.⁶

4.3.3 „Nimm dir Zeit für die siegbringende Tasse Kaffee“ – Koffein und körperliche Leistung

Koffein wirkt offenbar auch körperlich leistungsfördernd. Durch seine anregende Wirkung auf den Stoffwechsel aktiviert Koffein die Fettverbrennung im Körper. Dadurch erhöht sich der Plasmaspiegel an freien Fettsäuren, die als Energiequelle genutzt werden, und es somit zu einer bedingten Glykogeneinsparung kommt. Die koffeininduzierte Erhöhung von freien Fettsäuren im Blut setzt in den ersten 15-20 Minuten ein. Dieses Phänomen kommt vor allem bei Ausdauersportlern zum Tragen, da so die Glykogenvorräte geschont werden und während der Belastung länger zur Verfügung stehen. Auf dem Ergometer oder dem Laufband wurde eine Verbesserung der Ausdauerleistung von 20 – 50% festgestellt. Bei Sprint- und Kraftsportarten zeigen sich kaum leistungsfördernde Eigenschaften.⁷

4.3.4 Muskel

Koffein erhöht darüber hinaus den Blutspiegel von Adrenalin, was die Muskelspannung bzw. das Kontraktionsvermögen der Muskeln erhöht. Es kommt zu einer vermehrten Konzentration von Neurotransmittern wie Serotonin, Dopamin, u.a. Dadurch wird die spontane Aktivität von Motoneuronen gesteigert, wodurch gleichzeitig auch mehr Muskelfasern für die Kontraktion zur Verfügung stehen. Der Muskel reagiert schneller und die Kontraktionskraft wird verstärkt. Bei relativ hohen Koffeindosierungen 6-9 mg/kg wird eine erhöhte Calcium-Konzentration verbunden mit einem verstärkten Natriumausstrom gemessen, womit ein erhöhter Kaliumeinstrom in die Zelle verbunden ist. Die Veränderung im

⁶ Vgl. www.dopingnews.de/coffein.html

⁶ Vgl. Deutscher Kaffeeverband, Kaffee Digest 4 'Kaffee und Gesundheit'; 1996, S. 14-17

⁶ www.dge.de/Pages/navigation/fach_infos/dge_info/2001/fkp1201.html

⁶ www.almeda.de/home/print/article/0,2605,CompdArticle4258_Cat49_1_0_0,00.html

⁶ www.swr.de/kaffee-oder-tee/essen/kaffee/2003/05/07/print.html

⁶ www.lifeline.de/cda/ci/text/show_print/0,1922,1192,00.html

⁶ Dr. G. Czok, „Untersuchung über die Wirkung von Kaffee“; 1966, S. 17ff, 67ff

⁶ O. Eichler, „Kaffee & Coffein“ 1976, S. 17ff, 74-78, 88

⁷ Vgl. www.dge.de/Pages/navigation/fach_infos/dge_info/2001/fkp1201.html

⁷ Vgl. Deutscher Kaffeeverband, Kaffee Digest 4 'Kaffee und Gesundheit'; 1996, S. 42-44

⁷ Vgl. www.dopingnews.de/coffein.html

⁷ O. Eichler, „Kaffee & Coffein“ 1976, S. 103ff

Natrium/Kalium-Gleichgewicht stabilisieren das Membranpotenzial der Zelle, was zu einer erhöhten Leistungsfähigkeit des Muskels führen kann. So kann bei einer großen Erschöpfung die Ökonomie des Muskels wieder verbessert werden. Gleichzeitig wird an diesem Punkt auch diskutiert, ob durch die größere Anzahl von Neurotransmittern das subjektive Empfinden von Ermüdung verzögert wird. Bei großen Mengen entstehen jedoch auch hier wieder Fehlleistungen. Weiterhin kann die mentale Leistung generell durch seine Wirkung auf das zentrale Nervengewebe während des Sports verbessert werden. Jedoch ist hier Vorsicht geboten: Da jeder Mensch unterschiedlich auf Koffein reagiert, kann es, bei zu hohen Dosen zu Schlaflosigkeit, Unruhe, Nervosität, erhöhte Wasserausscheidung, Muskelzittern und -zucken, Herzrasen und Herzrhythmusstörungen kommen. Gerade bei Sportarten mit feiner Koordination (z. B. beim Fechten) machen sich Störungen durch Koffein bemerkbar.

Koffein stand lange Zeit auf der Dopingliste des „Internationalen Olympia Komitees“ (IOC). Bei einer Menge von 12 µg/ml Koffein im Urin, das entspricht einer Menge von <6-8 mg/kg Körpergewicht der Koffeinaufnahme, galt bislang der Sportler als gedopt. Seit dem 1. Januar 2004 ist Koffein von der Dopingliste gestrichen worden. Das liegt daran, dass der leistungsfördernde Effekt schon bei einer viel niedrigeren Dosis, nämlich bei <3 mg/kg Körpergewicht, auftritt und eine weit höhere Dosierung als <6-8 mg/kg Körpergewicht durch die negativen Folgen (siehe oben) die Leistung eher wieder geschwächt wird.⁸

4.3.5 Niere

Koffein steigert ähnlich wie andere Xanthinderivate die renale Ausscheidung. Jedoch wurde Koffein, im Gegensatz zu anderen Xanthinderivaten, nie als Diuretikum in der Medizin eingesetzt, da die Wirkung auf die Harnausscheidung immer sehr umstritten war. Schon relativ früh wurde allerdings erkannt, dass die harntreibende Wirkung von Kaffee vom Koffein abhängig ist, da bei entkoffeiniertem Kaffee keine Diurese zu beobachten war.

⁸ Vgl. www.dge.de/Pages/navigation/fach_infos/dge_info/2001/fkp1201.html

⁸ Vgl. Deutscher Kaffeeverband, Kaffee Digest 4 „Kaffee und Gesundheit“, 1996, S. 42-44

⁸ Vgl. www.dopingnews.de/coffein.html

⁸ Vgl. O. Eichler „Kaffee & Coffein“ 1976, S. 109ff

⁸ Vgl. Dr. G. Czok „Untersuchungen über die Wirkung von Kaffee“, 1966, S. 17ff

Wenn zum koffeinhaltigen Getränk noch andere Getränke aufgenommen werden, ist die diuretische Wirkung größer. Sie wirkt also bei positiver Flüssigkeitsbilanz stärker und schneller. Nach oraler Aufnahme von Koffein setzt die Wirkung schneller ein, ist aber von kurzer Dauer; das heißt, dass die harntreibende Wirkung beim Menschen in der ersten Stunde am größten ist und dann immer mehr nachlässt.

Beim Säugetier und beim Menschen verliert Koffein, nach wiederholter Gabe rasch an Wirkung auf die Niere. Die Toleranz gegenüber Koffein, Theophyllin oder Theobromin kann nach einigen Monaten hervorgerufen werden und sie besteht dann auch gegenüber den anderen beiden Stoffen. Bei Gewöhnung an Koffein sollte die diuretische Wirkung nur noch sehr schwach auftreten.

Jedoch wird beim Genuss von Koffein und Alkohol eine verstärkte Diurese beobachtet.

Es werden drei Gründe für die vermehrte Diurese durch Koffein genannt. Die Niere wird stärker durchblutet – wobei hier wahrscheinlich die Markdurchblutung mehr zunimmt, als die der Nierenrinde – was zu einer Auswaschung des Nierenmarks führt. Gleichzeitig nimmt die glomeruläre Filtrationsrate zu. Es kommt zu einer verminderten tubulären Resorption. Dadurch kann es bei einer Diurese zu einem Ungleichgewicht der Elektolatbalance kommen, da mehr Natrium und Kalium ausgeschieden werden kann,

In der Forschung wird eine Hypothese vertreten, dass extrarenale Wirkungen bestehen. Durch die erhöhte Herz- und Kreislauffunktion kommt es zu einer allgemeinen besseren Durchblutung. Es entsteht eine erhöhte Membranpermeabilität, wodurch der Stoffaustausch und der Wasseraustritt begünstigt werden. Drittens ändert sich der kolloid osmotische Druck je nach Koffeindosis, so dass das Wasserbindungsvermögen im Blut je nach Dosis vermindert oder vermehrt wird. Die Folge ist eine Zunahme oder eine Hemmung der Diurese. Daher ist bei Untersuchungen zum Thema Koffein immer die Dosis zu beachten⁹.

⁹ Vgl. Dr. G. Czok „Untersuchungen über die Wirkung von Kaffee“, 1966, S. 17ff

⁹ Vgl. O. Eichler „Kaffee & Coffein“ 1976, S. 175ff

5.0 Hintergrundinformation zur Hydratation

Die Studie von GRANDJEAN et al. wird vorgestellt, um eine Übersicht zum Thema „Hydratation“ zu erhalten und ein besseres Verständnis für die Vorgehensweise und Begriffsverwendung der nachfolgenden Studien zu bekommen:

Studie „Hydratation: Issues for the 21st Century“¹⁰

Von Ann C. Grandjean et al., 2003

5.1 Art der Studie

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein Review.

Ziel dieser Studie war es, einen Überblick zu schaffen, was im Bereich Hydratation bisher für Ergebnisse publiziert wurden und worauf sich zukünftige Studien beziehen könnten.

5.2 Wasserbilanz

Die Wasserbilanz ist definiert als ein Gleichgewicht zwischen Wasseraufnahme und Wasserabgabe. Der gesamte Wasserhaushalt und gleichzeitig auch der Elektrolythaushalt des Körpers werden vorwiegend über die Niere reguliert, die durch ein Feedback-Verfahren in der Lage ist, schon Veränderungen von 1-2% im Tonicum festzustellen.

5.3 Wasserabgabe

Die Wasserabgabe geschieht primär über den Urin und sekundär über den Schweiß, über den Kot und weitere für den Menschen nicht spürbare Verluste. Die kleinste Menge Wasser, die der Körper abgeben kann, ist als die „obligatorische“ Wasserabgabe zu bezeichnen. Ein obligatorischer Wasserverlust entsteht, weil der Körper so genannte harnpflichtige Stoffe aus dem Stoffwechsel ausscheiden muss; sie bestimmen auch die minimale Wassermenge, die sich im Urin befindet. Diese Stoffe werden durch die Ernährung und der maximalen Urin-Konzentration bestimmt. Die maximale Urin-Konzentration kann durch Alter und durch Nierenkrankheiten verändert werden. Normalerweise ist der Wasserverlust über den Stuhlgang sehr gering (ca. 100 ml/Tag).

¹⁰ Vgl. Ann C. Grandjean et al., Nutrition Reviews, August 2003, S. 261-271

Wasser, das über die Haut abgesondert wird (transepidermale Diffusion) und sofort verdunstet und auch Wasser, welches über den Atmungsapparat verloren geht, wird als „unmerklicher Wasserverlust“ bezeichnet. Der „unmerkliche Wasserverlust“ korreliert mit der Abgabe von Stoffwechselwärme. Die Menge dieser Verluste variiert bei Jugendlichen deutlich mehr, als bei Erwachsenen. HOLLIDAY und SEGAR gehen von einem durchschnittlichen Wasserverlust von 50ml/100 kcal für alle Altersgruppen aus¹¹. Auch wenn der Kalorienverbrauch und die Körperstatur in etwa gleich sind, ist der „unmerkliche Wasserverlust“ durch die Haut und die Lunge bei jedem Menschen unterschiedlich. Verschiedenste Faktoren, wie die Umgebungstemperatur und die Luftfeuchtigkeit, die Größe, das Lungenvolumen, der Luftstrom, die Kleidung, die Durchblutung der Haut und der Wassergehalt im Körper können Einfluss auf den „unmerklichen Wasserverlust“ nehmen.

Wasserverlust durch Schwitzen ist normalerweise, bei einer hauptsächlich sitzenden Tätigkeit, eher gering; bei Menschen, die körperlich hart arbeiten müssen, kann starkes Schwitzen jedoch zu einem enormen Wasser- und Elektrolytverlust führen. Körperlich aktive Menschen weisen die größten variablen Wasserverluste auf. Sie können einen Wasserverlust von 3 bis 4 l/h erreichen. Der tägliche Flüssigkeitsverlust reicht von 2 l/Tag bis zu 16 l/Tag und ist abhängig von der Arbeits- und der Wärmebelastung.

Die Schlussfolgerung, die man aus diesen Ergebnissen ziehen kann, ist, dass es hier eine sehr große Spannweite und Variabilität gibt. Im Allgemeinen wird jedoch die „durchschnittliche“, tägliche Wasserabgabe auf 1500 bis 3000 ml/Tag festgesetzt.

5.4 Wasseraufnahme

Die „Wasseraufnahme“ umfasst die Aufnahme von Flüssigkeit durch die Nahrung und Getränken, zusammen mit relativ kleinen Mengen von Oxidationswasser (Metabolic water). Im Gegensatz zur Wasserabgabe ist die Wasseraufnahme nicht fest reguliert. Viele verschiedene physiologische, psychologische und umweltbedingte Faktoren beeinflussen das Trinkverhalten der Menschen. So ist Wasserdefizit zwar ein Grund, der zu Dehydration führt, aber das Trinkverhalten

¹¹ Vgl. Holliday, Segar „The maintenance need for water in parenteral fluid therapy“ 1957 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

wird durch mehr Faktoren beeinflusst. Es spielen zum Beispiel Kultur, die sensorische Qualität und die Verfügbarkeit der Getränke sowie auch die eigenen Bedürfnisse eine wichtige Rolle.

Durst ist der erste homöostatische Mechanismus, der eingreift und den Menschen stimuliert, adäquat zu trinken, um Flüssigkeitsverluste auszugleichen. Normalerweise, wenn viele verschiedene Speisen und Getränke zur Verfügung stehen, reicht die freiwillige Flüssigkeitsaufnahme aus, um die Wasserbilanz auszugleichen. Jedoch ist das Durstempfinden bei freier Getränkewahl (Trinken „ad libitum“) bei starkem physiologischen Stress nicht ausreichend. Dieser Fehler im Durstempfinden führt zu dem Phänomen der „freiwilligen“ Dehydration, welche als eine tägliche, unzureichende Rehydrierung nach einem Flüssigkeitsverlust definiert wird. „Freiwillige“ Dehydrierung (oder auch „unfreiwillige Dehydrierung“) ist schon oft beschrieben worden, aber man weiß bisher noch wenig über den eigentlichen Grund dieses Mechanismus. Wenn zu wenig Flüssigkeit zur Verfügung steht, nicht oft genug getrunken wird, eine Mangelernährung vorliegt und nur nicht schmackhafte Getränke zur Verfügung stehen kann die tägliche Rehydration noch verschlimmert werden.

5.5 Dehydration

Wenn sich das Verhältnis von Flüssigkeits- und Elektrolytverlust ändert, kann es zu einer isotonischen Dehydration, hypertonschen Dehydration und einer hypotonischen Dehydration kommen. Flüssigkeits- und Elektrolytverluste stammen aus der extrazellulären Flüssigkeit. Die extrazelluläre Flüssigkeit enthält Plasma und interstitielle Flüssigkeit. Bei Verlusten von intrazellulärer Flüssigkeit, was das Ergebnis einer extrazellulären Hypertonie ist, wird Flüssigkeit aus der Zelle gepumpt.

