



universität  
wien

# DIPLOMARBEIT

Titel der Diplomarbeit

## Einfluss der Kaffeedosis auf den Wasser- und Elektrolythaushalt

angestrebter akademischer Grad

Magistra der Naturwissenschaften (Mag. rer. nat.)

Verfasserin / Verfasser: Denise Wottawa  
Studienrichtung /Studienzweig A 474 Ernährungswissenschaften  
(lt. Studienblatt):  
Betreuerin / Betreuer: O. Univ.-Prof. Dr. I. Elmadfa

Wien, am 07.04.2010



## **DANKSAGUNG**

Ich möchte mich zunächst bei Univ.-Prof. Elmadfa bedanken, der mir dieses interessante Thema vorgeschlagen und die Betreuung der Diplomarbeit übernommen hat.

Weiters möchte ich mich ganz herzlich bei Dr. Margit Kornsteiner-Krenn und Mag. Verena Nowak bedanken, die mich während der ganzen Arbeit unterstützt haben und immer ein offenes Ohr für meine Fragen hatten. Sie haben sich immer Zeit genommen, wenn es etwas zu besprechen gab und wussten, mich zu motivieren.

Danke an Prof. Edelbauer, dem ich mein umfangreiches Kaffeewissen zu verdanken habe. Er hat den Kaffee sowie die Mühlen zur Verfügung gestellt und mich an seinen Kursen zum Kaffee-Experten und –Sommelier teilnehmen lassen.

Ein besonderer Dank gebührt selbstverständlich den Probandinnen, welche an der Studie teilgenommen haben. Denn ohne sie wäre diese Diplomarbeit gar nicht möglich gewesen.

Außerdem bedanke ich mich bei meiner ganzen Familie, die mich schon immer bei meinen Vorhaben unterstützt haben. Sie haben sich während dem ganzen Studium den Prüfungsstoff der unterschiedlichen Fächer, sowie zahlreiche Referate und Vorträge von mir angehört und konstruktives Feedback erteilt.

Danke an meinen Freund, der mir so oft geholfen und mich immer unterstützt hat.

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

BCM	Body cell mass
BF	Body fat
BIA	Bioelektrische Impedanzanalyse
BLS	Bundeslebensmittelschlüssel
Ca <sup>2+</sup>	Calcium
Cl <sup>-</sup>	Chlorid
ECM	Extra cellular mass
ECW	Extra cellular water
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Hydrogencarbonat
HPLC	High Pressure Liquid Chromatography
ICW	Intra cellular water
K <sup>+</sup>	Kalium
K-S-Test	Kolmogorow-Smirnow-Test
LBM	Lean body mass
LD <sub>50</sub>	Letale Dosis, bei der 50 % einer Population sterben
Mg <sup>2+</sup>	Magnesium
Na <sup>+</sup>	Natrium
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfat
TBW	Total body water

# INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis .....	VI
<b>1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2. LITERATURÜBERSICHT.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Wasser- und Elektrolythaushalt .....</b>	<b>3</b>
2.1.1 Elektrolyte .....	3
2.1.2 Elektrolythaushalt.....	3
2.1.3 Wasserhaushalt .....	4
2.1.4 Wassermangel.....	8
2.1.5 Wasserüberschuss .....	9
<b>2.2 Begriffsbestimmung Kaffee.....</b>	<b>9</b>
2.2.1 Beschreibung und Anforderung des Rohkaffees.....	9
2.2.2 Beschreibung und Anforderung des Röstkaffees.....	10
<b>2.3 Bedeutung von Kaffee in Österreich.....</b>	<b>10</b>
<b>2.4 Chemische Zusammensetzung des Kaffees .....</b>	<b>11</b>
2.4.1 Koffein.....	12
2.4.2 Chlorogensäure .....	13
2.4.3 Trigonellin .....	14
2.4.4 Kaffee-Öl.....	15
2.4.5 Kohlenhydrate.....	16
2.4.6 Proteine .....	16
2.4.7 Röststoffe.....	17
2.4.8 Mineralstoffe .....	18
2.4.9 Wasser.....	18
<b>2.5 Physiologische und pharmakologische Wirkung des Kaffees.....</b>	<b>19</b>
2.5.1 Auswirkung auf den Wasserhaushalt.....	19
2.5.2 Auswirkung auf den Elektrolythaushalt .....	22
2.5.3 Auswirkung auf Stimmung, Konzentration und geistige Leistung ...	23
2.5.4 Koronare Herzkrankheit .....	25
2.5.5 Diabetes.....	26
2.5.6 Krebs .....	27
2.5.7 Alzheimerkrankheit .....	28
2.5.8 Parkinsonkrankheit .....	28
2.5.9 Toxizität .....	29
<b>3. MATERIAL UND METHODEN .....</b>	<b>31</b>
<b>3.1 Studiendesign.....</b>	<b>31</b>
3.1.1 Probandinnen.....	33
<b>3.2 Untersuchungsablauf.....</b>	<b>33</b>

<b>3.3</b>	<b>Angewandte Methoden .....</b>	<b>34</b>
3.3.1	Interventionsstudie .....	34
3.3.2	Wiegeprotokoll .....	36
3.3.3	Ermittlung der Körpergröße .....	39
3.3.4	Ermittlung des Körpergewichts .....	39
3.3.5	Bioelektrische Impedanzanalyse.....	40
3.3.6	Kaffeesorste.....	46
3.3.7	Kaffeeröstung.....	47
3.3.8	Kaffeemahlung.....	47
3.3.9	Kaffe Zubereitung.....	48
3.3.10	Koffeinbestimmung mittels HPLC .....	48
3.3.11	Messung des Harnvolumens .....	52
3.3.12	Kreatininbestimmung .....	52
3.3.13	Elektrolytmessung.....	56
<b>3.4</b>	<b>Statistische Auswertung.....</b>	<b>58</b>
3.4.1	SPSS .....	58
3.4.2	K-S-Test.....	58
3.4.3	T-Test für abhängige Stichproben.....	58
3.4.4	Microsoft Excel.....	59
<b>4.</b>	<b>ERGEBNISSE UND DISKUSSION.....</b>	<b>60</b>
4.1	Koffeingehalt.....	61
4.2	Quellen der aufgenommenen Flüssigkeit.....	62
4.3	Auswirkung der Kaffeedosis auf das Harnvolumen.....	66
4.4	Auswirkung der Kaffeedosis auf das Körperwasser .....	73
4.5	Auswirkung der Kaffeedosis auf den Calciumhaushalt .....	80
4.6	Auswirkung der Kaffeedosis auf die Natriumausscheidung .....	86
4.7	Auswirkung der Kaffeedosis auf die Chloridausscheidung .....	89
4.8	Auswirkung der Kaffeedosis auf die Kaliumausscheidung .....	90
4.9	Rahmenbedingungen und Limitierungen.....	94
<b>5.</b>	<b>SCHLUSSBETRACHTUNG.....</b>	<b>96</b>
5.1	Ausblick.....	98
<b>6.</b>	<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>99</b>
<b>7.</b>	<b>ABSTRACT .....</b>	<b>100</b>
	Literaturverzeichnis .....	101

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2.1: Anteil des Wassers in den verschiedenen Flüssigkeitsräumen am Gesamtkörpergewicht [SCHLEY, 1981] .....	6
Abb. 2.2: Koffeinstruktur [EICHLER, 1976] .....	12
Abb. 2.3: Struktur Cholorogensäure [EICHLER, 1976].....	14
Abb. 3.1: Versuchsaufbau .....	32
Abb. 3.2: Schluss auf Kausalität.....	35
Abb. 3.3: BMI Berechnung .....	39
Abb. 3.4: Schematische Darstellung der Kompartimentmodelle [DÖRHOFER, 2007] .....	40
Abb. 3.5: Ohmsches Gesetz.....	42
Abb. 3.6: Platzierung der Elektroden [DÖRHOFER, 2007] .....	44
Abb. 3.7: Berechnung der LBM .....	45
Abb. 3.8: Aufbau HPLC .....	49
Abb. 3.9: Kreatininausscheidung [vgl. ELMADFA und LEITZMANN, 2004/c]. ....	53
Abb. 3.10: Testprinzip .....	54
Abb. 3.11: Berechnung Kreatininkonzentration im Harn in mg/dl .....	56
Abb. 3.12: Berechnung Kreatininkonzentration im Harn in mmol/l .....	56
Abb. 3.13: Berechnung Kreatinin im 24-h-Harn.....	56
Abb. 4.1: Box-Plot Flüssigkeitsaufnahme in L .....	62
Abb. 4.2: Flüssigkeitsquellen Ausgangswert .....	63
Abb. 4.3: Flüssigkeitsquellen Tag 3.....	64
Abb. 4.4: Flüssigkeitsquellen Tag 4.....	65
Abb. 4.5: Flüssigkeitsquellen Tag 5.....	65
Abb. 4.6: Flüssigkeitsaufnahme .....	66
Abb. 4.7: Durchschnittliche Flüssigkeitsaufnahme .....	68
Abb. 4.8: Harnvolumen.....	68
Abb. 4.9: Durchschnittliches Harnvolumen.....	69
Abb. 4.10: Differenz zwischen Flüssigkeitsaufnahme und renaler Ausscheidung	70
Abb. 4.11: Differenz zwischen durchschnittlicher Flüssigkeitsaufnahme und durchschnittlicher renaler Ausscheidung .....	71
Abb. 4.12: Box-Plot Gesamtkörperwasser in L.....	73
Abb. 4.13: Box-Plot Extrazelluläres Wasser in L .....	74
Abb. 4.14: Box-Plot Intrazelluläres Wasser in L .....	75
Abb. 4.15: Durchschnittliches Gesamtkörperwasser (TBW).....	76
Abb. 4.16: Durchschnittliches Extrazelluläres Wasser (ECW).....	77
Abb. 4.17: Intrazelluläres Wasser (ICW) .....	78
Abb. 4.18: Durchschnittliches Intrazelluläres Wasser (ICW) .....	79
Abb. 4.19: Box-Plot Calciumaufnahme in mg.....	80
Abb. 4.20: Durchschnittliche Calciumaufnahme .....	81
Abb. 4.21: Calciumausscheidung .....	82
Abb. 4.22: Durchschnittliche Calciumausscheidung.....	83
Abb. 4.23: Differenz zwischen Calciumaufnahme und renaler Calciumausscheidung .....	84
Abb. 4.24: Differenz zwischen durchschnittlicher Calciumaufnahme und durchschnittlicher renaler Calciumausscheidung .....	85
Abb. 4.25: Natriumausscheidung .....	87
Abb. 4.26: Durchschnittliche Natriumausscheidung .....	88

Abb. 4.27: Durchschnittliche Chloridausscheidung .....	89
Abb. 4.28: Box-Plot Kaliumaufnahme in mg.....	91
Abb. 4.29: Durchschnittliche Kaliumaufnahme .....	91
Abb. 4.30: Durchschnittliche Kaliumausscheidung.....	92
Abb. 4.31: Differenz zwischen durchschnittlicher Kaliumaufnahme und durchschnittlicher renaler Kaliumausscheidung .....	93

## TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 2.1: Verteilung des Wassers im menschlichen Körper [SCHLEY, 1981] .....	5
Tab. 2.2: Wasserbilanz eines erwachsenen Menschen [SCHLEY, 1981] .....	6
Tab. 2.3: Lipide im Kaffeeöl [KAUFMANN UND SCHICKEL, 1965] .....	15
Tab. 2.4: Mineralstoffe und Spurenelemente im Kaffee [EICHLER, 1976] .....	18
Tab. 3.1: HPLC Anlage .....	49
Tab. 3.2: Pipettierschema Koffein und Chlorogensäure .....	51
Tab. 3.3: Pipettierschema Theobromin .....	51
Tab. 3.4: Reagenzien .....	54
Tab. 3.5: Pipettierschema .....	55
Tab. 3.6: Normalwerte Elektrolytausscheidung [ELECTROLYTE ANALYZER, o.J.] .....	57
Tab. 3.7: Normalwerte Elektrolytausscheidung [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b] .....	57
Tab. 4.1: Ergebnisse .....	60
Tab. 4.2: Koffeingehalt des verabreichten Kaffees.....	61
Tab. 4.3: Deskriptive Statistik der Flüssigkeitsaufnahme .....	62
Tab. 4.4: Deskriptive Statistik des Gesamtkörperwassers .....	73
Tab. 4.5: Deskriptive Statistik des Extrazellulären Wassers.....	74
Tab. 4.6: Deskriptive Statistik des Intrazellulären Wassers.....	75
Tab. 4.7: Deskriptive Statistik der Calciumaufnahme .....	80
Tab. 4.8: Deskriptive Statistik der Kaliumaufnahme .....	90

## 1. EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Kaffee wird weltweit genossen und ist bei vielen Menschen beliebt. Er wird in den unterschiedlichsten Formen und nach Herstellung mit unterschiedlichen Zubereitungsarten in großen Mengen konsumiert. Kaffee ist das weltweit am häufigsten aufgenommene Aufputzmittel und gehört zu den legalen, anregenden Genussmitteln. Dem Kaffee werden viele sowohl positive, als auch negative Wirkungen nachgesagt. Kaffee gilt als Wundermittel gegen Müdigkeit, ist aber auch als Dopingmittel bekannt. Weiters hat Kaffee eine wirtschaftliche Bedeutung und wird weltweit gehandelt.

Für viele ist der Kaffee am Morgen oder der Nachmittagskaffee mit Freunden nicht wegzudenken, andere hingegen können gut ohne diesen Muntermacher leben. Aber welche Auswirkungen hat Kaffee auf den menschlichen Organismus? In den Medien wurde und wird oft von der entwässernden Wirkung des Kaffees berichtet, daher wird häufig ein Glas Wasser zum Kaffee gereicht. Aber stimmt es, dass der Kaffee dem Körper Wasser entzieht und daher nicht zur Flüssigkeitszufuhr zählt?

In dieser experimentellen Arbeit soll die Auswirkung von Kaffee auf die Wasserbilanz ermittelt werden, da es hierbei viele widersprüchliche Annahmen und Studien gibt. Es soll ermittelt werden, ob Kaffee zur Flüssigkeitsaufnahme dazu gezählt werden darf oder auf der negativen Seite der Wasserbilanz steht und dadurch eventuell sogar mehr Flüssigkeit ausgeschieden als durch den Kaffee aufgenommen wird.

Diese Arbeit soll in Form einer Interventionsstudie den Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und dem Wasser- und Elektrolythaushalt zeigen. Ändert sich die ausgeschiedene Harnmenge mit einer Erhöhung der Kaffeedosis? Werden durch die erhöhte Kaffeedosis vermehrt Elektrolyte ausgeschieden? Welche Elektrolyte sind davon betroffen?

Weiters soll geklärt werden, wie sich der Kaffeekonsum auf das Körperwasser auswirkt. Kommt es zu einer Verminderung des Gesamtkörperwassers? Passiert dies auf Kosten des extrazellulären oder intrazellulären Wassers?

## **2. LITERATURÜBERSICHT**

### **2.1 Wasser- und Elektrolythaushalt**

#### **2.1.1 Elektrolyte**

„Elektrolyte sind Stoffe, die in wässriger Lösung in Anionen (negativ geladene Teilchen) und Kationen (positiv geladene Teilchen) zerfallen und damit den elektrischen Strom leiten. Starke Elektrolyte zerfallen vollständig (zum Beispiel starke Säuren), schwache Elektrolyte nur zum Teil (zum Beispiel schwache Säuren)“ [REUTER, 2004].

Elektrolyte werden vom menschlichen Körper über die Nahrung in Form von Mineralstoffen aufgenommen. Sie halten die verschiedenen Druckverhältnisse, wie Blutdruck oder osmotischen Druck, im Körper aufrecht. Außerdem sind sie an Stoffwechselfvorgängen beteiligt und beeinflussen den Säure-Basen-Haushalt. Die Ausscheidung erfolgt über Harn, Schweiß, Atemluft und Stuhl [BROCKHAUS, 2004].