Table 1. Classifications of Dehydration

Type	Aberration	Potential Causes
Isotonic Dehydration	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Isotonic loss of water and salt from ECF ▪ Does not cause osmotic water shift from ICF 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gastrointestinal fluid losses (vomiting, diarrhea, gastrointestinal ostomy output) ▪ Inadequate fluid and salt intake
Hypertonic Dehydration	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Water loss exceeds salt loss ▪ Osmotic shift of water from cells into ECF (plasma and interstitial) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Inadequate water intake ▪ Sweat loss ▪ Osmotic diuresis (glucosuria) ▪ Diuretic therapy (if water intake is inadequate)
Hypotonic Dehydration	<ul style="list-style-type: none"> ▪ More sodium lost than water ▪ Osmotic shift of water from ECF (plasma and interstitial) into cells 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Loss of sweat or other gastrointestinal fluid losses ▪ Water replacement without salt replacement ▪ Diuretic therapy (if free water intake is excessive)

ECF = extracellular fluid, ICF = intracellular fluid.

Tabelle 1

5.6 Körpergewicht

Die regelmäßige und zeitlich fortlaufende Messung des Körpergewichts ist ein sehr sensibler, genauer und auch zuverlässiger Faktor für den aktuellen Hydrationsstatus. Diese Methode wird allgemein am häufigsten angewendet.

5.7 Urin

Die Messung des Urins wird gewöhnlich genutzt, um den Hydrationsstatus zu dokumentieren. Mit dem Urin kann das spezifische Gewicht und die Osmolalität gemessen werden, was mehr auf ein nicht akutes, moderates Niveau von einer bevorstehenden oder aktuellen Hypohydration hinweist. Die Farbe des Urins korreliert mit dem spezifischen Gewicht des Urins und der Osmolalität (field setting). Jedoch verzögern sich das spezifische Gewicht des Urins und die Osmolalität im Gegensatz zur Veränderung der Plasma Osmolalität während einer schnellen Dehydration (ca. über 4 Stunden und bei 5% des Körpergewichts). Die Veränderung der Merkmale im Urin hängen von den Klinischen- oder den Versuchsbedingungen ab. Im Alter nimmt die Nierenfunktion ab, sodass das Urinvolumen und die –konzentration keine guten Indikatoren für den Hydrationsstatus bei älteren Menschen sind.

5.8 Blut

Viele verschiedene Blutindizien, wie Plasma Osmolalität, Testosteron, Adrenalin, Noradrenalin Cortisol, atriale natriuretische Peptide, Aldosteron, Harnstoff, Natrium, Kalium, Hämatokrit, Plasma Protein, Blutvolumen und Plasmavolumen können als Indikatoren für den Hydrationsstatus herangezogen werden. Während

die Serum Osmolalität meistens gemessen wird, reagiert das Plasmavolumen wahrscheinlich sensibler auf eine Dehydration. Ähnlich wie der Urin kann das Blut als Parameter für die aktuelle Situation des Wasserhaushalts herangezogen werden und zusammen mit der Änderung des Gewichtes und anderen klinischen Faktoren eine Dehydration nachweisen.

5.9 Bioelektrische Impedanz

Ständige Messungen vom Urin, dem Blut und/oder dem Körpergewicht zeigen eine Veränderung des Wasserhaushaltes an, aber nicht den gesamten Wasserhaushalt. Mit Technologien, wie der bioelektrischen Impedanz-Analyse (BIA), der bioelektrischen Impedanz-Spektroskopie (BIS) und verschiedenen anderen Methoden kann der Gesamtwassergehalt im Körper festgestellt werden. BIA oder BIS nutzen den elektrischen Widerstand, um die Leitfähigkeit des menschlichen Gewebes zu messen. Bei diesen Verfahren wird nicht nur der Wasserhaushalt gemessen. Bei der BIA wird gleichzeitig der Anteil der fettfreien Körpermasse oder auch der Gesamtenergieverbrauch ermittelt. Diese Methoden besitzen jedoch einen hohen Grad der Unbequemlichkeit, hohe Kosten, viele Messfehler und eine mangelhafte Gültigkeit gegenüber allen Beteiligten. Die Messfehler bei den Verdünnungstechniken werden ungefähr auf 1-2% geschätzt. Urin- und Blutproben bilden bei klinischen Untersuchungen folglich die Basis, um den Hydrationsstatus festzustellen. Die Veränderung des Körpergewichts wird am meisten angewendet und ist die stichhaltigste, ökonomischste und am leichtesten durchführbare Methode, um Veränderungen im Wasserhaushalt zu messen. Impedanztechniken haben einen geringen praktischen Nutzen.

5.10 Flüssigkeitsbedarf und die Empfehlungen

Den täglichen Flüssigkeitsbedarf eines Menschen genau festzulegen ist sehr schwierig, da eine Fülle von intra- und inter-individuellen Faktoren den Bedarf beeinflussen. Dennoch legte die „Recommended Dietary Allowences“ (RDA) 1989 eine Empfehlung vor, die einen einheitlichen Bedarf für alle festlegte.

Im Hinblick auf die „Unmöglichkeit“ einen generellen Wasserbedarf zu bestimmen, haben Forscher Richtlinien und Empfehlungen festgesetzt. In den folgenden Ausgaben solcher Empfehlungen wird zwischen den Empfehlungen für „spezielle Populationen“ (kranke Menschen, ältere Menschen und Sportler) und den

Empfehlungen für gesunde Erwachsene unter „normalen“ Bedingungen, mit eher sitzender Tätigkeit, unterschieden.

5.11 Wasserquellen

Die meisten Menschen decken ihren Flüssigkeitsbedarf nicht mit reinem Wasser, sondern mit einer Vielfalt von Getränken und Nahrungsmitteln, die durch kulturelle, soziale, umweltbedingte und sensorische Faktoren beeinflusst werden. ERSHOW, CANTOR¹², u.a. (1977-1978) fanden heraus, dass reines Wasser als Getränk nur 31,4% der Flüssigkeitsaufnahme ausmacht. Andere Getränke werden zu 43,6% getrunken und 25% der Flüssigkeit wird über die Nahrung aufgenommen. Jedoch kann der Flüssigkeitsanteil, der über die Nahrung aufgenommen wird, je nach Ernährungsweise, sehr unterschiedlich sein.

Analysen der Studie „Continuing Survey of Food Intakes by Individuals (1994-1996)“¹³ haben ergeben, dass ein Drittel der gesamten Flüssigkeitsaufnahme von Personen zwischen 20 und 64 Jahren als reines Wasser aufgenommen wird. Ergebnisse der gleichen Studie zeigten auch, dass der Konsum von Milch und anderen Getränken bei 1115 g/Tag liegt. Hierbei werden ca. 35% als Kaffee und Tee, 30% als Softdrinks, 17% als Milch, 9% als Alkohol und 9% als Fruchtsäfte aufgenommen.

Es existiert bei Laien oft die Meinung, dass Getränke unterschiedliche Eigenschaften besitzen, um den Hydrationsstatus aufrechtzuerhalten; so sollen zum Beispiel mit Koffein angereicherte Getränke einen diuretischen Effekt haben. Diese Meinung basiert auf Studien, die eine stark erhöhte Urinausscheidung nach einer Koffeingabe beobachtet haben, was jedoch bei Personen, die nicht an Koffein gewöhnt waren, der Fall war. Dabei zeigen Untersuchungen, dass sich mit der Zeit eine Toleranz gegenüber Koffein entwickelt. Daher haben Menschen, die an Koffein gewöhnt sind, oft keine erhöhte Urinausscheidung oder eine Veränderung des Hydrationsstatus, als Folge von Kaffeekonsum.

In der Öffentlichkeit wird die Auffassung vertreten, dass reines Wasser mehr „hydratisiert“ als andere Getränke. Auch wenn schon lange in medizinischen, militärischen, ernährungswissenschaftlichen Veröffentlichungen beschrieben wird,

¹² Vgl. Ershow et al. „Total water and Tapwater Intake in the United States Population-based Estimates of Quantities and Sources“; 1989 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

¹³ Vgl. Heller et al. Water consumption in the United States in 1994-96, 1999 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

dass Flüssigkeit aus der Nahrung und den unterschiedlichsten Getränken den Flüssigkeitsbedarf decken kann.

5.12 Aussicht

Zukünftige Studien müssen sich noch mit den Flüssigkeitsempfehlungen in verschiedenen Altersstufen, mit dem Einfluss der Ernährung auf die Hydratation und dem Zusammenhang zwischen Krankheit und der Art und Menge der Flüssigkeitsaufnahme beschäftigen

6.0 Studie „Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis“¹⁴

Von Monika Neuhäuser-Berthold et al, 1996

6.1 Studienaufbau

Diese Studie untersucht den Einfluss von Koffein auf den gesamten Wasserhaushalt.

Es nahmen 12 Studierende (6 Männer und 6 Frauen) der Universität Gießen teil. Jede/r von ihnen befand sich in einem guten Gesundheitszustand und nahm keinerlei Medikamente. Alle Personen hatten einen BMI im Normbereich, waren Nichtraucher und tranken normalerweise 2-4 Tassen Kaffee pro Tag.

Der Versuch dauerte zwei Tage, wobei alle Personen instruiert wurden, dass sie fünf Tage vor Beginn der Studie und während der zwei Versuchstage kein Sport treiben, keinerlei die Methylxanthine aufnehmen und keinen Alkohol trinken sollten. Einen Tag vor Beginn der Studie war es den Probanden nur erlaubt, ihren Flüssigkeitsbedarf mit Mineralwasser zu decken (alle dieselbe Marke), das gleiche Mittagessen in der Unimensa und ein ähnliches Abendessen einzunehmen.

Am ersten Tag, dem „Kontrolltag“, durfte nur Mineralwasser getrunken werden. Am darauf folgenden „Kaffeetag“ (2. Tag) wurde dasselbe Flüssigkeitsvolumen getrunken, aber 3 Tassen Kaffee á 150 ml zum Frühstück und noch mal 3 Tassen am frühen Nachmittag ersetzen das Wasser. Der Koffeinanteil des frisch aufgebrihten Kaffees wurde analysiert und dokumentiert. Die gesamte Koffeinaufnahme betrug für jede Testperson 642mg.

Während der gesamten Versuchsphase blieben die Probanden tagsüber in der Universität und beschäftigten sich selbstständig mit sitzenden Tätigkeiten, z. B. lesen. Alle Personen bekamen die gleiche standardisierte Ernährung – an ihren persönlichen Bedarf angepasst ($151 - 188 \text{ kJ} \times \text{kg}^{-1}$, 15% Protein, 30% Fett und 55% Kohlenhydrate). An beiden Tagen waren die Mahlzeiten identisch und wurden in der Versuchsküche des Fachbereichs „Ernährung“ zubereitet.

Der Zustand des Wasserhaushalts wurde durch bioelektrische Impedanz und mit Messung des Körpergewichts ermittelt.

¹⁴ Vgl. Neuhäuser-Berthold, Annals of Nutrition and Metabolism, 1996, S. 29-36

6.2 Bioelektrische Impedanzanalyse und Ermittlung des Körpergewichts

Mit Messung des Körpergewichts (KG) und der bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) wollte man extreme Veränderungen des Wasserhaults (TBW) feststellen; sie wurden am Ende jeden Tages, vor dem Frühstück und nach der Entleerung der Blase gemessen. Weitere Messungen wurden während des ganzen Tages durchgeführt. Das Körpergewicht wurde mit einer Digitalwaage (SECA, Vogel & Halke, Hamburg, Deutschland, Genauigkeit 0,1 kg) gewogen. Der erhöht Koffein TBW wurde durch die BIA analysiert und mit 50 kHz und 800 μ A auf dem rückenliegend mit einem AKERN-RJL BIA 101/S „Body Composition Analyzer“ (Data Input, Frankfurt, Deutschland) gemessen Die Ergebnisse der BIA wurden verwendet, um den TBW einschätzen zu können.

Der Urin wurde während der zwei Tage 24 Stunden gesammelt, um dann das spezifische Gewicht, den pH-Wert und den Natrium- und Kaliumgehalt zu ermitteln.

Die Wasserbilanz wurde durch das Subtrahieren der Flüssigkeitsverluste von der Flüssigkeitsaufnahme berechnet. Die Flüssigkeitsaufnahme setzte sich aus dem Volumen des aufgenommenen Mineralwassers und des Kaffees, dem Wasser in der Nahrung und dem Wasser aus dem Stoffwechsel zusammen; der Flüssigkeitsverlust aus der Urinausscheidung von 24 Stunden und Verluste der Lunge, der Haut und aus dem Kot zusammen.

6.3 Statistik

Für die statistische Datenerfassung wurde das Programm SPSS PC für Windows 6.0 verwendet und für deren Auswertung der „Kolmogorov-Smirnov-Test“. Um die Unterschiede der Auswertung zwischen Männern und Frauen zu ermitteln, wurde der „t-test“ eingesetzt.

6.4 Ergebnisse

Alle Personen der Gruppe nahmen die gleiche Menge Koffein zu sich, jedoch nahmen die Frauen eine größere Menge (10,2 mg/kg KG) auf, als die Männer (8,2 mg/kg KG). Die Ergebnisse wurden geschlechtsspezifisch ausgewertet und wurden auf Unterschiede geprüft. Die Ergebnisse wurden jedoch nicht geschlechtsbezogen präsentiert, außer den Ergebnissen der BIA.

6.5 Diurese und Wasserbilanz

Im Vergleich zum Kontrolltag war die Diurese am zweiten Tag um $41 \pm 32,1\%$ ($p < 0,001$) signifikant höher (siehe auch Abbildung 3).

Table 2. Fluid intake, fluid output, and fluid balance on control and coffee day ($\bar{x} \pm SD$; $n = 12$)

	Fluid intake ¹ , ml/24 h			Fluid output ² , ml/24 h			Fluid balance
	beverages	food water and metabolic water	total intake	lungs, skin, feces	total urine	total output	
Day 1 (control)	1,946 ± 291	1,348 ± 260	3,294 ± 356	1,196 ± 152	2,008 ± 336	3,203 ± 387	91 ± 521
Day 2 (coffee)	1,946 ± 291	1,348 ± 260	3,294 ± 356	1,196 ± 152	2,760 ± 376 ³	3,956 ± 461 ³	-662 ± 325 ³

¹ Fluid intake comprised the exactly measured amount of mineral water and coffee intake, the calculated volumes of water in the food consumed and of metabolic water.
² Fluid output comprised the calculated fluid losses from lungs, skin and feces as calculated according to Robertson and Beri [14] and the collected 24-hour urine.
³ Significantly different vs. control, $p < 0.001$.

Abbildung 3

6.6 Spezifisches Gewicht und pH-Wert

Am Ende des zweiten Tages konnte eine negative Korrelation zwischen dem spezifischen Gewicht und dem pH-Wert festgestellt werden.

6.7 Ausscheidung von Natrium und Kalium im Urin

Es wurde ein deutlicher Anstieg ($p < 0,01$) von Natrium $66 \pm 53\%$ und Kalium $28 \pm 25\%$ im ausgeschiedenen Urin beobachtet.