#### **2.1.2 Elektrolythaushalt**

Unter dem Begriff Elektrolythaushalt wird die Gesamtheit des Stoffwechsels der im Körper vorhandenen Elektrolyte verstanden. Das sind alle im Körper ablaufenden Prozesse, die mit Resorption, Ausscheidung und Verteilung der für die Funktionen des menschlichen Körpers notwendigen, in den Flüssigkeiten innerhalb und außerhalb der Zellen gelösten Mineralstoffe, zusammenhängen.

Der Elektrolythaushalt und der Wasserhaushalt sind direkt miteinander verbunden. Dies liegt daran, dass die Elektrolyte ungebunden nur in gelöster Form auftreten können und der Wassergehalt des Körpers unter anderem von der Menge der im Körper vorhandenen Mineralstoffe abhängig ist [BROCKHAUS, 2004].

Die wichtigsten anorganischen Elektrolyte des menschlichen Körpers sind  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  und Phosphationen. Elektrolyte spielen wichtige Rollen im Körper, so die Proteinanionen, welche an der Konstanthaltung des Blut-pHs und des kolloidosmotischen Drucks des Blutplasmas beteiligt sind [REUTER, 2004].

Im Extrazellulärraum kommen  $\text{Na}^+$  und  $\text{Cl}^-$  am häufigsten vor, während innerhalb der Zellen  $\text{K}^+$  und Phosphationen überwiegen [REUTER, 2004].

Im Blutserum liegt eine so genannte Elektroneutralität vor, das heißt, dass die Summe von Anionen und Kationen gleich groß ist. Erhöht oder vermindert sich allerdings die Konzentration von einem oder mehreren Elektrolyten, so muss das Gleichgewicht durch den Körper neu eingestellt werden. Abweichungen von diesem Gleichgewicht führen zu einer Änderung des pH-Wertes des Blutplasmas. Fällt die Anionenkonzentration, bewirkt das einen Anstieg des pH-Wertes, bei einem Anstieg der Anionenkonzentration sinkt der pH-Wert. Eine Erhöhung der Kationensumme führt wiederum zu einem erhöhten pH-Wert, während eine gesunkene Kationenkonzentration den pH-Wert senkt [REUTER, 2004].

Treten Störungen des Elektrolythaushalts auf, so hängt dies meist mit Störungen des Wasserhaushaltes und des Säure-Basen-Haushaltes zusammen, da ein direkter Zusammenhang von Aktion und Wirkung besteht. Es können sowohl isolierte Störungen (zum Beispiel Hypokaliämie), als auch Störungen, die mehrere (zum Beispiel Hyperaldosteronismus) oder alle Elektrolyte (zum Beispiel Elektrolytverlust bei massiven Blutungen) betreffen, auftreten [REUTER, 2004].

### **2.1.3 Wasserhaushalt**

Als Wasserhaushalt wird die Gesamtheit der Vorgänge und Regulationsmechanismen im menschlichen Organismus, die zur Aufnahme oder Ausscheidung von Wasser führen, bezeichnet. Der Wasserhaushalt steht in Wechselwirkung mit dem Elektrolythaushalt, das heißt, er ist an alle Prozesse gekoppelt, die mit der Aufnahme, der Ausscheidung oder der Verteilung von Mineralstoffen zu tun haben. Das Wasser ist unter anderem nötig, um die darin

gelösten Mineralstoffe zu jenen Körperzellen zu transportieren, die einen Bedarf daran haben [BROCKHAUS, 2004].

Der Flüssigkeitsbedarf ist von Mensch zu Mensch verschieden und von vielen Faktoren, unter anderem von der körperlichen Aktivität sowie von der Umgebungstemperatur, abhängig. Die Wasseraufnahme wird vor allem durch den Durst gesteuert [BROCKHAUS, 2004].

Interstitielle Flüssigkeit	16 %	11,2 l
Intravasale Flüssigkeit	4 %	2,8 l
Extrazelluläre Flüssigkeit	20 %	14,0 l
Intrazelluläre Flüssigkeit	40 %	28,0 l
Gesamtflüssigkeit	60 %	42,0 l
Gesamte feste Bestandteile	40 %	28,0 kg
Gesamtkörpergewicht	100 %	70,0 kg

Tab. 2.1: Verteilung des Wassers im menschlichen Körper [SCHLEY, 1981]

Tab. 2.1 zeigt die Verteilung des Wassers im menschlichen Körper.

Das Gesamtkörpergewicht des erwachsenen Menschen besteht zu knapp 60 % aus Wasser. Bei Frauen liegt der durchschnittliche Wassergehalt mit 50 % etwas niedriger als bei Männern, bei denen etwa 60 % des Körpers aus Wasser besteht. Bei Säuglingen besteht der Körper sogar zu circa 75 % aus Wasser. Der größte Teil des Wassers, 40 % des Körpergewichts, befindet sich als intrazelluläre Flüssigkeit innerhalb der Zellen. Ein kleinerer Teil des Wassers, rund 20 % des Körpergewichts ist die extrazelluläre Flüssigkeit und befindet sich außerhalb der Zellen. Zur extrazellulären Flüssigkeit werden auch das in den Gefäßen zirkulierende Flüssigkeitsvolumen und die im Interstitium befindliche Flüssigkeit gezählt [ELMADFA, 2004].

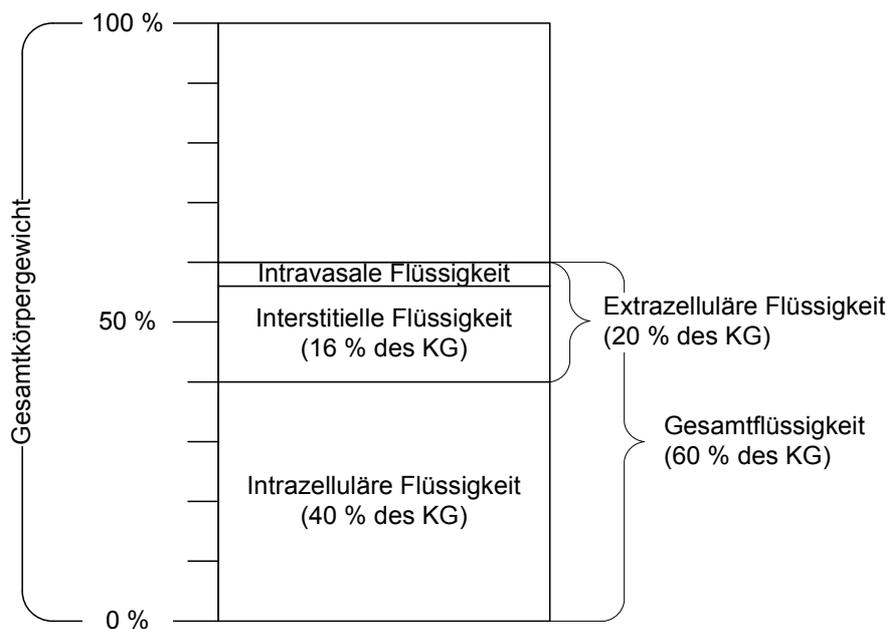


Abb. 2.1: Anteil des Wassers in den verschiedenen Flüssigkeitsräumen am Gesamtkörpergewicht [SCHLEY, 1981]

Abb. 2.1 stellt die Anteile des Wassers in den verschiedenen Flüssigkeitsräumen dar. Die Gesamtflüssigkeit teilt sich in intrazelluläre und extrazelluläre Flüssigkeit auf. Letztere ist wiederum in intravasale und interstitielle Flüssigkeit geteilt [SCHLEY, 1981].

Eine ausgeglichene Bilanz von Wasserzu- und Wasserabfuhr ist Voraussetzung für einen ausgeglichenen Wasserhaushalt, wie in Tab. 2.2 beschrieben.

Zufuhr Wasser/24 h		Ausfuhr Wasser/24 h	
Flüssigkeit	1200 ml	Urin	1500 ml
feste und halbfeste Nahrung	1000 ml	Haut	500 ml
Oxidationswasser	300 ml	Lungen	400 ml
		Stuhl	100 ml
<b>Gesamtzufuhr</b>	<b>2500 ml</b>	<b>Gesamtausfuhr</b>	<b>2500 ml</b>

Tab. 2.2: Wasserbilanz eines erwachsenen Menschen [SCHLEY, 1981]

Auch das Oxidationswasser, welches rund 300 ml täglich ausmacht, kann neben der Flüssigkeitsaufnahme und der Aufnahme von fester sowie halbfester Nahrung zur Wasserzufuhr dazugerechnet werden.