6.8 Körpergewicht und Gesamtwassergehalt im Körper

Es gab eine bemerkenswerte Abnahme ($p < 0,001$) des KG von $1,0 \pm 0,6\%$ am Ende des Kaffeetages. Alle Personen verminderten ihr TBW ca. um $2,7 \pm 2,8\%$ bzw. $1,1 \pm 1,2$ kg (siehe auch Tabelle 2)

Table 4. Body weight and body composition of six males and six females at the end of control and coffee day and absolute changes ($\bar{x} \pm SD$; n = 12)

	Day 1 (control)	Day 2 (coffee)	Difference
<i>Body weight, kg</i>			
Males	78.9 ± 4.4	78.3 ± 4.4	-0.6 ± 0.3 ²
Females	63.4 ± 3.3	62.7 ± 3.7	-0.7 ± 0.4 ²
All subjects	71.2 ± 8.9	70.5 ± 9.0	-0.7 ± 0.4 ³
<i>Total body water, kg</i>			
Males	45.7 ± 2.3	44.1 ± 2.7	-1.7 ± 1.2 ¹
Females	33.4 ± 3.8	32.8 ± 4.2	-0.5 ± 0.8
All subjects	39.5 ± 7.1	38.5 ± 6.7	-1.1 ± 1.2 ²

¹ p < 0.05; ² p < 0.01; ³ p < 0.001.

Tabelle 2

6.9 Wohlbefinden

Nach dem Konsum von Kaffee traten bei den Personen Symptome wie Tachykardie, Brechreiz, Kopfschmerzen, Schlaflosigkeit und Kreislaufprobleme auf. Trotz des markanten Flüssigkeitsverlustes am Kaffeetag, beklagten sich nur zwei Personen über erhöhten Durst.

6.10 Diskussion

Das auffallendste Ergebnis dieser Studie war eine dramatische Steigerung der Urinausscheidung von 753ml (41%) und damit verbunden eine negative Wasserbilanz und Abnahme des KG. Dieses Ergebnis zeigt, dass Koffein merklich den Wasserhaushalt beeinflusst.

Bisher sind nur wenige Studien auf die Fragestellung eingegangen, ob die Toleranz von Koffein sich unterschiedlich auf die diuretische Wirkung auswirkt. Eine Studie untersuchte 1928 die Entwicklung der Koffeingewöhnung auf den diuretischen Effekt, bei Koffeingabe an drei gesunde Personen, durch Aufzeichnen der Urinabgabe¹⁵. Jedoch wurde die Methode in dieser frühen Publikation sehr ungenau beschrieben. Die Autoren betonten das Ergebnis, dass eine Gewöhnung an die koffeininduzierte Diurese bei Kaffeetrinkern eintrat und dass, wenn sie zwei Monate kein Koffein zu sich nahmen diese Gewöhnung wieder nachließ. Dieses Ergebnis steht im krassen Gegensatz zu späteren Untersuchungen, in denen sehr

genau demonstriert wird, dass nach einem sehr viel kürzeren Zeitraum, Kaffeetrinker eine sehr starke Diurese nach dem Konsum von Kaffee bekommen¹⁶. Die erhöhte Diurese kann von der höheren Koffeingabe oder einer zurückgebildeten Toleranz gegenüber Koffein, nach einem Verzicht auf Methylxanthine von 24 Stunden bis zu 21 Tagen, in den verschiedenen Studien kommen.

Die vermehrte Ausscheidung von Kationen, was mit einer Abnahme von Wasserstoffionen im Urin einhergeht, lässt sich an den sehr viel höheren pH-Werten, die in den Urinproben während des „Kaffeetages“ festgestellt wurden, liegen. Die negative Korrelation zwischen dem pH-Wert und dem spezifischen Gewicht ab 8:00 Uhr am Kaffeetag könnte diese Hypothese bestärken. Das darauf folgende geringere spezifische Gewicht im Urin am Nachmittag kann durch die einsetzende Diurese aufgrund der Kaffeeaufnahme erklärt werden.

Bei Männern und Frauen ging die negative Wasserbilanz am Kaffeetag mit Verlusten des Flüssigkeitsvolumens im Urin und beim Körpergewicht einher. Diese Verluste schlugen sich natürlich auch bei Messungen mit der BIA nieder.

Die Messungen mit BIA stimmten mit den Verlusten von TBW bei Frauen und Männern überein. Dies wurde durch die Urinausscheidung und einer negativen Wasserbilanz gemessen.

Verluste der Körperflüssigkeit von mehr als 0,5% oder eine Abnahme des TBW von mehr als 1-2% führt normalerweise zu einem übermäßigen Durst. Obwohl die Verluste von BW und TBW in unserer Studiengruppe – beide – diese Grenzen überschritten haben müssten, verspürten nur zwei Personen Durst.

Im Hinblick auf den weitverbreiteten, täglichen, hohen Konsum von Kaffee in der ganzen Welt, müsste es von Interesse sein eine weitere Studie durchzuführen, um den Level herauszufinden, an dem Verluste des TBW bei Kaffeekonsum entstehen.

¹⁵ Vgl. Eddy et al. „Tolerance and cross-tolerance in the human subject to the diuretic effect of caffeine, theobromine and theophylline“ – Zitiert aus der vorliegenden Studie

¹⁶ Vgl. Nussberger et al. „Caffeine-induced diuresis and atrial natriuretic peptides“; 1990 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

7.0 Studie „The Effect of Caffeinated, Non-Caffeinated, Caloric and Non-Caloric Beverages on Hydration“¹⁷

Von Ann C. Grandjean et al., 2000

7.1 Studiendesign

Bei dieser Studie handelt es sich um eine randomisierte, kontrollierte Studie, die unter klinischen Bedingungen durchgeführt wurde.

Ziel dieser Studie war es, den Hydrationsstatus von gesunden Männern, die auch während des Versuchs in ihrer gewohnten Umgebung weiterlebten, bei einer Aufnahme von unterschiedlich kombinierten Getränken, zu untersuchen.

Es nahmen 18 Männer im Alter zwischen 24 und 39 Jahren teil, die innerhalb der BMI-Werte ein normales und stabiles Gewicht hatten, regelmäßig Sport trieben und gewöhnlich zwischen 20 und 100 mg Koffein pro Tag zu sich nahmen.

Das Studiendesign wurde, innerhalb der Getränkeaufnahme, in fünf verschiedene Abschnitte (T_x) aufgeteilt:

- T_x A nur Wasser
- T_x B zu gleichen Anteilen Wasser und koffein- und kalorienhaltige Cola
- T_x C zu gleichen Anteilen Wasser und koffein- und kalorienarme Cola
- T_x D zu gleichen Anteilen Wasser, koffein- und kalorienhaltige Cola, koffeinhaltige und kalorienarme Cola und Instantkaffee
- T_x E zur Hälfte Wasser und zur Hälfte koffeinfreie, kalorienhaltige Zitrus-Softdrinks

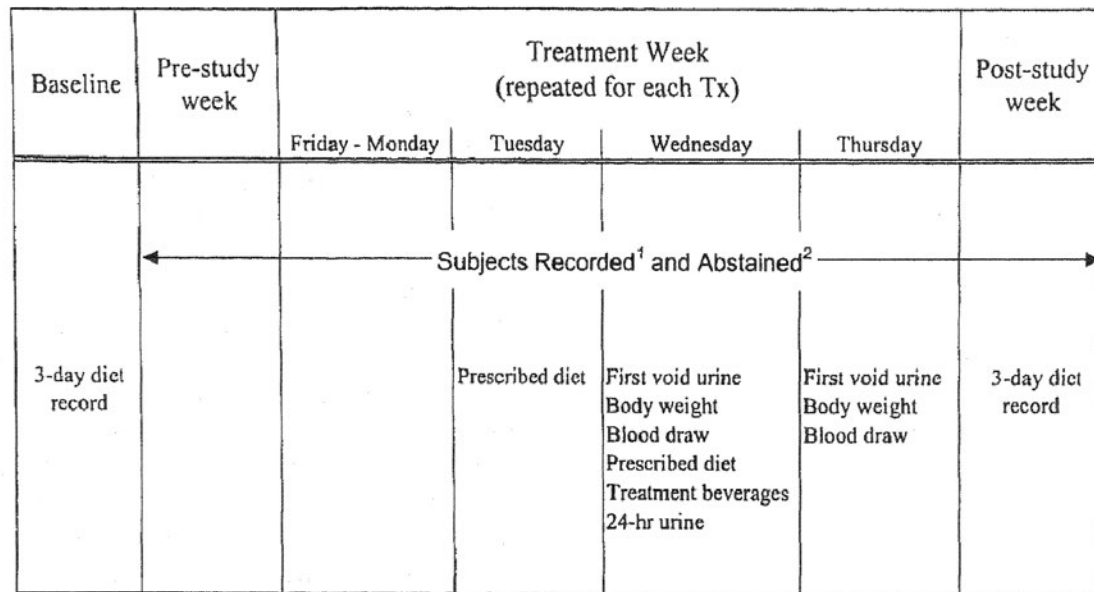
Die Teilnehmer wurden gleichmäßig und randomisiert auf die Abschnitte A-D aufgeteilt, wobei alle jeden Abschnitt einmal durchliefen. Der Abschnitt E galt als untergeordnetes Experiment, sodass er erst begann, als die anderen vier schon fertig waren. Daher nahmen hier nur noch 10 Freiwillige teil, die dann auch nicht mehr randomisiert aufgeteilt wurden.

Es wurde über jeden Versuchsabschnitt von den Teilnehmern ein Protokoll geführt. Die Protokollführung begann jeweils eine Woche vor dem Versuchsabschnitt und endete eine Woche danach. Hier wurde die Urinausscheidung, der Stuhlgang, zwei Mal am Tag das Körpergewicht, Flüssigkeitsverluste und die körperlichen Aktivitäten dokumentiert. Weiter durften

¹⁷ Vgl. Grandjean et al., Journal of the American College of Nutrition, 2000, S. 591-600

die Personen keine koffeinhaltigen Medikamenten u. ä., Nahrungsergänzungsmittel und Alkohol zu sich nehmen und keinen Sport treiben (s. auch Abbildung 4).

Studienaufbau:



¹ Subjects recorded:

- Body weight am., pm.
- Urinary frequency
- Stool output
- Other fluid losses

² Subjects abstained from:

- Exercise
- Dietary supplements
- Caffeine-containing medications and herbs
- Alcoholic beverages

Fig. 1. Schematic of study protocol.

Abbildung 4

7.2 Flüssigkeitsaufnahme

Die Flüssigkeitsaufnahme pro Person wurde aufgrund von medizinischen Empfehlungen auf 35 ml/kg Körpergewicht festgelegt. Von der Gesamtmenge wurde die Flüssigkeit aus den Speisen und 300 ml für Stoffwechsellverluste subtrahiert. Daher kam es zu einer durchschnittlichen Getränkemenge von 1745 ± 408 ml.

Alle Getränke sind kommerziell zu erwerben und wurden in neutralen Behältern serviert.

7.3 Diät

Eine Diätassistentin erstellte für jeden (aufgrund des vorangegangenen Ernährungsprotokolls) ein Tagesmenü. Dies wurde immer an zwei Tagen der Woche (Dienstag und Mittwoch) eingehalten. (Siehe Abbildung 4)

7.4 Urinproben

Bei jedem Versuchsabschnitt wurden drei Urinproben genommen: eine vor Versuchsbeginn, eine über 24 Stunden und eine nach dem Versuch. Der Urin wurde auf Chloride, Kalium, Natrium, Kreatinin, Osmolalität und dem spezifischen Gewicht untersucht.

7.5 Blutproben

Blutproben wurden vor und nach jedem Versuch entnommen. Die Hämoglobin- und Hematokritwerte wurden analysiert. Weiterhin wurden die Blutproben auf die Serumosmolalität, Chloride, Kalium, Natrium, Harnstoff-Stickstoffverbindungen, Kreatinin und Protein untersucht.

7.6 Statistik

Die Daten wurden mit SPSS 9.0 für Windows erfasst und mit dem „Kolmogorov-Smirnov Test“ ausgewertet. Um die Unterschiede der einzelnen Versuchsabschnitte zu erkennen, wurde der „Friedmann Test“ verwendet und um die Gemeinsamkeiten herauszuarbeiten der „Wilcoxon Signed Rank Test“.

7.7 Ergebnisse

7.7.1 Körpergewicht

Aus Tabelle 3 ist das Körpergewicht vor und nach den einzelnen Versuchsabschnitten zu entnehmen. Insgesamt verloren 78 % der Personen, ausgehend von allen Versuchsmöglichkeiten, leicht an Gewicht (durchschnittlich 0,30% in allen Versuchsabschnitten). Es wurden keine signifikanten Unterschiede der Änderung des Körpergewichts innerhalb der fünf Versuchsabschnitte, besonders im Vergleich zu T_x A, festgestellt. ($p < 0,05$)

Table 2. Pre and Post-Treatment Body Weights^{1,2,3}

	Tx A (n=18)	Tx B (n=18)	Tx C (n=18)	Tx D (n=18)	Tx E (n=10)
Pre-Treatment Body Weight (kg)	80.01 ± 12.34	80.29 ± 12.19	80.18 ± 12.42	80.23 ± 12.32	85.00 ± 12.29
Post-Treatment Body Weight (kg)	79.86 ± 12.19	79.95 ± 12.20	79.89 ± 12.27	79.93 ± 12.27	84.88 ± 12.34

¹ $\bar{x} \pm SD$.² Friedman's test was performed to detect any differences between the groups. The results were insignificant.³ Paired comparisons of Tx A with Tx B, C, D and E were made using Wilcoxon Signed Rank Test. All results were insignificant.**Tabelle 3****7.7.2 Urinausscheidung**

Die Urinvolumina sind aus Tabelle 4 zu entnehmen. Es wurden keine signifikanten Unterschiede, zwischen den fünf Versuchsabschnitten, in der Urinausscheidung, der Osmolalität, dem spezifischen Gewicht oder anderen Indizien aus dem Urin gefunden. Die Chloride, Natrium, Kalium und deren Verhältnis zueinander nahm überall ab, außer der Kaliumwert in T_x D, was mit dem Einfluss von Kaffee auf Kalium zu erklären ist.

Table 3. Twenty-Four Hour Urine Volumes and Select Indices by Treatment^{1,2,3}

	Tx A (n=18)	Tx B (n=18)	Tx C (n=18)	Tx D (n=18)	Tx E (n=10)
Urine Volume (mL)	1424 ± 395	1424 ± 410	1403 ± 431	1575 ± 524	1421 ± 437
Urinary Creatinine (mg/24 h)	1996.7 ± 285.3	1982.3 ± 401.6	1937.7 ± 270.7	1954.1 ± 248.6	1935.8 ± 532.6
Urinary Osmolality (mOsm/kg)	664.9 ± 200.4	666.4 ± 159.7	676.0 ± 181.8	644.9 ± 200.4	663.8 ± 196.5
Urinary Specific Gravity	1.018 ± 0.005	1.018 ± 0.004	1.018 ± 0.004	1.017 ± 0.005	1.018 ± 0.005

¹ $\bar{x} \pm SD$.² Friedman's test was performed to detect any differences between the groups. All results were insignificant.³ Paired comparisons of Tx A with treatments B, C, D and E were made using Wilcoxon Signed Rank Test. All results were insignificant.**Tabelle 4****7.7.3 Analyse der Blutproben**

Es wurden keine signifikanten Unterschiede, im Vergleich der fünf Versuchsabschnitte zueinander, in der Analyse der Blutwerte gefunden.

7.7.4 Koffeingehalt

In den einzelnen Versuchsabschnitten bekamen die Testpersonen Getränke mit unterschiedlichem Koffeingehalt zu trinken. Der Koffeingehalt von T_x B und T_x C lag bei 114 mg/d (± 26), das entspricht 1,4 mg/kg Körpergewicht, und in Tx D bei 253 mg/d (± 59), das entspricht 3,13 mg/kg Körpergewicht.

Die durchschnittliche Aufnahme von Koffein pro Tag lag bei den Testpersonen bei 180 mg/d (± 113) oder 2,3 mg/ kg Körpergewicht.

7.8 Diskussion

Das Körpergewicht ist das am besten und am einfachsten für die Praxis zu handhabende Indiz, um eine Dehydratation festzustellen. Bei einem raschen Gewichtsverlust von mehr als 3%¹⁸ – oder bei Kindern auch bei mehr oder weniger 5%¹⁹ – wird von einer Dehydratation gesprochen. Da der durchschnittliche Gewichtsverlust für alle Versuchsabschnitte bei 0,3 % lag, kann man sagen, dass der Gewichtsverlust klinisch nicht signifikant ist. Der geringe Gewichtsverlust kann durchaus durch alltägliche Unregelmäßigkeiten zustande kommen. Bei einem gesunden Erwachsenen kann man von Abweichungen des Gewichts von $\pm 0,22$ % ausgehen.

Unter normalen Bedingungen geht man von einem täglichen Urinvolumen von 1000 bis zu 1600 ml aus; die durchschnittliche Urinmenge in diesem Versuch lag bei 1403 ml bis zu 1575 ml. Im Vergleich von T_x B, C, D und E zu T_x A wurden, im Gegensatz zu andere Studien, keine signifikanten Unterschiede in der Urinausscheidung durch die Koffeinaufnahme festgestellt. Jedoch handelt es sich bei den meisten Studienteilnehmern, die von einer koffeininduzierten Diurese berichten, um „koffeinnaive“ Personen und/oder es wurde in diesen Studien nur für ein paar Stunden der Urin gesammelt.

Die Analyse der biochemischen Indizien für den Hydrationsstatus aus Urin und Blut zeigten keine signifikanten Unterschiede. Jedoch ist die Bedeutung dieser Indizien zur Beurteilung kleiner Änderungen der Hydratation nicht genau festgelegt und bekannt. Diese Werte sind sensibel genug, um aussagekräftige Indizien für kleinste Veränderungen der Hydratation zu sein.

Aufgrund von Untersuchungen von STOOKEY²⁰ u. a., die die Ursache von Flüssigkeitsverlusten untersuchten und gemeinsam mit dem Ergebnis, dass bei dieser Studie insgesamt in 78% aller Fälle eine Gewichtsabnahme festgestellt

¹⁸ Vgl. Weinberg et al. „Dehydration evaluation and management in older adults“; 1995 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

¹⁹ Vgl. Arant, BJ „Fluids and electrolyte abnormalities in children“; 1996 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

²⁰ Vgl. Stookey, J „The diuretic effects of alcohol and caffeine and total water intake mosclassification“; 1999 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

wurde, lassen vermuten, dass die optimale Flüssigkeitszufuhr von gesunden, „normalen“ Menschen höher liegt, als die bisher gültigen Empfehlungen.

7.9 Bedeutung

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen keine signifikante Veränderung des Hydrationsstatus bei verschiedenartiger Kombination von Getränken auf gesunde, erwachsene Männer. Mit diesem Ergebnis kann die allgemein verbreitete Annahme nicht unterstützt werden, dass koffeinhaltige Getränke sich negativ auf die Wasserbilanz auswirken und daher nicht zur Flüssigkeitsbilanz gezählt werden können.

Die allgemeine Gewichtsabnahme in allen Versuchsabschnitten, im Vergleich zu anderen Studien, (siehe oben) lässt den Schluss zu, dass die optimale Flüssigkeitsaufnahme eventuell höher liegt, als bisher allgemein empfohlen wird. Um diese Ergebnisse zu festigen und zu bestätigen sind weitere Untersuchungen nötig.

8.0 Studie „The Effect on Hydration of two Diets, One with and One without Plain Water“²¹

Von Ann C. Grandjean et al., 2003

8.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie ist eine randomisierte, kontrollierte, Crossover-Studie, die unter klinischen Bedingungen durchgeführt wurde.

Ziel der Studie war es, bei zwei völlig identischen Ernährungsweisen, die sich nur durch den Koffeinanteil in den Getränken unterschieden, den Hydrationsstatus zu untersuchen.

Es nahmen 27 gesunde Männer zwischen 19 und 38 Jahren und einem durchschnittlichen BMI von $23,7 \pm 2,3$ an der Studie teil. Die Teilnehmer tranken normalerweise Kaffee oder andere koffeinhaltige Getränke.

Die Versuchsteilnehmer wurde randomisiert in zwei Gruppen aufgeteilt: Gruppe A bekam reines Wasser zu trinken und in Gruppe B wurde das Wasser durch „Cola light“ ersetzt. Für die Studie wurden sie über einem Zeitraum von drei Tagen in einer klinisch-betreuten Umgebung 24 Stunden vollständig in ihrer Ernährung, ihrer sportlichen Aktivität und ihrem Lebensraum kontrolliert und überwacht.

8.2 Flüssigkeitsbedarf

Um den täglichen Flüssigkeitsbedarf zu decken bekamen die Personen 35 ml Flüssigkeit pro kg KG. Diese Menge, abzüglich der Flüssigkeit aus den Speisen, wurde für jeden einzelnen individuell berechnet. Die Getränke wurden auf einer Digitalwaage (Model XL6100, Denver Instruments, Arvada, CO) gewogen.

Die Flüssigkeitsaufnahme ist aus Tabelle 5 zu entnehmen.

8.3 Getränke

Die Getränke dieser Studie wurden so ausgewählt, dass sie den allgemeinen Getränkekonsument in den USA widerspiegeln, allerdings wurden Milch- und alkoholische Getränke ausgeschlossen. Da der Konsum von Wasser in den USA von 1994-1996 von HELLER und MICHAUD et al. (siehe vorangehende Studie) veröffentlicht wurde, wo sie beschrieben, dass etwa ein Drittel der gesamten, aufgenommenen Flüssigkeit pro Tag bei Personen zwischen 20 und 64 Jahren

²¹ Vgl. Grandjean et al., Journal of the American College of Nutrition, 2003, S. 165-173

aus reinem Wasser besteht, bestand ein Drittel der gesamten Flüssigkeit in Gruppe A aus reinem Wasser. Ein gleichartiger Ersatz, in Form von kalorienfreier, koffeinhaltiger Cola, ersetzte das Wasser im Versuchsabschnitt B. Das aufgenommene Flüssigkeitsvolumen war bei beiden gleich. Es gab Saft, Kaffee, kalorienhaltige, koffeinhaltige Cola und kalorienfreie, entkoffeinierte Cola in beiden Versuchen. (siehe Tabelle 5)

Table 1. Experimental Diets¹

	Food		Beverages	
	Trial A & B		Trial A	Trial B
Breakfast	Plain bagel (57)			
	Peanut butter (42)			
	Banana (126)			
	Orange juice		128 mL	128 mL
	Instant coffee		343 mL	343 mL
Noon meal	White bread (42)			
	Sliced turkey breast (84)			
	American cheese (14)			
	Lettuce leaf (15)			
	Mayonnaise (12)			
	Potato chips (28)			
	Chocolate chip cookie (38)			
	Regular cola		343 mL	343 mL
	Caffeine-free diet cola		193 mL	0 mL
	Diet cola		0 mL	193 mL
Mid-afternoon snack	Water		492 mL	0 mL
	Diet cola		0 mL	492 mL
Dinner	Beef patty (71)			
	Hamburger bun (47)			
	Ketchup (11)			
	Mustard (5.5)			
	Macaroni salad (97)			
	Baby carrots (60)			
	Ranch dressing (24)			
	Applesauce (126)			
	Water		193 mL	0 mL
	Caffeine-free diet cola		150 mL	343 mL
Evening snack	Vanilla ice cream (66)			
	Orange juice		215 mL	215 mL
	Energy		10.1 MJ	10.1 MJ
			2421 kcal	2421 kcal
	Total fluid (mL)		2615	2615
	food (mL)		558	558
	beverage (mL)		2057	2057
	Plain water (mL)		685	0
	Protein (g)		68	68
	Carbohydrates (g)		301	301
	Fat (g)		112	112
	Potassium (mg/mEq)		2820/72	2855/73
	Sodium (mg/mEq)		3625/158	3616/157
	Caffeine (mg)		155	245

¹ Portion size (g) in parenthesis.

Tabelle 5

Die aufgenommene Energie und die Nährwertanalyse war bei beiden Diäten gleich, außer Kalium und Natrium, die sich im Vergleich zu Gruppe A minimal unterschieden. Der Koffeinanteil in Gruppe A von $2,09 \pm 0,04$, im Vergleich zu Gruppe B mit $3,30 \pm 0,06$ mg/kg KG, war bedeutend größer.

Die Varianz von Koffein in den zwei Versuchsabschnitten war nicht zufällig. Sie basiert zum Teil auf Hypothesen, die besagen, dass 75% der täglichen Flüssigkeitsaufnahme in Form von koffeinhaltigen Getränken nicht mehr die Hydratation verändert, als der Konsum von 100% reinem Wasser.

8.4 Diät

Die Energiemenge des Studienmenüs jeder einzelnen Person wurde durch Berechnung des täglichen Energiebedarfs bestimmt, abzüglich der Energie aus den Getränken. Der tägliche Energiebedarf wurde mit dem Faktor $1,3 \times$ Grundbedarf ermittelt.

Dasselbe „Ein-Tages-Menü“ wurde alle vier Tage, bei beiden Versuchsabschnitten, serviert (Vorbereitungstag und die drei Versuchstage) (Siehe auch Tabelle 5). Das Menü war so konzipiert, dass es Speisen enthielt, bei denen der Wassergehalt genau nachvollziehbar war und minimale Unterschiede der Inhaltsstoffe durch die Zubereitung entstanden.

8.5 Verfahren

Ein Schema des Studienablaufs und des Protokolls ist in Abbildung 5 dargestellt. Um zu verhindern, dass die Personen hypohydriert die Studie beginnen, wurde ihnen aufgetragen, dass sie drei Tage (Montag – Mittwoch) vor dem Vorbereitungstag (Donnerstag) kein Sport treiben sollen und keine alkoholischen Getränke, rezeptfreie Medikamente und diätetische Nahrungsergänzungen zu sich nehmen sollten. Zusätzlich bekamen die Personen eine Liste über mögliche Ursachen, die die Wasserbilanz beeinflussen könnten; z. B. Diarrhö, Schwitzen, u. a. Wenn die Flüssigkeits- oder die Elektrolytbilanz gestört war, wurde die Person vorsorglich von dem Versuch ausgeschlossen.

Table 2. Schematic of Study Design and Experimental Protocol

Run-In	Stabilization	Trial Period, Confined			Post-Study
Mon, Tues, Wed	Thurs	Fri	Sat	Sun	Mon
Alcohol, OTC medications, dietary supplements, exercise restricted	Diet and beverages provided Weight a.m., p.m. 6 p.m. Check-in	Pre-trial urine (first a.m. void) Start 1 st 24-hour urine	Start 2 nd 24-hr urine after first a.m. void Food and beverage consumption controlled Weight measured a.m., p.m.	Start 3 rd 24-hr urine after first a.m. void	Post-trial urine (first a.m. void) End 24-hour urine 8 a.m. Discharge Repeat protocol for second study period

Abbildung 5

8.6 Körpergewicht

Ein geprüfter Untersuchungsbeauftragter wog die Personen, nur in Papierkleidung, mit einer digitalen Waage ($\pm 100\text{g}$, Model SR555, SR Instruments, Inc., Tonawada, NY). Die Testpersonen wurden auf diese Weise zwei Mal am Tag gewogen. Jedoch wurden nur die Messungen am Morgen zu den aktuellen Ergebnissen hinzugefügt, die Messung am Abend diente nur zum Vergleich.

8.7 Urinproben und Analyse

Die erste 24-Stunden-Sammlung begann mit der zweiten Entleerung am Freitag und wurde bis zu der ersten Entleerung am Samstag durchgeführt. Die 24-Stunden-Sammlung von Samstag auf Sonntag verlief nach demselben Schema. Proben von Freitag und Montag wurde noch beigefügt, um drei vollständige 24-Stunden-Urinsammlungen zu haben.

Bei den 24-Stunden-Urinproben wurde das Volumen und die Kreatininwerte gemessen und auf Chloride, Natrium, Kalium - und deren Verhältnis zueinander – Osmolalität und das spezifische Gewicht analysiert.

8.8 Statistik

Die Daten wurden mit „ClinQuick“ und „Oracle“ bearbeitet. Um die Unterschiede der beiden Gruppen herauszufiltern, wurde der „t-test“ durchgeführt.

8.9 Ergebnisse

8.9.1 Körpergewicht

Die meisten Teilnehmer verloren einen geringen Anteil an Gewicht in beiden Versuchsabschnitten. Die höchste Änderung des Gewichtes im Abschnitt A lag bei -0,5kg und im Abschnitt B bei -0,6kg. Es wurde also keine signifikante Gewichtsveränderung im Abschnitt A zu Abschnitt B festgestellt ($p > 0,05$)

8.9.2 Veränderungen im Urin

Es wurden, aufgrund von Fehlern bei der Urinsammlung, nur die Ergebnisse von 22 Personen präsentiert. Auch hier gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

Die Ergebnisse von den 24-Stunden-Werten von Kreatinin, Osmolalität, spezifischem Gewicht, Chloride, Natrium, Kalium und deren Verhältnis weisen keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Versuchsabschnitten auf.

Die Werte von Chloriden, Natrium, Kalium, das Verhältnis von Natrium/Kalium, Kreatinin, Osmolalität und das spezifische Gewicht vor und nach dem Versuch weisen keine signifikanten Unterschiede auf. Alle Personen befanden sich vor und nach dem Versuch in einem ausgewogenen Hydrationsstatus. Es gab allgemein keine signifikanten Unterschiede zwischen Gruppe A und B.

8.10 Diskussion

Der Schwerpunkt dieser Studie lag darin, bei gesunden, „normalen“ Personen den Effekt auf die Hydratation bei einer identischen Ernährungsweise festzustellen, die nur einen Unterschied aufwies, nämlich die Getränkeaufnahme. Die Studie wurde unter drei Aspekten aufgebaut: die Flüssigkeitsaufnahme, die Kalorienaufnahme und die Indizien, die auf den Hydrationsstatus weisen.