Die Wasserausscheidung erfolgt hauptsächlich über die Niere, aber auch über die Haut, die Lungen und den Darm. Es kommt zu einem nicht exakt messbaren Flüssigkeitsverlust durch Haut, Lungen und Darm von rund 700 ml täglich [SCHLEY, 1981]. Insgesamt verliert der menschliche Organismus über Harn, Stuhl, Atemluft und Haut durchschnittlich zwischen 2,1 und 2,8 Liter Flüssigkeit pro Tag. Dies ist auch die Menge, die ein erwachsener Mensch täglich aufnehmen sollte [ELMADFA, 2004].

Die meiste Flüssigkeit wird über konsumierte Getränke aufgenommen, das sind 1,2 bis 1,5 Liter am Tag. Weiters werden rund 0,7 bis 1 Liter mit der Nahrung zugeführt und 200 bis 335 ml stammen von Oxidationswasser aus dem Stoffwechsel. Regelkreise sorgen dafür, dass der Wasser- und Elektrolytgehalt in den mit Flüssigkeit gefüllten Räumen ungefähr gleich bleibt [ELMADFA, 2004].

Die Ausscheidung der Elektrolyte geschieht fast ausschließlich über die Nieren. Natrium wird in den Nieren glomerulär filtriert und anschließend in den Tubuli fast vollständig rückresorbiert. Es wird zwischen 120 und 220mval Natrium in 24 Stunden ausgeschieden, das entspricht 0,5 – 1 % des filtrierten Natriums.

Kalium wird ebenfalls in den Glomerula der Nieren filtriert, danach im proximalen Tubulusapparat vollständig rückresorbiert und im Austausch gegen Natrium in den Harn sezerniert. Hierfür ist die Anwesenheit von Aldosteron Voraussetzung.

Chloridionen werden ebenfalls durch glomeruläre Filtration und tubuläre Rückresorption ausgeschieden [SCHLEY, 1981].

Das Flüssigkeitsvolumen, die Elektrolytzusammensetzung und der osmotische Druck werden im menschlichen Organismus möglichst konstant gehalten. Die Regulation erfolgt über das Adiuretin des Hypophysenvorderlappens und das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System der Niere beziehungsweise der Nebennierenrinde [LÖFFLER, 2003].

Das antidiuretische Hormon, kurz ADH oder auch Vasopressin genannt, wird im vorderen Hypothalamus erzeugt, dem Hinterlappen der Hypophyse zugeleitet und dort gespeichert. Bei einem Anstieg des osmotischen Drucks wird das antidiuretische Hormon über Osmoserezeptoren und im Hypothalamus freigesetzt. In Folge des freigesetzten antidiuretischen Hormons kommt es zu einer Steigerung der Permeabilität in den distalen Tubuli der Niere. Hierdurch wird vermehrt Wasser rückresorbiert. Die Harnproduktion wird eingestellt bis die Isotonie wieder hergestellt ist [ELMADFA, 2004]. Bei einer hohen Flüssigkeitszufuhr hingegen wird weniger ADH ausgeschüttet und in Folge dessen mehr Harn produziert und ausgeschieden [LÖFFLER, 2003].

Das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System dient genauso wie das antidiuretische Hormon der konstanten Aufrechterhaltung von Flüssigkeitsvolumen, Elektrolytenkonzentration und arteriellem Blutdruck. Renin wird im juxtaglomerulären Apparat in der Niere gebildet. Das Angiotensinogen wird in der Leber gebildet und unter dem Einfluss von Renin in Angiotensin I überführt, welches dann durch ein „converting enzyme“ in Angiotensin II umgewandelt wird. Angiotensin II hat eine starke vasokonstriktorische Wirkung auf die Arteriolen mit konsekutivem Anstieg des Blutdrucks. Außerdem stimuliert Angiotensin II die Sekretion von Adiuretin sowie von Aldosteron. Aldosteron fördert die Natriumrückresorption und Kaliumausscheidung in den Tubuli der Nieren [ELMADFA, 2004].

Das Aldosteron wird in der Nebennierenrinde gebildet. Es beeinflusst den gesamten Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basen-Haushalt durch eine gesteigerte Wasserrückresorption und die Reabsorption von Natrium im Austausch gegen Kalium- und Wasserstoffionen in den distalen Tubuli der Nieren.

Die Sekretion des Aldosteron wird unter anderem durch das Angiotensin II, Corticotropin und  $K^+$ -Ionen beeinflusst [LÖFFLER, 2003].

#### **2.1.4 Wassermangel**

Wenn infolge von Durchfall oder Erbrechen größere Mengen an Wasser und somit auch an Elektrolyten ausgeschieden werden, müssen diese dem Körper wieder

zugeführt werden. Das kann in Form von Mineralwässern, ungesüßten Tees, Elektrolytlösungen oder notfalls auch über Infusionen erfolgen.

Bei einem Wassermangel besteht im Körper meist ein Überschuss an Natrium, dies wird als Hybernatriämie bezeichnet. Hohe Wasserverluste führen häufig auch zu einem Mangel an Kalium, dies wird als so genannten Hypokaliämie bezeichnet. In diesen Fällen ist der Elektrolythaushalt gestört, als Folge davon können Kreislaufstörungen sowie Muskelschwäche auftreten [BROCKHAUS, 2004].

### **2.1.5 Wasserüberschuss**

Ein Wasserüberschuss tritt auf, wenn es den Nieren nicht gelingt, überschüssiges Wasser aus dem Körper auszuscheiden. Dies führt zu Wassereinlagerungen im Gewebe, so genannte Ödeme, sowie zu einem Anstieg des Blutdruckes. Zu den Ursachen gehören vor allem Nieren- und Lebererkrankungen sowie Herzschwäche. Aber auch die Einnahme von bestimmten Medikamenten kann zu einem Wasserüberschuss führen [BROCKHAUS, 2004].

## **2.2 Begriffsbestimmung Kaffee**

### **2.2.1 Beschreibung und Anforderung des Rohkaffees**

Unter dem Begriff Rohkaffee werden die Früchte des Kaffeebaums verstanden. Es sind von der Frucht- und Pergamentschale vollständig und von der Silberhaut soweit technologisch möglich befreite Samen.

Rohkaffee, der für den Handel geeignet ist, hat nach allgemein üblicher Verkehrsauffassung so beschaffen zu sein, dass er bei sachgemäßer Weiterverarbeitung ein aromatisches, wohlschmeckendes Getränk ergibt. Er darf weder durch falsche Ernte noch durch Fehler bei der Aufarbeitung, Beförderung oder Lagerung verdorben sein, aber insbesondere darf er nicht verschimmelt oder verunreinigt sein.

Rohkaffee enthält nicht über 14 Gewichtsprozent Wasser. Außerdem darf der Chloridgehalt in der Asche 1,1 Gewichtsprozent nicht überschreiten. Ein Koffeingehalt unter 0,8 Gewichtsprozent wird in handelsüblicher Ware grundsätzlich nicht vorausgesetzt.

Der Rohkaffee darf nicht mit Stoffen wie Alkali- oder Erdalkalihydroxiden oder -karbonaten, Ammoniak, Ammoniumsalzen oder schwefeliger Säure behandelt werden. Außerdem darf Rohkaffee nicht mehr als 5 Gewichtsprozent „Besatz“, das sind artfremde Bestandteile, verdorbene Bohnen oder Schalen, enthalten [ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2000].

### **2.2.2 Beschreibung und Anforderung des Röstkaffees**

Um Rohkaffee für den menschlichen Genuss geeignet zu machen, ist der Prozess des Röstens erforderlich. Richtig geröstete Kaffeebohnen zeigen eine gleichmäßig braune Farbe und sind auch im Inneren braun, also weder licht noch verbrannt. Gerösteter Kaffee enthält im Durchschnitt 1,25 Gewichtsprozent Koffein. Der Koffeingehalt des Kaffees wird durch die Röstung nicht wesentlich verändert, sondern bleibt weitgehend unverändert.