Der Wassergehalt in der Diät der Studie war relativ gering. Die Nahrung, die für die Studie gewählt wurde, wurde vor allem aufgrund ihres relativ konstanten Wassergehaltes gewählt. Sie waren aber auch nicht atypisch für die Ernährungsweise vieler Amerikaner. Eine Ernährung, die einen höheren Anteil an Früchten, Gemüse, Pasta, Reis, Suppe, Joghurt und ähnliches enthält, hat auch einen höheren Wasseranteil. Aber der Flüssigkeitsbedarf würde auch aufgrund der vermehrten körperlichen Aktivität und Schwitzen unter „normalen“ Bedingungen ansteigen.

Die zweite wichtige Überlegung war die Einschätzung des Energieverbrauchs: Ein Gewichtsverlust, der jedoch nicht statistisch oder klinisch signifikant war, wurde in beiden Gruppen beobachtet. In Anbetracht, dass die Ergebnisse des Urins nicht auf eine Dehydratation hinwiesen, ist die plausibelste Erklärung für den geringen Gewichtsverlust, dass im Muskel enthaltene Glykogen abgebaut wurde.

Ein dritter Aspekt des Studiendesigns, war die Auswahl von anwendbaren und sehr sensiblen Indizien für die Messung geringer Veränderungen der Hydratation. Änderungen des Körpergewichtes wurden als Messinstrument für die Hydratation gewählt, da bei Personen die ausreichend Essen, eine akute (ca. 72 Stunden) Gewichtsveränderung fasst immer auf eine Veränderung der Wasserbilanz hinweist. VALTIN und SCHAEFER²² vertreten in ihrem Buch die Meinung, dass das Körpergewicht ein sehr akkurater und einfacher Indikator ist, um den Hydrationsstatus zu bestimmen; der kostengünstiger angewendet werden kann als andere Methoden zur Bestimmung der Wasserbilanz.

Der Hydrationsstatus wurde über einen Zeitraum von mehreren Tagen beobachtet, weil die Testpersonen nicht in eine akute Dehydratation geführt werden sollten. Die Analysen des Urins bestätigten die Ergebnisse von den Messungen des Körpergewichtes. 24-Stunden-Urinsammlungen wurden vorgenommen, da einzelne Urinproben aufgrund des zirkadianen Rhythmus nicht repräsentativ sind. Letztendlich sind diese Ergebnisse nur vorläufig, aber sie zeigen deutlich, dass eine Ernährung mit reinem Wasser oder eine Ernährung ohne die Aufnahme von reinem Wasser – bei dieser Diät für drei Tage – keinen Einfluss auf die Hydratation hatte. Es ist nicht die Absicht der Autoren, die Empfehlung auszusprechen, dass man kein Wasser trinken soll. Reines Wasser ist so gut wie jedes andere vergleichbare Getränk auch, um die Hydratation aufrechtzuerhalten.

²² Valtin et al., „Renal Function. Mechanisms Preserving Fluid and Solute Balance in Health“; 1995 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

9.0 Studie „The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood“²³

Von D. Scott et al., 2004

9.1 Studiendesign

Die vorliegende Studie ist eine randomisierte Studie.

Ziel dieser Studie war es den Effekt von Tee in großer Höhe auf den Hydrationsstatus und auf die Stimmung zu untersuchen. Dazu wurde ein Studiendesign gewählt, dass die Bedingungen, unter denen das Getränk meistens getrunken wird, wiedergibt. Daher fand das Experiment im Mt. Everest „base camp“ auf 5.345 m Höhe statt. Die teilnehmenden Personen waren schon einer erhöhten Gefahr, eine Diurese zu bekommen, aufgrund der Höhe und der Kälte, ausgesetzt.

Es waren insgesamt 13 gesunde Teilnehmer (9 Männer und 4 Frauen), die zwischen 18 und 51 Jahren alt waren und alle schon vor Versuchsbeginn regelmäßig Tee tranken.

Die Teilnehmer wurden in zwei Gruppen randomisiert aufgeteilt. Ein Versuch dauerte 24 Stunden, wobei alle 12 Stunden vor Beginn keinen Alkohol, koffeinhaltige Getränke oder Nahrungsmittel zu sich nehmen durfte. Die „Tea“ Gruppe musste mindestens zwei Tassen (à 400 ml) während des Tages trinken. Der Koffeingehalt betrug 67,3 mg/g in nicht zubereitetem Tee und Theobromin 4,8 mg/g. Es wurden kein Theophyllin gefunden. Jede Person konnte sich den Tee nach eigenem Geschmack zubereiten. Der zweiten „No-tea“ Gruppe war es zusätzlich zu koffeinhaltigen Lebensmitteln und Getränken untersagt, den Tee aus der ersten Gruppe zu trinken.

9.2 Methoden

Die Teilnehmer mussten über ihren Getränkekonsum Protokoll führen und bekamen Flaschen, mit denen sie die Menge Getränke- und Urinmenge abmessen konnten. Es wurden Urinproben während der 24 Stunden, die der Versuch dauerte, morgens vor Versuchsbeginn und eine morgens nach dem Versuch gesammelt. Die letzten beiden Proben wurden auf das spezifische Gewicht, pH-Wert, Natrium, Kalium und die Urinfarbe getestet. Aufgrund dieser

²³ Vgl. Scott et al., Eur J Appl Physiol, 2004, S. 493-498

Untersuchung wurde festgestellt, dass die Teilnehmer den Versuch leicht hypohydriert begannen.

Um die Stimmung zu testen, wurde am Ende jeden Versuchstages ein Test durchgeführt, in dem die Personen auf einer Skala von 1 bis 10 ankreuzen konnten, wie sie sich fühlen.

Sie mussten ebenfalls einen Test machen, in dem festgestellt wurde, ob sie an gesundheitlichen Problemen aufgrund der Höhe leiden.

9.3 Statistik

Um die zwei verschiedenen Gruppen miteinander zu vergleichen wurde der „t-Test“ verwendet. Es wurden auch die Urinproben vor und nach dem Versuch miteinander verglichen.

9.4 Ergebnisse

Alle 13 Teilnehmer absolvierten den Versuch vollständig.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede in der Hydration bei beiden Gruppen vor Beginn des Versuchs festgestellt. Das Flüssigkeitsvolumen war in der „Tea“ Gruppe 3.193 ml und einem Urinvolumen von 2.625 ml im Vergleich zu „No-tea“ 3.108 ml und 2.625 ml bei beiden Gruppen ziemlich ähnlich. Es wurden keine signifikanten Unterschiede im Verhältnis von Flüssigkeits- zu Urinvolumen gefunden ($p = 0,81$). Die Ergebnisse der Urinanalyse sind in Tabelle 6 aufgezeigt. Auch innerhalb der beiden Gruppen gab es keine wesentlichen Unterschiede, was den Hydrationsstatus betrifft. Es wurden auch keine signifikanten Unterschiede bei sechs von sieben Faktoren zur Erfassung der Stimmung gefunden. Nur der Faktor „Ermüdung“ war in der „Tea“ Gruppe niedriger ($p = 0,005$).

Table 1 Effect of experimental conditions on urinary measures of hydration after 24 h. Values are mean (SE). No differences were significant, $P < 0.05$

Urinary measure	No-tea condition			Tea condition		
	Before	After	$t_{(12)}$	Before	After	$t_{(12)}$
Specific gravity	1.021 (0.002)	1.024 (0.001)	1.67	1.022 (0.002)	1.025 (0.001)	1.15
Urine colour	1.9 (0.3)	2.0 (0.2)	0.38	2.0 (0.3)	2.2 (0.4)	0.35
Sodium (mmol/l)	94.1 (11.4)	110.8 (14.8)	1.56	86.0 (12.3)	102.4 (10.9)	1.35
Potassium (mmol/l)	30.1 (5.8)	29.2 (4.1)	-0.19	22.3 (3.7)	29.7 (5.0)	1.30

Tabelle 6

9.5 Diskussion

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass der Teekonsum, der hier unter möglichst natürlichen Bedingungen nachgestellt wurde, nicht den Flüssigkeitsverlust und die Dehydratation fördert. Es wurden keine Unterschiede in den Urinvolumina gefunden, jedoch zeigte sich ein deutlich geringes Ermüdungsgefühl.

Obwohl in anderen Studien (siehe MAUGHAN) eine Grenze von 300 mg Koffein (=5-8 Tassen Tee) gesetzt wurde, um keine Diurese zu bewirken, wurden in dieser Studie 8-9 Tassen Tee getrunken und keine Diurese festgestellt. Der Unterschied kann darin liegen, dass seine Empfehlungen für Höhen am Meeresspiegel ausgesprochen wurden. Auch wurde aufgrund der Versuchsbedingungen der Koffeingehalt der einzelnen Getränke nicht gemessen. Es ist allgemein bekannt, dass eine Toleranz gegenüber Koffein bei regelmäßigem Konsum entsteht. Vielleicht ist dies auch eine Erklärung, dass kein diuretischer Effekt aufgetreten ist. Diese Studie wurde unter möglichst natürlichen Umständen vollzogen, was einen Unterschied zu Studien, die nur reines Koffein verwenden, ausmachen kann.

Die Wirkung des Tees auf die Stimmung wurde schon in anderer Literatur zu diesem Thema beschrieben. Die Personen fühlen sich weniger müde nach dem Konsum von Tee, ansonsten hat der Tee keine Wirkung auf die allgemeine Stimmungslage. Hierzu müssten jedoch auch noch weitere Studien erstellt werden, um die genaue Wirkung von Tee in großer Höhe auf die Stimmung genau zu bestimmen.

Durch diese Ergebnisse können praktische Empfehlungen für Personen, die in großer Höhe klettern oder wandern, formuliert werden: Es wurden keine Hinweise darauf gefunden, dass es zu einem Flüssigkeitsverlust kommt, sodass Tee, eine nützliche Flüssigkeitsquelle ist, um die Hydratation aufrecht zu erhalten. Gerade bei Personen, die regelmäßig Tee trinken, gibt es keine Hinweise darauf, dass der Teekonsum in großer Höhe eingeschränkt werden soll. Dies ist insofern für die Praxis bedeutend, da in großer Höhe das Nahrungsangebot sehr beschränkt ist, der Appetit möglicherweise eingeschränkt ist und dennoch eine vollwertige Ernährung wichtig ist. So kann Tee eine Abwechslung im beschränkten

Getränkeangebot darstellen und gleichzeitig enthält er zusätzliche gesunde Inhaltsstoffe, wie Antioxidantien z. B. Flavonoide²⁴.

Diese Studie zeigt, dass es auch in großer Höhe, wenn der Hydrationsstatus angegriffen ist, keine Hinweise darauf gibt, dass Tee einen diuretischen Effekt auf regelmäßige Teetrinker hat, aber die Stimmungslage positiv beeinflusst wird.

²⁴ Vgl. Wismann et al., „Antioxidants in tea“, 1997 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

10.0 Studie „Caffeine, Body-Electrolyte Balance, and Exercise Performance“²⁵

Von L. E. Armstrong, 2002

10.1 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein Review.

Es wurde in einem Zeitraum der letzten 30 Jahre eine Analyse der vorhandenen wissenschaftlichen Literatur vorgenommen. Da große Flüssigkeitsverluste oft mit Kreislaufproblemen einhergehen und sich negativ auf den gesamten Organismus auswirken, wird gleichzeitig dadurch auch die körperliche Leistung geschwächt. Da Koffein allgemein als Diuretikum gilt, wird Sportlern meistens geraten, auf koffeinhaltige Getränke zu verzichten. Ziel dieser Studie war es, die Wirkung von Koffein auf die Dehydration und die körperliche Leistung zu beurteilen und herauszufinden, ob es aus wissenschaftlicher und physiologischer Sicht sinnvoll ist, auf einen Verzicht von koffeinhaltigen Getränken zu plädieren.

10.2 Diuretika im Sport

Studien haben ergeben, dass eine durch Diuretika induzierte Dehydration die Leistung beeinträchtigt. Trotzdem werden in einigen Sportarten diuretisch wirkende Medikamente – auch Koffein – missbraucht, um beispielsweise „Gewicht zu machen“; Verlust von 3-4 kg Körpergewicht in 3-4 Tagen. Aufgrund der hohen Koffeindosen treten schon gesundheitliche Probleme auf (siehe Kapitel 4.0). Jedoch sollte man aufgrund dieser negativen Beispiele nicht annehmen, dass eine „Durchschnittsperson“, die mehrmals in der Woche Sport betreibt, ihrer Gesundheit schadet, wenn sie täglich ein bis zwei koffeinhaltige Getränke täglich konsumiert.

BARCLEY fand schon 1947 heraus, dass Wasser in großen Mengen leicht diuretisch wirkt, in dem es die Urinausscheidung anregt. Ähnliches gilt auch für Sportgetränke, die Flüssigkeits- und Elektrolytverluste wieder ersetzen sollen. Dies bedeutet nicht, dass Sportler kein Wasser und Elektrolytgetränke mehr trinken sollen. Es zeigt nur, dass die Aussage, dass sportlich aktive Menschen keine diuretisch wirkenden Getränke verzehren sollen, sehr kritisch und qualifiziert betrachtet werden muss.

²⁵ Vgl. Armstrong, L., „International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism“; 2002, S. 205-222

10.3 Der diuretische Effekt von Koffein

Aufgrund des Potenzials von Koffein diuretisch zu wirken (siehe Kapitel 4.3.5), wird oft geraten, dass sportlich aktive Personen koffeinhaltige Getränke meiden sollen. Es gibt allerdings bisher keine wissenschaftliche Grundlage für diese Empfehlungen²⁶. Ganz im Gegenteil dazu haben NEHLING und DEBRY²⁷ und SINCLAIR und GEIGER²⁸ herausgefunden, dass koffeinhaltige Getränke und ein Placebo die Wasserbilanz während einer körperlichen Belastung gleich beeinflussen. Es wurden Studien untersucht, die eine Koffeingabe mit Wasser oder einem Placebo vergleichen (siehe Tabelle 7). Die ersten acht Studien wurden alle in Ruhe erstellt; bei zwei von ihnen befanden sich die Teilnehmer in der Rehydrationsphase, nach einer durch Belastung induzierten Dehydratation. Nur in einer Studie wurden Urinproben auch während der körperlichen Belastung genommen. Die letzte Studie soll die diuretische Wirkung von reinem Wasser demonstrieren.

Bei den meisten wirkt Koffein leicht diuretisch. Bei einer kleineren Koffeindosis (114-249 mg) ist das Urinvolumen nicht so groß, wie bei einer höheren Koffeindosis (< 250 mg). Um so größer die körperliche Anstrengung war, desto mehr Wasser wurde aus den koffeinhaltigen Getränken im Körper gespeichert. Auch dauerte kein Versuch länger als sechs Stunden, sodass Langzeitwirkungen von Koffein auf den Körper nicht bekannt sind.

²⁶ Vgl. Spriet et al., „Caffeine and Performance“; 1995 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

²⁷ Vgl. Nehling et al., „Caffeine and sports activity“; 1994 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

²⁸ Vgl. Sinclair et al., „Caffeine use in sports“; 2000 – Zitiert aus der vorliegenden Studie

Vergleich von Koffeingehalt und Urinvolumen		
	Caffeine	Urin volumchange
Caffeine vs. Placebo or Water		
Dorfmann and Jarvik	300 mg	+ 15%
Robertson et al.	250 mg /300 ml	28%
Massey and Wise	150 mg / 300 mg	+ 14% / 35%
Massey and Berg	150 mg / 300 mg	- 8% / 17%
Bergmann et al.	247 mg	+ 34%
Grandjean et al.	114 mg / 253 mg	0% / + 11%
<i>Experiments involving rehydration and exercise</i>		
Gonzalez-Alonso et al.	250 mg	+ 18%
Brouns et al.	379 mg	+ 4%
Wemple et al.	490 – 680 mg	- 11% / -1% / +31% / -19%
Water only at rest		
Barcley et al.	800 ml reines Wasser	+ 494% / 662%

Tabelle 7

10.4 Koffein und Elektrolytverluste im Urin

In allen Versuchen führt Koffein zu einer Ausscheidung von Natrium. Die Kaliumausscheidung wurde weniger beeinflusst. Diese Verluste sind nicht besonders hoch und daher nicht von großer Bedeutung.

Es gibt keine Hinweise darauf, dass Koffein das Elektrolytgleichgewicht in dem Maße stört, dass es Einfluss auf die Leistung oder die Gesundheit nimmt.

10.5 Fazit

Die Analysen der wissenschaftlichen Literatur lassen folgenden Schluss zu:

1. Bei einer täglichen Koffeinaufnahme von weniger als 300 mg wird eine leichte Diurese, ähnlich bei Wasser, beobachtet. Es gibt jedoch keine Hinweise darauf, dass dadurch ein Ungleichgewicht in der Flüssigkeits-Elektrolyt-Balance entsteht und es so zu einer Minderung der Leistung oder der Gesundheit, bei einer typischen U.S-amerikanische. Ernährungsweise, kommt.

Im Vergleich von Koffein (100-680 mg) mit Wasser bzw. Placebo wurden kein statistisch relevanten Unterschiede im Urinvolumen entdeckt.

2. Beim Konsum von koffeinhaltigen Getränken wurden ca. 0-84% des aufgenommen Volumens absorbiert; ähnlich wie bei Wasser (0-81%). Der Flüssigkeitsverlust ist bei koffeinhaltigen Getränken und Wasser geringer, wenn bereits eine Dehydration besteht.
3. Es gibt keinen Hinweis darauf, dass sich Koffein, bei einer hohen Außentemperatur, während einer Belastung negativ auswirkt.
4. Es sind weitere Studien notwendig, um die Wirkung von hohen Koffeindosen (> 680 mg) auf den Flüssigkeits- und Elektrolythaushalt zu erkennen.
5. Während einer langen Belastung (~ 4 Stunden) wird das Urinvolumen, im Vergleich zum Placebo, geringer und damit auch die Natrium- und Kaliumverluste. Jedoch müssen die Langzeiteffekte von Koffein erst noch weiter untersucht werden.
6. Es wird schon bei kleinen Koffeindosen (34 mg bei einer 70 kg Person) relativ schnell eine Toleranz entwickelt.

Es ist daher unwahrscheinlich, dass sich koffeinhaltige Getränke negativ auf den Elektrolyt- und Flüssigkeitshaushalt auswirken; bei durchschnittlichen Personen noch weniger, da sie keine extremen Verluste durch starkes Schwitzen haben.

11.0 Studie „Caffeine ingestion and fluid balance: a review“²⁹

Von R. J. Maughan et al., 2003

11.1 Studienaufbau

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um ein Review.

Bei dem Konsum von Koffein und andere Methylxanthine wurde oftmals ein diuretischer Effekt beobachtet. Daher wird den Konsumenten oft geraten, Getränke mit solchen Inhaltsstoffen in Situationen, in denen eine ausgeglichene Wasserbilanz nicht sichergestellt ist, zu meiden. Ziel dieser Studie ist es nun, die vorhandene Literatur, die sich mit dem Thema „Einfluss von Koffeinkonsum auf die Wasserbilanz“ beschäftigt, zu evaluieren und gezielte und evidenzbasierte (siehe Kapitel 12.0) Empfehlungen für den Konsum von koffeinhaltigen Getränken – in Bezug auf eine optimale Hydratation – zu formulieren.

11.2 Methoden

Es wurde eine Literaturrecherche durchgeführt, in der hauptsächlich die Daten aus der „Medline“ verwendet wurden. Es wurden Publikationen aus dem medizinisch-wissenschaftlichen Bereich innerhalb eines Zeitraums von Januar 1966 bis März 2002 herangezogen. Bei der Recherche wurden folgende Suchbegriffe verwendet: tea, coffee, caffeine, diuresis, fluid balance und water-electrolyte balance.

Darauf folgend wurde eine zweite Recherche durchgeführt, in der die Literatur aus den Quellenangaben der vorherigen Recherche ausfindig gemacht wurde. Schließlich wurde noch eine „Handsuche“ von Studien, Reviews und Büchern, die nicht in der „Medline“ zu finden waren, gemacht.

11.3 Ergebnisse

Der Effekt von Koffein auf die Wasserbilanz

Es ist relativ wenig Literatur über den Effekt von koffeinhaltigen Getränken auf die Wasserbilanz vorhanden. Meistens wurde nur die Wirkung von Koffein selbst beschrieben und in vielen Studien können die Ergebnisse nicht auf eine breite Bevölkerungsschicht übertragen werden. Bisher ist auch noch wenig über die Wirkung von Koffein bezüglich des Alters und des Geschlechts bekannt, jedoch

²⁹ Vgl. Maughan et al., Human Nutrition Dietet, 2003, S. 411-420

gibt es Hinweise darauf, dass die Östrogenwerte die Absorption von Koffein beeinflussen³⁰.

In den meisten Büchern der Ernährung oder der Medizin wird gar keine Stellung zum Effekt von Koffein auf die Wasserbilanz genommen. Des Weiteren werden kaum Gründe für die diuretische Wirkung von Koffein genannt.

In den meisten Studien, die von einem diuretischen Effekt beobachteten, sollten die Personen einige Tage bis Wochen vor Versuchsbeginn vollkommen auf Koffein verzichten.

Die gleiche Koffeinmenge hat eine unterschiedliche Wirkung auf Personen mit sehr unterschiedlichen Körpermassen; in den Studien wurde nicht auf die Körpermasse der Personen eingegangen.

Der individuelle Hydrationsstatus der einzelnen Person zu Beginn der Studie könnte auch auf den Effekt von Koffein Einfluss nehmen, dies wurde in den wenigsten Studien untersucht. Bisher ist es nicht bekannt, ob sich der diuretische Effekt vielleicht verringert, wenn die betreffende Person leicht dehydriert ist.

Die Ergebnisse der verwendeten Studien sind aus Abbildung 6 zu entnehmen. Die Studien im Vergleich lassen den Schluss zu, dass eine Aufnahme von größeren Mengen Koffein (ca. 250 – 300 mg), was einer Menge von 2-3 Tassen Kaffee oder 5-8 Tassen Tee entspricht, zu einem kurzzeitigen Anstieg der Urinausscheidung führt. Jedoch vor allem bei Personen, die vor dem Koffeinkonsum für einige Tage oder Wochen kein Koffein zu sich genommen haben. Personen, die regelmäßig Kaffee oder Tee trinken entwickeln eine deutliche Toleranz gegenüber dem diuretischen Effekt oder anderen Wirkungen von Koffein auf den Organismus. Koffeindosen, die mit den standardisierten Mengen von Kaffee, Tee oder anderen kohlenhydrathaltigen Softdrinks übereinstimmen, haben keinen diuretischen Effekt.

³⁰ Vgl. Graham et al., „The metabolic and endurance exercise effects of coffee and caffeine ingestion“, 1998

Table 1 Impact of caffeine ingestion on urine flow*

Caffeine dose (mg)	Diuretic effect	Reference
642	Yes	Neuhauser-Berthold <i>et al.</i> (1997)
586	Yes	Wemple <i>et al.</i> (1996)
360	Yes	Passmore <i>et al.</i> (1987)
250	Yes	Nussberger <i>et al.</i> (1990) [†]
250	Yes	Robertson <i>et al.</i> (1978)
300	No	Dorfman & Jarvik (1970)
253	No	Grandjean <i>et al.</i> (2000)
180	No	Passmore <i>et al.</i> (1987)
114	No	Grandjean <i>et al.</i> (2000)
90	No	Passmore <i>et al.</i> (1987)
45	No	Passmore <i>et al.</i> (1987)

*The study of Eddy & Downs (1928) has been excluded on the grounds of an inadequate subject number ($n = 3$).

[†]There are some uncertainties (identified in the text) over the methodology used by Nussberger *et al.*, (1990) and these results should perhaps be ignored.

Abbildung 6

11.4 Koffeingehalt in verschiedenen Getränken

Der Koffeingehalt in den meisten Getränken ist starken Schwankungen unterworfen – der von der Zubereitung und anderen Faktoren abhängig ist – wie in Tabelle 8 zu sehen ist. Daher müssen die Angaben der Koffeinzufuhr in Studien mit Vorsicht betrachtet werden.

Weiter können andere Methylxanthine, außer Koffein, in den Getränken zu der Diurese beitragen. Es ist nicht immer korrekt, wenn die Diurese dann nur auf das Koffein zurückgeführt wird.

Table 2 Caffeine content of various commonly consumed beverages

Source	Caffeine content (mg) per serving*			
	MAFF (1998)	Ziegler [†]	McArdle [‡]	Thomas [§]
Tea	40	59	12–67	15–75
Instant coffee	58	76	53–144	61–70
Filter coffee	61–125	105	85–200	97–125
Hot chocolate	–	21	8–13	–
Cola	23	70	36–59	43–65

Tabelle 8

11.5 Bedeutung

Es lassen sich drei Rückschlüsse über die Wirkung von Koffein ziehen:

1. Hohe Koffeindosen (mehr als 250 mg) haben einen kurzfristigen diuretischen Effekt.
2. Einzelne Koffeindosen, die in üblich konsumierten Getränken zu finden sind, haben nur geringe oder gar keine diuretische Wirkung.
3. Konsumenten, die regelmäßig Koffein aufnehmen entwickeln eine Toleranz gegenüber den Effekten von Koffein und die Wirkung von Koffein wird stark eingeschränkt.

Diese Schlüsse lassen sich aus den vorhandenen Studien ziehen, jedoch ist es auf jeden Fall notwendig, dass weitere gut strukturierte Studien zu diesem Thema gemacht werden. Bei den meisten bestehenden Studien ist es nicht möglich, die Qualität zu ermitteln. Es existiert zu wenig Information wie sich Koffein auf Faktoren wie Alter, Geschlecht, Hydrationsstatus oder Ernährungszustand auswirkt.

Die meisten Studien sind daher keine Hilfe zur Formulierung von allgemeinen Empfehlungen für den Umgang mit koffeinhaltigen Getränken im Alltag oder unter besonderen Bedingungen. Bisher lässt sich daher nur allgemein empfehlen, dass der tägliche Koffeinkonsum nicht 300 mg übersteigen soll, um keine diuretische Wirkung zu erzielen.

12.0 Evidenzbasierte Medizin

Eine mögliche Übersetzung für den Begriff „evidence-based medicine“ (EBM) wäre „nachweisbare Medizin“. Es lässt sich daraus schon schließen, worauf die evidenzbasierte Medizin hinarbeitet: eine gezielte Einbindung der neusten, fundierten wissenschaftlichen Erkenntnisse in die tägliche Praxis. Bei der Masse von neuen wissenschaftlichen Studien ist es schwer, die besten Evidenzen herauszufiltern und sie bei medizinischen Therapemaßnahmen einzusetzen. Es sollen daher aktuelle Forschungsergebnisse systematisch evaluiert werden und nach standardisierten Leitlinien bewertet werden, um so eine bessere und qualitätsgesicherte Übersicht und Wissensbasis für Arzt und Patient zu schaffen. Dies hat zum Ziel eine bessere Gesundheitsvorsorge zu schaffen und somit auch unter Umständen mehr Lebensqualität beim Patienten zu erreichen. Dieses Vorhaben wird umgesetzt, in dem vorhandene Studien in systematische Übersichtsarbeiten (Reviews) und Metaanalysen – nach einer systematischen Vorgehensweise – zusammengefasst werden.

Diese Art der evidenzbasierten Medizin wird durch die Cochrane Collaboration, bestehen aus 49 weltweit operierenden „Collaborative Review Groups“ umgesetzt. Zwei befinden sich in Deutschland, ein Mal die „Cochrane Metabolic and Endocrine Disorders Group“ in Düsseldorf und die „Cochrane Haematological Malignancies Group“ in Köln. Weitere Gruppen beschäftigen sich:

- Mit methodischen Verbesserungen der systematischen Reviews („Methods Working Group“)
- Mit Bereichen des Gesundheitssystems, die sich nicht nur auf medizinische Maßnahmen konzentrieren („Fields“)
- Treffen von strategischen Entscheidungen („Steering Group“)
- Mit einem Consumer Network, welches als Forum für Patienten und Endverbraucher dient³¹

³¹ Vgl. [www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM - Theorie und Handwerkszeug/ebm_-_theorie_und_handwerkszeug.html](http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM_-_Theorie_und_Handwerkszeug/ebm_-_theorie_und_handwerkszeug.html)

³¹ Vgl. www.cochrane.de/deutsch/ccsackett.htm

³¹ Vgl. Pientka, L., Westfälisches Ärzteblatt, 2000, S. 15

Die fünf Schritte der EbM

Das Verfahren der EbM lässt sich in fünf Schritte gliedern, wobei in allen Schritten auf Validität und Relevanz der Untersuchung Wert gelegt werden soll:

1. Die Frage: Es wird eine Frage aus dem Problem des Patienten formuliert.
2. Die Suche: Nun erfolgt eine Suche nach der besten verfügbaren Evidenz (Datenbanken und Fachzeitschriften) z. B. „Medline“
3. Die Überprüfung der Relevanz: Es sollte die klinische Relevanz und die Anwendbarkeit der externen Evidenz geprüft werden.
4. Die Überprüfung der Anwendbarkeit: Dann wird geklärt, ob sich die gefundene Evidenz und die ärztliche Erfahrung auf das jeweilige Problem anwenden lassen und ob der Patient damit einverstanden ist.
5. Die Evaluation: Zuletzt sollte eine kritische Evaluation der eigenen Leistung einsetzen.³²

Studien, die nach diesem Schema beurteilt wurden, können nun in verschiedene Level eingestuft werden, so dass leicht ihre wissenschaftliche Evidenz bewertet werden kann. Die Evidenz kann nach ihrer Aussagekraft hierarchisch sortiert werden:

Level Ia	wenigstens ein systematischer Review auf der Basis metaanalysierter, kontrollierter, randomisierter Studien (RCTs)
Level Ib	wenigstens einzelne RCTs
Level IIa	wenigstens eine hochwertige Studie ohne Randomisierung
Level IIb	wenigstens eine gut geplante experimentelle Studie (quasi-experimentelle Studie)
Level III	mehrere gut geplante nicht experimentelle Studien (z. B. Vergleichsstudie, Korrelationsstudie etc.)
Level IV	Expertenmeinungen und beschreibende Studien ³³

³² Vgl. [www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM - Theorie und Handwerkszeug/ebm_-_theorie_und_handwerkszeu.html](http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM_-_Theorie_und_Handwerkszeug/ebm_-_theorie_und_handwerkszeu.html)

³³ Vgl. www.cochrane.de/deutsch/ccevidenzhierarchie.htm

Zusätzlich lassen sich die Level in sogenannte Empfehlungsgrade unterteilen, um die klinische Relevanz besser ausdrücken zu können:

- A** beinhaltet den Level Ia und Ib und besitzt die größte klinische Relevanz
- B** beinhaltet die Level IIa und IIb, so wie Level III; besitzt die zweitgrößte klinische Relevanz
- C** beinhaltet den Level IV; besitzt die drittgrößte klinische Relevanz
- D** beinhaltet den Level V oder klinisch nicht relevante Studien

Daher kann eine Studie zwar eine hohe Evidenz besitzen (Level I), aber klinisch nicht relevant sein und somit den Empfehlungsgrad C bekommen.³⁴

Systematik zur Beurteilung der vorliegenden Studien

Die vorliegenden Studien dieser Diplomarbeit werden nach den Evidenzklassen beurteilt:

1. Formulierung einer Frage:

Wird durch den Konsum von Koffein eine Diurese ausgelöst und ab welchen Mengen? Welche konkreten Empfehlungen können daraus abgeleitet werden?