Einwandfrei gerösteter Kaffee muss mindestens 25 Gewichtsprozent wasserlösliche Stoffe beinhalten. Sein Wassergehalt darf 5 Gewichtsprozent und sein Aschegehalt 6,5 Gewichtsprozent nicht übersteigen, wobei zumindest die Hälfte der Asche aus wasserlöslichen Stoffen bestehen muss.

Bei in Verkehr gebrachtem Röstkaffee darf nicht mehr als 2 Gewichtsprozent Einwurf, das sind missfarbige Bohnen und Fremdkörper, enthalten sein [ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH, 2000].

## **2.3 Bedeutung von Kaffee in Österreich**

Jeder Österreicher nimmt durchschnittlich 2,7 Liter Flüssigkeit pro Tag zu sich. In dieser Summe sind aber auch Getränke wie Alkohol, Milch und Kaffee enthalten. Ohne diese unechten Durstlöscher nimmt der durchschnittliche Österreicher etwa 2,1 Liter Flüssigkeit täglich auf [ELMADFA et al., 2009].

In Österreich wurde die Beliebtheit unterschiedlicher Getränke mittels Fragebogen erhoben. Die Männer gaben Kaffee als ihr bevorzugtes Getränk an, im Trinkprotokoll lag er allerdings nur auf Platz drei. Die Frauen wählten den Kaffee zu ihrem dritt liebsten Getränk [ELMADFA et al., 2009].

Österreichische Frauen trinken täglich etwa 310 ml Kaffee, Männer nehmen minimal mehr Kaffee zu sich, nämlich rund 312 ml [ELMADFA et al., 2009].

Auch eine aktuelle Studie des Instituts für Lebensmittelchemie und -technologie bestätigt, dass jeder Österreicher durchschnittlich 120 bis 360 mg Kaffee am Tag zu sich nimmt. Das ergibt einen Jahresverbrauch von rund acht Kilogramm Kaffee [DIE PRESSE, 2009/F1]. Damit liegt Österreich innerhalb Europas sehr weit oben. Abgesehen von den skandinavischen Staaten wird in keinem Land Europas so viel Kaffee wie in Österreich getrunken [ELMADFA et al., 2009].

Die österreichischen Kaffeehäuser erfreuen sich größter Beliebtheit und haben auch während der Wirtschaftskrise keine Probleme mit leeren Tischen. Denn laut einer Studie der Wirtschaftsuniversität Wien gehen mehr als ein Drittel der Wiener Kaffeeliebhaber zwei- bis dreimal pro Woche in ein Kaffeehaus. Jeder Fünfte besucht sogar täglich das Kaffeehaus [DIE PRESSE, 2009/F2].

Der Beginn der Wiener Kaffeehäuser geht auf das Jahr 1683 zurück [EDELBAUER, 2000]. Mittlerweile gibt es 909 reine Kaffeehäuser und 786 Kaffeerestaurants in Wien. Weiters stehen 745 Espressos, 188 Kaffeeconditoreien und 30 Stehkaffees zur Auswahl. Insgesamt verzeichnet die Wirtschaftskammer Österreichs derzeit mehr als 2600 Betriebsstätten in der Fachgruppe Kaffeehäuser [DIE PRESSE, 2009/F2].

## **2.4 Chemische Zusammensetzung des Kaffees**

Täglich beginnen Millionen von Menschen ihren Morgen mit einer Tasse Kaffee. Aber was macht dieses Getränk weltweit so beliebt? Einerseits liegt es bestimmt an dem intensiven, angenehmen Aroma des Kaffees, welches allerdings erst beim

Röstvorgang entsteht. Andererseits gilt Kaffee als Muntermacher und daher als ideales Getränk um den Tag zu beginnen [EDELBAUER, 2000; RIVERA, 2009].

Bis jetzt haben Wissenschaftler über 1.000 Verbindungen im Kaffee identifiziert. Heute ist der Großteil der chemischen Zusammensetzung von Kaffee erforscht [RIVERA, 2009]. Allerdings gibt es große Schwankungen in der chemischen Zusammensetzung von Röstkaffee. Sie ist abhängig von der botanischen und geografischen Herkunft sowie vom Röstgrad [EICHLER, 1976].

### 2.4.1 Koffein

Das Koffein ist wohl der wichtigste und bekannteste Bestandteil des Kaffees. Es wurde 1820 vom Chemiker Friedrich Ferdinand Runge (1795 - 1867) entdeckt [EDELBAUER, 2000]. Koffein gehört chemisch gesehen zur Gruppe der Purinkörper und unterscheidet sich von den strukturähnlichen Alkaloiden Theophyllin und Theobromin nur durch eine dritte Methylgruppe in 1- bzw. 7-Stellung. Beim Koffein handelt es sich um ein 1,3,7-Trimethylxanthin [RIVERA, 2009].

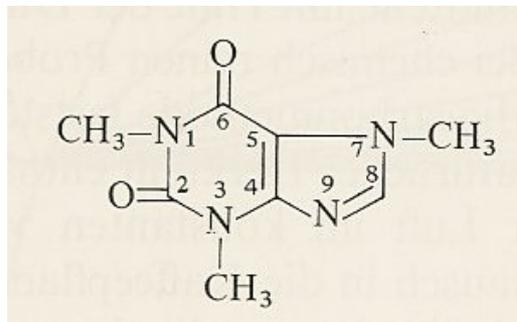


Abb. 2.2: Koffeinstruktur [EICHLER, 1976]

Aber das Koffein verbirgt sich nicht nur in den Kaffeebohnen, sondern lässt sich auch in Tee, Guarana, Maté und Colanüssen finden [EICHLER, 1976].

Es ist ein weißes Pulver, welches geruchlos und leicht bitter ist. Der Koffeingehalt variiert je nach Kaffeesorte und beträgt bei Robusta-Kaffee zwischen 1,5 und 2,5 %. Der in einer deutlich höheren Höhenlage wachsende Arabica-Kaffee weist

hingegen einen wesentlich geringeren Koffeingehalt von lediglich 0,9 bis 1,5 % auf. Koffein überlebt den Röstprozess bei Temperaturen über 200 Grad Celsius [RIVERA, 2009].

Ein verbreitetes Missverständnis bei Kaffee ist, dass dunkler gerösteter Kaffee mehr Koffein enthält als heller gerösteter Kaffee. Dies kommt daher, dass dunkler gerösteter Kaffee bitterer ist als heller gerösteter. Zur Veranschaulichung ein Beispiel: 100 Gramm grüner Arabica-Kaffee enthält etwa 1,2 % Koffein, das entspricht 1,2 Gramm Koffein pro 100 Gramm Kaffee. Beim Rösten gehen rund 10 % des Gewichts verloren. Somit sind nur mehr 90 Gramm Kaffee und nicht mehr 100 Gramm vorhanden, der Koffeingehalt hat sich allerdings während des Röstprozesses nicht geändert. Nun sind 1,2 Gramm Koffein in 90 Gramm Kaffee enthalten, das entspricht einem Koffeingehalt von 1,33 %. Der Koffeingehalt pro Kaffeebohne bleibt aber unverändert, aus der Gewichtsperspektive kommt es allerdings zu einem leichten Anstieg. Hierbei handelt es sich also mehr um eine Frage der Sicht als um eine Frage der Wissenschaft [RIVERA, 2009].

#### **2.4.2 Chlorogensäure**

Die Kaffeesäure (3,4-Dihydroxy-zimtsäure) und die Chinasäure sind Bestandteile der Chlorogensäure, es handelt sich dabei um ein Isomeregemisch aus 6 Kaffeesäure-Chinasäure-Estern [EICHLER, 1976]. Chemisch betrachtet wird von einem Depsid, ein Ester aromatischer Hydroxycarbonsäuren mit Hydroxycarbonsäuren, gesprochen. Bei der Chlorogensäure ist die Carboxylgruppe der Kaffeesäure mit der Hydroxylgruppe am C3-Atom der Chinasäure verestert [CZOK, 1966].

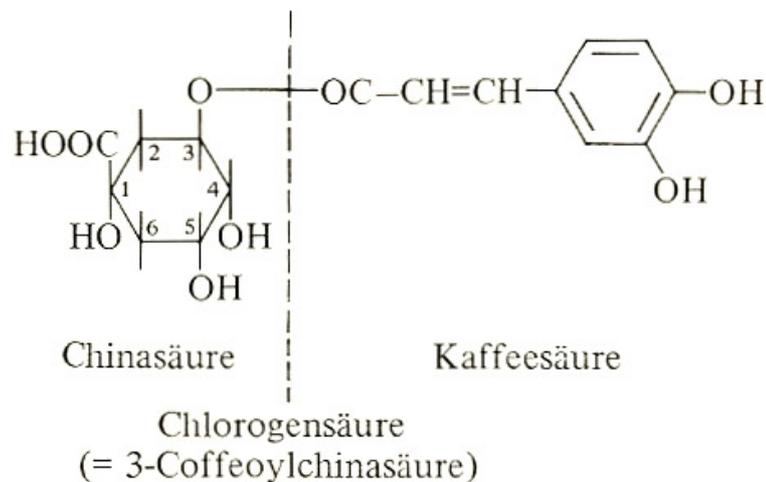


Abb. 2.3: Struktur Chlorogensäure [EICHLER, 1976]

Durch den Röstprozess geht ein großer Teil der im Kaffee enthaltenen Chlorogensäure verloren, bei mittlerem Röstgrad etwa 30 %, bei dunkler Röstung bis zu 70 % [EICHLER, 1976].

### 2.4.3 Trigonellin

Bei Trigonellin handelt es sich um ein Methylbetain der Nicotinsäure (Pyridin-3-carbonsäure) [CZOK, 1966]. Es befindet sich neben dem Koffein ein weiteres Alkaloid in der Kaffeezusammensetzung, das Trigonellin [RIVERA, 2009].

Der Gehalt an Trigonellin beträgt bei Arabica-Kaffee ungefähr 1 % und fällt im Robusta-Kaffee etwas geringer mit 0,7 % aus. Durch den Röstprozess wird allerdings ein beachtlicher Teil des Trigonellins abgebaut und so sind ab Temperaturen von 160 Grad Celsius schon bis zu 60 % des anfänglichen Trigonellins zerfallen [RIVERA, 2009]. Als Abbauprodukte entstehen dabei Nicotinsäure und Pyridin, sowie Nicotinsäuremethylester und  $\beta$ -Picolin. Interessant ist hierbei die entstehende Nicotinsäure, die im menschlichen Körper sehr rasch in Nicotinsäureamid (Niacin) umgewandelt werden kann, welche aufgrund ihrer Vitamineigenschaft von ernährungsphysiologischer Bedeutung ist. Der Gehalt an Niacin beträgt im Röstkaffee etwa 0,02 % [EICHLER, 1976].

Das Trigonellin spielt außerdem eine Rolle bei der Entwicklung des Röstaromas [RIVERA, 2009].

#### 2.4.4 Kaffee-Öl

Das Kaffee-Öl hat seinen Namen, weil es der Fettanteil der Kaffeebohne ist [CZOK, 1966]. Es handelt sich dabei um die petrolätherischen Lipide des Röstkaffees. Es ist bei normalen Temperaturen im flüssigen Aggregatzustand [EICHLER, 1976].

Das Kaffee-Öl ist etwa zu 14 % im Rohkaffee und zu rund 15 % im Röstkaffee enthalten [CZOK, 1966]. Der Gehalt des enthaltenen Kaffee-Öls ist von der Kaffeesorte abhängig und beträgt bei Arabica-Kaffee etwa 15 - 17 %, bei Robusta-Kaffee hingegen nur 10 - 11,5 %. Der Arabica-Kaffee enthält rund 60 % mehr Fette als Robusta-Kaffee [RIVERA, 2009].

Beim Kaffeeöl handelt es sich um ein Gemisch verschiedener Lipide [CZOK, 1966]. Es setzt sich laut KAUFMANN und SCHICKEL (1965) folgendermaßen zusammen:

<b>Lipide</b>	<b>Anteil im Kaffeeöl</b>
Triglyceride	78,75%
Diterpenester	15,00%
Freie Diterpene (Cafestol, Kahweol)	0,12%
Triterpenester	1,80%
Freie Triterpene (Sterine)	0,34%
Unbekannte Substanzen	4,00%

Tab. 2.3: Lipide im Kaffeeöl [KAUFMANN UND SCHICKEL, 1965]

Der Kaffee-Öl-Gehalt wird durch den Röstprozess nicht wesentlich beeinflusst. Beim Rösten dient das Kaffee-Öl den Röstprodukten sowie Aroma-, Geschmacks- und Anregungsstoffe als Lösungsmittel, wodurch die leicht flüchtigen Aromastoffe über längere Zeit erhalten bleiben [CZOK, 1966].

Wissenschaftler haben herausgefunden, dass das Kaffeeöl dem pflanzlichen Öl zum Kochen chemisch sehr ähnlich ist [RIVERA, 2009].

### **2.4.5 Kohlenhydrate**

Im Rohkaffee sind etwa 50 % Kohlenhydrate enthalten. Die Mehrheit der Kohlenhydrate sind als hochmolekulare, wasserunlösliche Polysaccharide in den Gerüstsubstanzen des Röstkaffees zu finden [EICHLER, 1976]. Es sind verschiedene Typen von Kohlenhydraten im Kaffee enthalten, das vermutlich wichtigste davon ist die Saccharose.

Der Saccharose-Gehalt macht etwa 6 bis 9 % im Arabica-Kaffee und 3 bis 7 % im Robusta-Kaffee aus. Während des Röstprozesses geht allerdings bis zu 97 % des Saccharose-Anteils verloren. Im Röstkaffee befinden sich dann aber trotzdem geringe Mengen an Saccharose, Glucose und Fructose, die durch Zersetzung von Polysacchariden entstanden sind [RIVERA, 2009].

Das Zellgerüst des Kaffees besteht vorwiegend aus Hemicellulosen, Cellulose kommt nur zu einem geringen Anteil vor [CZOK, 1966].

### **2.4.6 Proteine**

Der Gehalt an Proteinen im Rohkaffee beträgt zwischen 10 und 13 %, wobei ein Teil frei und der andere gebunden in der Kaffeematrix vorliegt [RIVERA, 2009].

Im Rohkaffee sind kleine Mengen an freien Aminosäuren enthalten, die bei der Röstung durch die Hitzebehandlung praktisch vollständig verschwinden. Durch den Prozess des Röstens werden die Proteine zum Teil denaturiert und zu einem anderen Teil setzen sie sich mit Kohlenhydraten zu höhermolekularen Bräunungsprodukten um. Dies geschieht im Rahmen der so genannten Maillard Reaktion [EICHLER, 1976].

Durch den Röstprozess werden Cystein, Lysin, Serin sowie Threonin zu großen Teilen und Arginin vollständig abgebaut, während die sauren und neutralen Aminosäuren nach der Hydrolyse des Röstkaffees noch in nahezu gleichen Mengen vorhanden sind [CZOK, 1966].

### 2.4.7 Röststoffe

Der Kaffee ist aufgrund seines Aromas auf der ganzen Welt sehr beliebt. Das Aroma ist allerdings im Rohkaffee noch nicht vorhanden, sondern entsteht erst beim Röstprozess [EICHLER, 1976]. Bereits vor 70 – 75 Jahren begannen Wissenschaftler die flüchtigen Aromastoffe zu untersuchen. Damals konnten über 70 Aromastoffe aus dem Kaffee extrahiert werden. Heute liegt diese Zahl weit höher, mittlerweile sind 835 Aromastoffe entdeckt worden. Allerdings wird vermutet, dass die tatsächliche Zahl an Aromastoffen noch höher ist [EDELBAUER, 2000].

Wenn diese Stoffe von einander getrennt werden, haben sie nicht mehr den typischen Kaffeegeruch, nur all diese Aromastoffe zusammen ergeben das klassische Kaffeearoma [EDELBAUER, 2000]. Um dieses Kaffeearoma zu erhalten, muss der Rohkaffee zunächst geröstet werden. Während dem Rösten des Kaffees laufen Aromabildungs- und Bräunungsreaktionen ab. Durch die hohen Rösttemperaturen und den hohen Polysaccharidanteil kommt es zur Bildung von Bräunungsprodukten [EICHLER, 1976].