2. Die Suche nach der besten verfügbaren Evidenz:

Die hauptsächliche Suche fand in den zwei medizinischen Datenbanken „Medline“ bzw. „Pub Med“³⁵ und „Cochrane Library“ statt, aber auch bei „Springer Link“. Daneben wurde noch die Suchmaschine „google“³⁶ verwendet. Die eingesetzten Suchbegriffe waren in folgende Schlagwörtern unterteilt: Koffein/caffeine, Diurese/diuresis, Getränke/beverages, Kaffee/coffee, Tee/tea, Hydration, water balance fluid-electrolyte balance. Bei der Suche wurden möglichst aktuelle Studien verwendet, um möglichst neue Thesen zum Thema „Koffein und Diurese“ in die Diplomarbeit miteinzuarbeiten. Die Studie von L. E. Armstrong „Caffein, Body Fluid-Elektrolyte Balance, and Exercies Performance“ wurde vom „Deutschen Kaffeeverband“ zur Verfügung gestellt.

3. Überprüfung der Relevanz der gefundenen Studien:

³⁴ Vgl. www.cebm.net/levels_of_evidence.asp

³⁵ Vgl. www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/ und www.cochrane.de

³⁶ Vgl. www.google.de

Die Studien werden nun auf ihre Methodik und Aussagekraft überprüft, wobei in diesem Schritt die Validität und die Relevanz der Studie beurteilt wird.

Diese Auswertung erfolgte nach den Richtlinien für die Berichterstattung über klinische Studien des CONSORT-Statement (1995 und überarbeitet 2001).

(verfasst von Silke Lang, 2001). Diese Beurteilung unterteilt sich in folgende Abschnitte: Fargestellung, Datenquelle, Zielparameter, Studiendesign, Auswertung, Ergebnisse.³⁷

Zum besseren Verständnis wurde zusätzlich die „Methodische Herangehensweise an eine Studie“ (SCHRAPPE und VOLLMAR 2001) hinzugezogen, wofür eine Checkliste von 15 Punkten ausformuliert wurde.

4. Die Anwendung im (klinischen) Alltag wird überprüft:

Die Ergebnisse der Studien sind leider meist sehr allgemein formuliert und lassen keine genaue Aussage zu, außer, dass Koffein unter 300 mg keine diuretische Wirkung verursacht. Jedoch sind die Empfehlungen, dass koffeinhaltige Getränke in den täglichen Speiseplan mit eingebaut werden können, leicht in den Alltag umzusetzen. Technische Schwierigkeiten oder ähnliches entstehen hier nicht. Näheres zur Schlussfolgerung der vorliegenden Studien siehe Kapitel 13.0.

5. Überprüfung der Umsetzung (Evaluation)

Jetzt sollte eine kritische Betrachtung der Umsetzung und der daraus entstehenden Ergebnisse gemacht werden.

Dies würde jedoch den Rahmen dieser Diplomarbeit sprengen. Sonst müsste eine kritische Betrachtung der Wirkung von Koffein – in den empfohlenen Mengen – vorgenommen werden.

³⁷ Vgl. www.medizinalrat.de/Med_Studien/body_med_studien.html

13.0 Statistische Merkmale

Der P-Wert

In den folgenden Studien werden oftmals die Ergebnisse von zwei unterschiedlichen Gruppen miteinander verglichen und ein Unterschied herausgearbeitet. Ob dieser Unterschied auf einem Zufall beruht oder nicht, wird mit dem p-Wert beschrieben. Der Buchstabe p steht für „probability“, was Wahrscheinlichkeit bedeutet. Je kleiner der p-Wert ist, desto größer ist die statistische Signifikanz. Wenn der p-Wert kleiner als 0,05 ist, so gilt er als statistisch signifikant.

Korrelationskoeffizient

Der Korrelationskoeffizient beschreibt, ob Daten, die miteinander verglichen werden, in einem Zusammenhang stehen. Liegt der Wert des Korrelationskoeffizienten bei -1 oder $+1$, so spricht man von einem linearen Zusammenhang. Bei einem Wert um Null liegt eine „schwache“ Korrelation vor, die also nur einen geringen oder gar keinen Zusammenhang hat.

14.0 Beurteilung der Studien

14.1 Beurteilung der Studie „Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis“

Diese Studie untersuchte an 12 gesunden Freiwilligen den Einfluss von Koffein auf den Wasserhaushalt.

Bei der Studie von NEUHÄUSER-BERTHOLD (1996) ist es nicht aufgeführt, um welchen Studientyp es sich handelt. Weiterhin ist mit 12 Teilnehmern die Anzahl der Studienteilnehmer sehr klein. Auch die Teilnehmerzahl fließt in die Bewertung der evidenzbasierten Medizin mit ein. Bei der Anwendung des oben beschriebenen Themas, wird die Studie auf der Evidenzklasse III eingestuft und hat einen Empfehlungsgrad C. Diese Studie hat so gut wie keine klinische Relevanz.

Die Studie steht in Ihrer wissenschaftlichen Validität auf dem niedrigsten Niveau und wird deshalb auch nicht in die Cochrane Library aufgenommen.

Der p-Wert wurde hier für die Abnahme des Körpergewichts und dem damit verbundenen negativen Einfluss auf den Wasserhaushalt, einem Anstieg von Natrium und Kalium im Urin und dem Anstieg des Urinvolumens berechnet. Alle p-Werte lagen deutlich unter 0,05. Bei einer Koffeinaufnahme von 642 mg, wurde hier eine diuretische Wirkung von Koffein festgestellt. Das wurde vor allem durch eine deutlich vermehrte Urinausscheidung (41%) ausgelöst. Es entstehen laut der Studie starke Flüssigkeitsverluste, die mit einer negativen Wasserbilanz einhergehen. Daher haben koffeinhaltige Getränke einen negativen Einfluss auf den Organismus. Aus diesem Grund sollten sie nicht in den täglichen Speiseplan eingebaut werden.

14.2 Beurteilung der Studie „The Effect of Caffeinated, Non-Caffeinated, Caloric and Non-Caloric Beverages on Hydration“

Bei dieser Crossover-Studie handelt es sich um eine klinische, randomisierte, kontrollierte Studie. Hier sollte der Einfluss von verschiedenen Getränkekombinationen auf die Hydratation evaluiert werden. Hierzu wurden 18 Personen in verschiedene Gruppen aufgeteilt, die aber mit jeder Getränkekombination eine Versuchsphase durchlaufen mussten. Zwar vergrößert sich so die Anzahl der auszuwertenden Ergebnisse, jedoch sind 64

Gesamtergebnisse immer noch sehr gering, wenn eine hohe Aussagekraft der Studie erreicht werden soll.

Aufgrund ihres Studientyps kann diese Studie auf dem Level I der Evidenz eingestuft werden. In ihrer klinischen Relevanz, im Hinblick auf die Fragestellung, wird sie hier mit B bewertet.

Es wurde zwar eine geringfügige Abnahme des Körpergewichts festgestellt, die aber anscheinend nichts mit einer Diurese zu tun hatte, da alle andere Faktoren, die eine negative Bilanz des Wasserhaushalts signalisieren – z. B. Urinvolumen, Urinanalyse etc. – sich nicht veränderten ($p > 0,05$). Diese Ergebnisse zeigen, dass bei einer verschiedenartigen Kombination von koffeinfreien und koffeinhaltigen Getränken, der Wasserhaushalt sich nicht verändert. Die Koffeinaufnahme lag hier bei 114 mg, 253 mg und bei 0 mg pro Tag. Die Koffeinaufnahme liegt in einem moderaten Bereich. Auch hier werden 300 mg nicht überschritten (s. Kapitel...) Eine Schlussfolgerung wird im Hinblick auf die praktische Anwendung gezogen: Es gibt keinen Hinweis darauf, dass es sinnvoll ist die Empfehlung auszusprechen keine koffeinhaltigen Getränke zu trinken. Diese Aussage ist sehr allgemein und beschreibt oder bedenkt nicht mögliche Folgen von einem sehr hohen Koffeinkonsum. Diese Studie bezieht sich lediglich auf gesunde Erwachsene.

Jedoch sagen die Autoren selbst, dass es nötig ist noch weitere Studien zu diesem Thema zu erstellen, um konkrete Ergebnisse zur Flüssigkeits- und Koffeinaufnahme zu bekommen.

14.3 Beurteilung der Studie „The Effect on Hydration of Two Diets, One with and One without Plain Water“

Bei der Studie von GRANDJEAN, REIMERS; u. a. handelt es sich um eine klinische, randomisierte, kontrollierte Studie.

Ziel dieser Studie war es den Einfluss auf die Hydration bei zwei verschiedenen Gruppen zu untersuchen: Bei einer Gruppe bestand 1/3 der täglich konsumierten Getränke aus Wasser, bei der anderen wurde das Wasser durch „Cola light“ ersetzt.

Da die Studie eine relativ hohe Evidenz besitzt, wird sie hier im Level Ia eingestuft. Die geringe Anzahl der Teilnehmer (27) mindert die Aussagekraft der Studie. Sie

besitzt insgesamt eine geringe klinische Relevanz, bekommt daher auch nur den Empfehlungsgrad B.

Es wurden in diesem Versuch bei einer Gesamtkoffeinaufnahme von 155 mg der Gruppe A im Vergleich zu 245 mg von Gruppe B, keine Hinweise darauf gefunden, die auf eine Diurese hindeuten. Alle Werte z. B. Körpergewicht, Urinvolumen hatten einen p-Wert der kleiner als 0,05 war.

Die Schlussfolgerung, die man aus diesen Ergebnissen ziehen kann, ist, dass reines Wasser nicht zwingend Bestandteil der konsumierten Getränke sein muss. Selbst wenn über ein Drittel der Getränke, bei einer Flüssigkeitsaufnahme von 2057 ml, koffeinhaltig sind, wurde keine diuretische Wirkung durch das Koffein festgestellt. Allerdings gehen die Autoren nicht darauf ein, welche Koffeinmenge höchstens aufgenommen werden darf. Wenn weit mehr als 2 Liter Flüssigkeit am Tag getrunken werden oder aber der Koffeingehalt des konsumierten Getränkes höher liegt, als in „Cola light“, steigt die Gesamtkoffeinaufnahme natürlich auch. Das könnte eventuell zu einer Diurese führen. Die Koffeinaufnahme übersteigt nicht die Menge von 300 mg, was laut MAUGHAN auch nicht zu einer Diurese führt.

Die Aussage dieser Studie ist also sehr allgemein und nicht spezifisch, wodurch auch keine klaren Empfehlungen abgeleitet werden können.

14.4 Beurteilung der Studie „The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood“

Diese Crossover-Studie wurde randomisiert durchgeführt. Der Effekt von Tee auf den Wasserhaushalt und die Stimmung wurde in 5.345 Metern Höhe auf dem Mt. Everest „base camp“ untersucht. Der Ort wurde gewählt, um möglichst natürliche Versuchsbedingungen, in denen eine positive Wasserbilanz nicht gewährleistet ist, nachzustellen. Es nahmen 9 Männer und 4 Frauen teil, die alle schon vorher regelmäßig Tee tranken. Es gab zwei Gruppen: Die eine trank nur Tee, die andere durfte keinerlei koffeinhaltige Getränke oder Nahrungsmittel aufnehmen.

Diese Studie ist aufgrund ihres Studiendesigns dem Level Ib zuzuordnen. Allerdings hat sie nur eine mittlere klinische Relevanz und die Teilnehmerzahl ist sehr gering. Dadurch bekommt sie den Empfehlungsgrad B.

Es wurden keine signifikanten Unterschiede innerhalb einer Gruppe im Flüssigkeits- und Urinvolumen gefunden, da der p-Wert bedeutend größer als 0,05

war. Es gab auch keine Hinweise auf eine Änderung des Hydrationsstatus bei beiden Gruppen im Vergleich zueinander (p war niedriger als 0,05).

Bei einem Konsum von 8-9 Tassen Tee konnte keine Diurese festgestellt werden. Dies führt zu der Schlussfolgerung, dass auch in großer Höhe, was für Wanderer oder für Bergvölker von Bedeutung sein kann, bei regelmäßigem Teekonsum, der Tee als Flüssigkeitsquelle dienen kann. Allerdings wurde der Koffeingehalt des fertigen Tees nicht gemessen, so dass es keine genauen Angaben über die tatsächliche Koffeinaufnahme gibt. Jeder Versuchsteilnehmer bereitete sich seinen Tee selbst zu, wodurch starke Schwankungen in der Koffeinaufnahme möglich sind. Ein Versuch war auch nur auf 24 Stunden ausgelegt, wodurch keine Aussagen über die Wirkung von Tee bei einem langzeitigen Konsum gemacht werden können. Aus diesem Grund kann bei dieser Studie der Schluss gezogen werden, dass Tee über einen Tag nicht zu einer Diurese führt, wenn die Aufnahme bei ca. 8 Tassen liegt und der Organismus schon eine Toleranz gegenüber Koffein gebildet hat.

Der Versuch wird nur mit einer Teesorte durchgeführt. Die Ergebnisse beziehen sich aber immer allgemein auf Tee. Es müsste noch diskutiert werden, ob diese Ergebnisse wirklich für alle Teesorten gelten.

14.5 Beurteilung der Studie „Caffeine, Body Fluid-Electrolyte Balance, and Exercise Performance.“

Es handelt sich bei dieser Studie um ein Review der Literatur der letzten 30 Jahre im Hinblick auf koffeininduzierte Dehydration und körperliche Leistung. Sportlern wird aufgrund der diuretischen Wirkung von Koffein, meist geraten, auf koffeinhaltige Getränke zu verzichten. Daher wurde die Wirkung von Koffein auf den Wasserhaushalt und der körperlichen Leistung untersucht.

Da über die Methodik bei der Literaturrecherche nichts gesagt wird, ist es schwer diese Studie zu beurteilen. Aus diesem Grund wird sie auf dem Level Ib eingestuft und bekommt den Empfehlungsgrad B.

Hier wird eine leichte Diurese, die der von Wasser ähnlich ist, bei einer Koffeinaufnahme von weniger als 300 mg festgestellt. Es tritt aber kein Ungleichgewicht in der Flüssigkeits- oder Elektrolytbalance auf. Bei einer Koffeinaufnahme von 100-680 mg gab es kein statistisch signifikanten Unterschiede im

Vergleich zu Wasser bzw. Placebo im Urinvolumen. Während einer lang andauernden Belastung (4 Stunde) kam es sogar zu einem verminderten Urinvolumen bei koffeinhaltigen Getränken. Es wird relativ schnell eine Toleranz gegenüber Koffein entwickelt.

Ähnlich wie MAUGHAN wird hier die Grenze bei 300 mg gesetzt, um keine diuretische Wirkung zu erzielen. Es besteht also kein Grund von einer Koffeinaufnahme im moderaten Bereich abzuraten. So können auch Sportler, die oft Koffein zum Sport nehmen, aufgrund der leistungssteigernden Wirkung des Koffeins, bis zu 300 mg pro Tag aufnehmen. Es kann im Gegenteil dazu führen, dass Ausdauersportler nicht so schnell ermüden und ihre Glykogenreserven länger halten.

14.6 Beurteilung der Studie „Caffeine ingestion and fluid balance: a review“

Bei dieser Studie handelt es sich um eine Metaanalyse/Review. Eine Metaanalyse analysiert nicht den Menschen, sondern verschiedene Studien. Sie ist retrospektiv. Hauptaufgabe, wie oben erwähnt, der evidenzbasierte Medizin ist es vorhandene Studien in Reviews zusammenzufassen und auszuwerten.

Dieser Review bewertet Studien, die sich mit dem Einfluss von Koffein auf den Wasserhaushalt beschäftigt haben, um daraus gezielte Empfehlungen für den Verbraucher zu entwickeln. Die Autoren gehen bei ihrer Evaluation nach den Leitlinien der evidenzbasierten Medizin vor. Da nicht alle Studien dieses Reviews aus randomisierten, kontrollierten Studien bestehen, ist er dem Level Ib zu zuordnen. Er hat allerdings eine hohe klinische Relevanz und bekommt daher auch den Empfehlungsgrad A. Er besitzt also eine hohe wissenschaftliche Aussagekraft.

Nach einer Zusammenfassung und Bewertung der Studien kann folgendes Ergebnis formuliert werden: Koffeindosen unterhalb von 250-300mg (2-3 Tassen Kaffee oder 5-8 Tassen Tee) haben keine diuretische Wirkung und können daher zur täglichen Flüssigkeitszufuhr dienen. Bei höheren Dosen kann es zu einer kurzfristigen Diurese kommen. Um sicher zu gehen, dass keine Diurese entsteht soll der Koffeinkonsum 300 mg pro Tag nicht übersteigen.

15.0 Gegenüberstellung der Studien

Zu einem besseren Verständnis und einer allgemeinen Beurteilung aller Studien werden im Folgenden die wichtigsten Merkmale und Ergebnisse in Tabelle 9 zusammengefasst:

Gegenüberstellung der wichtigsten Ergebnisse

Koffein und Diurese

	Neuhäuser Berthold et. al.	Grandjean et. al. (2000)	Grandjean et. al. (2003)	Scott et. al.	Armstrong	Maughan et al.
Koffeinaufnahme pro Tag	642 mg	253 mg / 114mg	155mg / 245 mg	Nicht berechnet	250mg – 680 mg	45 mg – 642 mg
Diurese	Ja	Nein	Nein	Nein	Unter 300 mg nicht	Unter 300 mg nicht
Regelmäßiger Koffeinkonsum	Ja	Ja	Ja	Ja	—	—
Koffeinverbot vor dem Versuch	5 Tage	Nein, außer koffeinhaltige Medikamente	Nein	Nein	Nicht nachvollziehbar	Bei Koffeinverbot wurde Diurese beobachtet
Anzahl der Teilnehmer	12	18 mit 64 Kombinationen	27	13	—	—
Zielgruppe	Gesunde Erwachsene	Gesunde Erwachsene	Gesunde Erwachsene	Wanderer, Bergsteiger, Bergvölker, gesunde Erwachsene	Sportler	Gesunde Erwachsene
Einteilung der Evidenz in Level	III	Ia	Ia	Ib	Ib	Ib
Empfehlungsgrad	C	B	B	B	B	A

Tabelle 9

Vergleich der Studien untereinander

Die Studien untersuchen in den meisten Fällen die Wirkung von Koffein auf gesunde Erwachsene. Dabei wird selten auf das Geschlecht, das Alter oder das Gewicht bzw. die Körpermasse eingegangen. Hier müssten noch weitere Untersuchungen zu diesen Thema durchgeführt werden.

Die Teilnehmerzahl der einzelnen Studien ist sehr gering, was auch ihre Aussagekraft sehr schmälert. Die Anzahl der Teilnehmer fließt zum Beispiel in die Bewertung der evidenzbasierten Medizin mit ein. Gleichzeitig ist es teilweise sehr schwierig die Qualität der Studien zu ermitteln, da in der Studien nichts oder wenig über das Studiendesign und die Methodik ausgesagt wird. Bei den wenigsten handelt es sich um randomisierte, kontrollierte Studien. Ähnliche Defizite sind auch bei MAUGHAN et. al. aufgefallen:

„...In many of the publishes studies, it was not possible to evaluate the quality of the data. ... There is insufficient information available to establish how response to caffeine might be affected by factors such as age, gender, hydration status...“

Im Hinblick auf die klinische Fragestellung, die der Bewertung zugrunde liegt, haben die Studien eine geringe klinische Relevanz, was an den meist schwammigen und sehr allgemein formulierten Empfehlungen für den Konsumenten liegt. Es fehlt an einem prägnanten Ziel der Studie. Wenn zum Beispiel nur ausgesagt wird, dass koffeinhaltige Getränke in die tägliche Getränkeaufnahme mit einbezogen werden können, ist nichts darüber ausgesagt, wie groß die Koffeinmenge – auch in Bezug auf Alter, Körpermasse etc. – sein sollte oder ob Unterschiede auf die Wirkung von Koffein im Hinblick auf die körperliche Aktivität oder der individuellen Sensibilität jedes einzelnen Menschen berücksichtigt werden.

ARMSTRONG hat in seinem Review festgestellt, dass bei längeren Belastungen (4 Stunden), das Urinvolumen geringer wird. Der diuretische Effekt in der Belastung ist anscheinend nicht so groß, wie in der Ruhephase.

Bei einer moderaten Koffeinaufnahme pro Tag (250 – 300 mg) wird kein diuretischer Effekt beobachtet. Allerdings sollten die Teilnehmer dieser Studien auch nicht mehrere Tage vor Versuchsbeginn auf Koffein verzichten. Dies bestätigt die Hypothese, dass Koffein unter 300 mg keine Diurese auslöst, andererseits auch eine Toleranz gegenüber Koffein entwickelt wird, wodurch

dessen Wirkung gemindert wird. Bei mehreren Tagen ohne Koffein entwickelt sich diese Toleranz schon wieder zurück und die Teilnehmer sind, obwohl sie vorher regelmäßig Koffein konsumierten, zu Versuchsbeginn „koffein-naiv“.

16.0 Fazit

Diese Arbeit zeigt, dass trotz einer Masse an Studien zum Thema „Koffein und Diurese“ es wenige qualitätsvolle Studien vorhanden sind. In der Regel handelt es sich nicht um kontrollierte, randomisierte Studien, die zusätzliche noch sehr geringe Teilnehmerzahlen vorweisen. Es ist sehr auffällig, dass es in der „Cochrane Library“ wenig Material zu diesem Thema gibt, was wohl auch mit den Anforderungen der evidenzbasierten Medizin an Studien zusammenhängt. Es ist daher notwendig weitere aussagekräftige, evidenzbasierende Studien zu erstellen, die auch auf die Wirkung von Koffein im Hinblick auf Alter, Geschlecht und Körpermasse eingehen. Da die Versuche nur einige Tage, höchstens in Anspruch nehmen, müsste die langzeitige Wirkung von Koffein auf den Wasserhaushalt noch genauer untersucht werden.

Bei Personen, die regelmäßig Koffein konsumieren und somit eine Toleranz gegenüber Koffein aufgebaut haben, entsteht bei einer Menge von 300 mg pro Tag keine Diurese. Diese Flüssigkeitsmenge kann zur Gesamtflüssigkeitsaufnahme hinzugezählt werden. Die Toleranz gegenüber Koffein verliert sich aber innerhalb weniger Tage. Dieser Umstand wurde in vielen Studien, die eine Diurese beschreiben, nicht berücksichtigt.

Oft wird auch bei „eingefleischten Kaffeetrinkern“ von einem erhöhten Harndrang berichtet, der zur häufigeren Entleerung der Blase führt berichtet. Im Hinblick auf die Ergebnisse der vorliegenden Studien und der Wirkung von Koffein auf die Niere könnte es eine Erklärung für dieses Phänomen geben: Durch die verstärkte Durchblutung entleert sich die Niere zwar öfter, die Urinmenge insgesamt bleibt aber gleich.

Ausdauersportler können die leistungsfördernde Wirkung von Koffein in moderaten Mengen (300 mg) für sich nutzen, ohne befürchten zu müssen, dass ihr Wasserhaushalt negativ beeinflusst wird.

Gesunde Erwachsene können also unbesorgt täglich 2-3 Tassen Kaffee oder 5-8 Tassen Tee täglich zu sich nehmen, ohne einen gesundheitlichen Schaden befürchten zu müssen. Die anregende und stimmungsaufhellende Wirkung wird im „grauen“ Alltag sich eher noch positiv auf das allgemeine Wohlbefinden auswirken.

17.0 Quellenverzeichnis

Literatur

Eichler, Oskar „Kaffee und Coffein“, 2. Auflage, 1976, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 17ff, 66-68, 74-78, 103ff, 109-112, 175-181

Dr. Czok, Georg „Untersuchung über die Wirkung von Kaffee“, 1966, Dr. Dietrich Steinkopf Verlag, Darmstadt, S. 2ff, 17-24

Baltes „Lebensmittelchemie“, 4. Auflage, 1995, Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, S. 377ff

PD Dr. med. Pientka, Ludger „Evidenz-basierte Medizin: Brauchen wir sie wirklich?“, Westfälisches Ärzteblatt 7/2000, S. 15

Maughan, R. J. & Griffin, J. „Caffeine ingestion and fluid balance: a review“, The british Dietetic Association Ltd. 2003, Hum. Nutr. Dietet, S. 411-420

Scott, D. et al. „The effect of drinking tea at high altitude on hydration status and mood“, Online Publiziert beim Springer Verlag 2004, S. 493-498

Graham, T.E. et al. „The metabolic and endurance exercise effects of coffee and caffeine ingestion“, Journal Appl. Physiol., 1998, S. 883-889

Wiseman, SA. et al „Antioxidants in tea“, Crit. Rev. Food Sci., 1997, 705-718

Armstrong, L. E. „Caffeine, Body Fluid-Electrolyte Balance, and Exercise Performance“, International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism, 2002, S. 205-222

Nehling, A. et al. „Caffeine and sports activity: a review“, International Journal of Sports Medicine, 1994, S. 215-233

Sinclair, M. N. et al „Effects of body water loss on physiological function and exercise performance“, Perspectives in Exercise Science and Sports Medicine, 1990, S. 1-38

Spriet, L. L. „Caffeine and performance „, International Journal of Sport Nutrition“, 1995, S. 84-99

Neuhäuser-Berthold, M. et al. „Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis“, Annals of Nutrition & Metabolism, 1996, S. 29-36

Nussberger J. et al. „caffeine-induced diuresis and atrial natriuretic peptides“, J. Cardiovasc. Pharmacol., 1990, S. 685-691

Eddy, N. B. et al. „Tolerance and cross-tolerance in the human subject to the diuretic effect of caffeine, theobromine and theophylline“, J. Pharmacol. Exp. Ther., 1928, S. 167-174

Holliday M. et al. „The maintenance need for water in parenteral fluid therapy“, Pediatrics, 1957, S. 1300-1323

Ershow, A. G. et al. „Total Water and Tapwater Intake in the United States Population-based Estimates of Quantities and Sources“ Federation of American Societies for Experimental Biology, 1989

Heller, K. E. „Water consumption in the United States in 1994-96 and implications for water fluoridation policy“, Journal of Public Health Dent., 1999, S. 3-11

Grandjean A. C. et al. „Hydration: Issues for the 21st Century“, Nutrition Reviews, 2003, S. 261-271

Valtin H. et al. „Renal Function. Mechanisms Preserving Fluid and Solute Balance in Health“, Little Brown and Company, 1995

Grandjean A. C. et al. „The effect on Hydration of two diets, one with and one without plain water“, Journal of the American College of Nutrition, 2003, S. 165-173

Weinberg, A. et al. „Dehydration evaluation and management in older adults“ JAMA, 1995, S. 1552-1556

Arant B. J. et al. „Fluid and electrolyte abnormalities in children“, aus Kokko. J. et al. „Fluids and Electrolytes“, 1996, S. 819-829

Stookey J. „The diuretic effects of alcohol and caffeine and total water intake missclassification“, European Journal of Epidemiol, 1999, S. 181-188

Deutscher Kaffeeverband e. V., Kaffee Digest 4 „Kaffee und Gesundheit“, 1. Auflage, 1996, S. 4-17, 42-43

Internetseiten

Allgemeines zu Koffein:

http://www.dge.de/Pages/navigation/fach_infos/dge_info/2001/fkp1201.html

<http://www.swr.de/kaffee-oder-tee/essen/kaffee/2003/05/07/print.html>

www.kaffeeverban.de/398.htm

http://www.almeda.de/home/print/article/0,2605,CmpdArticle4258_Cat49_1_0_0,0.html

<http://www.dopingnews.de/coffein.html>

<http://www.agev-rosenheim.de/wissenswertes/ev/lm-nachfrage/kaffee.htm>

<http://www.ernaehrungs-umschau.de/suche/?=436&print=true>

http://www.lifeline.de/cda/ci/text/show_print/0,1922,9935,00.html

<http://www.kaffeverband.de/393.htm>

Evidenzbasierte Medizin:

[http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM -
_Theorie und Handwerkszeug/evidence-based-medicine-theorie-und-handwerkszeug.html](http://www.medizinalrat.de/Eb_Medicine/EbM_-_Theorie_und_Handwerkszeug/evidence-based-medicine-theorie-und-handwerkszeug.html)

http://www.cebm.net/levels_of_evidence.asp

<http://www.cochrane.de/deutsch/ccsackett.htm>

http://www.medizinalrat.de/Med_Studien/body_med_studien.html

<http://www.cochrane.de/deutsch/ccevidenzhierarchie.htm>

Datenbanken und Suchmaschinen

<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/PubMed/>

<http://www.google.de>

18.0 Eidesstattliche Erklärung

„Ich versichere, dass ich vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Wörtlich oder dem Sinn nach aus anderen Werken entnommene Stellen sind unter Angaben der Quellen kenntlich gemacht“

Nikola Hägele