Während dem Röstvorgang kommt es ab Temperaturen von 150 Grad Celsius zur Reaktion zwischen Kohlenhydraten und Proteinen, zur so genannten Maillard-Reaktion, man spricht von einer nicht enzymatischen Bräunung [RIVERA, 2009]. Hierbei entstehen zunächst aus reduzierenden Zuckern und Aminosäuren über N-substituierte Glykosylamine Amadori-Verbindungen, welche rasch dehydratisieren und sich spalten [EICHLER, 1976]. Die entstehenden gelb bis dunkelbraun gefärbten Endprodukte, welche als Melanoidine bezeichnet werden, wirken als Geschmacksstoffe. Bei der Maillard-Reaktion entstehen weit mehr als 100 wichtige Aromastoffe, die für den Kaffee von großer Bedeutung sind. Diese Bräunungsreaktion erfolgt durch den Umsatz von Kohlenhydrat-Carbonyl-Gruppen mit freien Aminogruppen des Eiweißes [CZOK, 1966].

Der bittere Geschmack des Kaffees kommt nicht alleine durch das enthaltene Koffein, sondern auch durch die bei der Maillard Reaktion entstehenden bitteren Verbindungen. Das Koffein macht nur etwa 10 bis 20 % der Bitterkeit von Kaffee aus [RIVERA, 2009].

### 2.4.8 Mineralstoffe

In den Kaffeebohnen kommen etwa 3 bis 5 % Mineralstoffe vor [CZOK, 1966], wobei der Gehalt sehr stark nach den unterschiedlichen Anbaugebieten variiert [EDELBAUER, 2000].

Es überwiegt vor allem das Kalium, während Natrium nur in sehr geringen Mengen vorkommt [CZOK, 1966].

Es wurden folgende Elemente im Kaffee gefunden, wobei nochmals zu erwähnen ist, dass der Gehalt an Mineralstoffen und Spurenelementen in den unterschiedlichen Anbaugebieten stark schwanken kann. Es handelt sich bei diesen Werten also lediglich um Richtwerte.

Mineralstoffe und Spurenelemente	Anteile im Kaffee
Kalium	1,1 %
Calcium	0,2 %
Magnesium	0,2 %
Phosphor (als Phosphat)	0,2 %
Schwefel (als Sulfat)	0,1 %

Tab. 2.4: Mineralstoffe und Spurenelemente im Kaffee [EICHLER, 1976]

Spurenelemente:

< 0,1 ‰: Arsen, Bor, Barium, Eisen, Kupfer, Lithium, Mangan, Natrium, Nickel, Rubidium, Strontium, Titan, Zink, Bromid, Chlorid, Fluorid, Jodid, Silicat

< 1 ppm (mg/kg): Aluminium, Antimon, Blei, Caesium, Chrom, Gold, Kobalt, Iridium, Lanthan, Molybdän, Quecksilber, Scandium, Selen, Silber, Thorium, Zinn, Vanadium [EICHLER, 1976]

### 2.4.9 Wasser

Während dem Röstprozess kommt es zu einem Substanzverlust, dieser ist vor allem auf das Verdampfen des Wassers zurückzuführen. Der Wassergehalt in den Kaffeebohnen ist sehr unterschiedlich und variiert zwischen 6 und 13 %. Während dem Prozess des Röstens sinkt der Wassergehalt auf etwa 0,5 %. Anschließend

erfolgt wieder ein leichter Anstieg, allerdings darf der Gehalt an Wasser 5 % nicht überschreiten. Dieser Wert ist gesetzlich festgelegt [EDELBAUER, 2000].

## **2.5 Physiologische und pharmakologische Wirkung des Kaffees**

### **2.5.1 Auswirkung auf den Wasserhaushalt**

Über die Auswirkungen von Kaffee beziehungsweise Koffein auf den Wasserhaushalt gibt es zahlreiche widersprüchliche Studien. Ursprünglich wurde angenommen, dass Kaffee harntreibend wirkt. Das hat sich so durchgesetzt, dass auch heute noch in Wiener Kaffeehäusern ein Glas Wasser zum Kaffee gereicht wird um den diuretischen Effekt des Kaffees auszugleichen. Gestützt wird diese Annahme dadurch, dass Kaffee über verschiedene Mechanismen die haarfeinen Blutgefäße in den Nieren erweitert, er erhöht so deren Filtrationsleistung und hemmt die Rückresorption von Wasser [HESSMANN-KOSARIS, 2000].

Wenn der menschliche Körper ausreichend Harn produziert, kann die Niere, die beim Stoffwechsel anfallenden Abfallprodukte aus dem Blut herausfiltern und mit dem Harn ausscheiden [HESSMANN-KOSARIS, 2000].

Die diuretischen Effekte der Methylxanthine, vor allem des Koffeins im Kaffee, werden seit mehr als 80 Jahren untersucht [EDDY und DOWNS, 1928].

Laborstudien von GONZÁLEZ-ALONSO et al. und PASSMORE et al. zeigten einen akut diuretischen Effekt von Koffein auf. Der Harn wurde hierbei 2 bis 4 Stunden nach der Aufnahme von 250 und 360 mg Koffein gesammelt [GONZÁLEZ-ALONSO et al., 1992; PASSMORE et al., 1987].

YEH et al. untersuchten den Einfluss von injiziertem Koffein auf den Metabolismus von Calcium und die Retention sowie Ausscheidung von Natrium, Kalium, Magnesium, Zink und Kupfer bei Ratten. Auch hier zeigte sich ein diuretischer Effekt des Koffeins. Das Urinvolumen war bei Ratten, denen Koffein verabreicht

wurde signifikant höher als bei jenen Ratten, denen kein Koffein injiziert wurde [YEH et al., 1986].

Auch NEUHÄUSER-BERTHOLD et al. konnten den diuretischen Effekt von Koffein bestätigen. Zwölf gesunde Freiwillige nahmen an dieser Studie teil, nachdem sie fünf Tage lang keine Methylxanthine aufgenommen hatten. Am ersten Tag dieser Interventionsstudie wurden die Flüssigkeitsansprüche durch die Aufnahme von Mineralwasser festgelegt. Am nachfolgenden Tag wurde gleich viel Flüssigkeit wie am ersten Tag aufgenommen, wobei allerdings ein Teil der Aufnahme durch sechs Tassen Kaffee ersetzt wurde. Der konsumierte Kaffee enthielt in Summe 642 mg Koffein. Dies führte zu einem gesteigerten Volumen des 24-Stunden-Harns um  $753 \pm 532$  (Standardabweichung) ml und somit zu einer negativen Flüssigkeitsbilanz. Das Gesamtkörperwasser (total body water), welches mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse gemessen wurde, sank um  $1,1 \pm 1,2$  (Standardabweichung) Kilogramm beziehungsweise 2,7 % [NEUHÄUSER-BERTHOLD et al., 1997].

An der bereits erwähnten Studie von PASSMORE et al. nahmen acht gesunde Männer teil. Hierbei wurden die Effekte von ansteigenden oralen Koffeindosen (45 mg, 80 mg, 180 mg und 360 mg) untersucht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass das Harnvolumen nur bei einer Koffeindosis von 360 mg erhöht war. Außerdem war bei einer Koffeindosis von mehr als 90 mg die Natriumausscheidung im Harn signifikant erhöht. Das Serumkalium war bei einer Koffeindosis von 360 mg signifikant reduziert. Bei einer normalen Koffeindosis von 45, 90 beziehungsweise 180 mg zeigte sich kein Effekt auf das Harnvolumen im Vergleich zum Placebo [PASSMORE et al., 1987]. Diese Studie lässt die Vermutung zu, dass Kaffee beziehungsweise Koffein erst ab einer gewissen Dosis diuretisch wirkt und dass bei einer moderaten Kaffee- beziehungsweise Koffeinaufnahme keine harntreibende Wirkung zu befürchten ist.

Auch andere Wissenschaftler kamen zu dem Schluss, dass Koffein, sofern es in moderaten Mengen konsumiert wird, keine chronische Hypohydration verursacht,

aber eventuell einen diuretischen Effekt in größeren Dosen bewirkt [ARMSTRONG, 2002; MAUGHAN und GRIFFIN, 2003].

Da Koffein bekannt dafür ist eventuell diuretisch zu wirken, verfassten MAUGHAN und GRIFFIN ein Review zu dieser Thematik. Dafür benutzten sie wissenschaftliche Literatur aus den Jahren 1966 bis 2002 unter Verwendung der Medline database. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass die Aufnahme von großen Koffeindosen, von mindesten 250 bis 300 mg, entsprechend 2 bis 3 Tassen Kaffee, eine kurzzeitige Stimulation der Harnausscheidung bei Individuen, die während einer Periode von Tagen oder Wochen kein Koffein aufgenommen hatten, bewirkt. Die Auswirkungen sind bei Personen, die regelmäßig Kaffee oder Tee konsumierten stark vermindert. Bei Koffeindosen, die in einer normalen Tasse Kaffee oder Tee enthalten sind, konnte kein diuretischer Effekt festgestellt werden. Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen nicht die Hypothese, dass moderater Koffeinkonsum zu einem schlechten Hydratationsstatus führt [MAUGHAN und GRIFFIN, 2003].

Ebenso konnten auch andere Wissenschaftler keinen akut diuretischen Effekt von Kaffee beziehungsweise Koffein feststellen [CONWAY et al., 2003; GRANDJEAN et al., 2000; KOVACS et al., 1998].

Zu diesen Wissenschaftlern gehören auch ARMSTRONG et al. Sie untersuchten die Auswirkungen von kontrolliertem Kaffeekonsum auf den Wasser- und Elektrolythaushalt. An den ersten sechs Tagen der Studie konsumierte jede Probandin und jeder Proband 3 mg Koffein pro Kilogramm Körpergewicht am Tag. An den Tagen 7 bis 11 nahmen die TeilnehmerInnen entweder 0 mg, 3 mg oder 6 mg Koffein pro Kilogramm Körpergewicht am Tag auf. Das ausgeschiedene Harnvolumen zeigte, dass moderate Koffeindosen von 3 beziehungsweise 6 mg Koffein pro Kilogramm Körpergewicht am Tag zu keiner Steigerung des Harnvolumens gegenüber dem Placebo (0 mg) führten. In dieser Studie konnte kein koffeininduziertes gestörtes Gleichgewicht des Wasser- und Elektrolythaushaltes nachgewiesen werden [ARMSTRONG et al., 2005].

### **2.5.2 Auswirkung auf den Elektrolythaushalt**

Auch über die Auswirkungen von Kaffee beziehungsweise Koffein auf den Elektrolythaushalt gibt es zahlreiche Studien.

Einige Studien zeigen, dass Koffein den Calciummetabolismus beim Menschen beeinflusst [HEANEY und RECKER, 1982; MASSEY und WISE, 1984].

HEANEY und RECKER fassten 170 Studien über die Effekte unterschiedlicher Dosen von Koffeinaufnahmen auf das Calciumgleichgewicht zusammen. Die teilnehmenden Probandinnen waren premenopausale Frauen mittleren Alters.

Sie fanden eine signifikante negative Assoziation von Koffein und dem Calciumgleichgewicht. Die Koffeinaufnahme stand im Zusammenhang mit einer höheren Calciumausscheidung im Harn sowie einer höheren intestinalen Calciumausscheidung. Diese Effekte des Koffeins waren proportional zur aufgenommenen Koffeindosis [HEANEY und RECKER, 1982].

Auch PASSMORE et al. untersuchten die Auswirkungen von Koffein auf den Elektrolythaushalt. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Koffeindosen von mehr als 90 mg die Ausscheidung von Natrium im Harn signifikant erhöhen. Außerdem war das Serumkalium bei einer Koffeindosis von 360 mg signifikant reduziert [PASSMORE et al., 1987].

Es wurden auch einige Untersuchungen über die Auswirkungen von Koffein auf den Elektrolythaushalt bei Ratten gemacht [YEH et al., 1986; WHITING und WHITNEY, 1987]. Dazu gehört auch folgende Studie von YEH et al. Sie untersuchten den Einfluss von injiziertem Koffein auf den Metabolismus von Calcium und die Retention sowie Ausscheidung von Natrium, Kalium, Phosphor, Magnesium, Zink und Kupfer bei Ratten. Die Serumcalcium-, Serumnatrium- und Serumkaliumlevel wurden von der Koffeinverabreichung nicht beeinflusst, allerdings war das Serumlevel von anorganischem Phosphor geringer. Die Ausscheidung von Natrium, Kalium, anorganischem Phosphor und Magnesium im Harn waren signifikant höher nach der Koffeinverabreichung, wobei die Zunahme dosisabhängig war. Die Ausscheidung von Calcium im Harn war bei jenen Ratten, denen das Koffein gegeben wurde, höher als in der Kontrollgruppe. Der Effekt von

Koffein auf die Ausscheidung im Harn war am größten bei Kalium > Natrium > anorganischem Phosphor > Magnesium > Calcium. Eine chronische Koffeinaufnahme führte bei den Ratten zu einem negativen Gleichgewicht von Natrium, Kalium und Phosphor [YEH et al., 1986].

WHITING und WHITNEY untersuchten die Effekte von Koffein und Theophyllin auf die Calciumausscheidung im Harn bei erwachsenen Ratten. Theophyllin verursachte eine signifikant größere Ausscheidung von Calcium im Harn im Vergleich zu jenen Ratten, denen Koffein verabreicht wurde sowie zur Kontrollgruppe, denen nichts verabreicht wurde. Die Calciumausscheidung im Harn war bei jenen Ratten, denen das Koffein gegeben wurde, signifikant höher als bei der Kontrollgruppe [WHITING und WHITNEY, 1987].

### **2.5.3 Auswirkung auf Stimmung, Konzentration und geistige Leistung**

Im Rahmen einiger Studien wurde die Auswirkung von Kaffeekonsum auf menschliche Verhaltensfunktionen erhoben. Besonders interessant hierbei ist, dass die daraus resultierenden Ergebnisse beziehungsweise Erkenntnisse durchaus konvergent sind. So ist zum Beispiel neben einer positiven Wirkung auf die allgemeine „Stimmung“ eine erhöhte Aufmerksamkeit sowie Wachsamkeit, aber auch eine leichtere Erregbarkeit bei vielen ProbandInnen festgestellt worden [BERNSTEIN et al., 1994; BRICE und SMITH, 2002; FISONE et al., 2004].

Nach BERNSTEIN et al. führt schon eine Koffeinaufnahme von 5 mg Koffein pro Kilogramm Körpergewicht zu signifikanten Verbesserungen bei Aufmerksamkeitstests. Neben der Analyse von kognitiven Fähigkeiten wurden auch Tests hinsichtlich der motorischen Geschicklichkeit durchgeführt. Auch hierbei war eine nicht unwesentliche Steigerung der Fingerfertigkeit zu beobachten. Die ProbandInnen fühlten sich nach der Aufnahme von Koffein allerdings oft unruhiger, wirkten jedoch agiler, weniger schwerfällig und faul [BERNSTEIN et al., 1994].

Ähnliche Ergebnisse erzielten auch FREWER und LADER im Zuge der Tests zu ihrer Studie „The effects of caffeine on two computerized tests of attention and

vigilance“. Eine positive Veränderung der Kognition, wiederum festgestellt durch das Abhalten von Aufmerksamkeitstest sowie der Analyse der Resultate, waren bei einer relativ moderaten Tagesration von 250 mg Koffein nachweisbar [FREWER und LADER, 1991].

Es zeigte sich allerdings auch, dass die Beeinflussung der Verhaltensfunktionen von der aufgenommenen Koffeindosis abhängt. Die Aufnahme einer hohen Koffeindosis von 500 mg am Tag führte zu einer Überstimulation des Erregungslevels, was in weiterer Folge wiederum ein Sinken der Aufmerksamkeit bewirkte [BERNSTEIN et al., 1994].

Die erwähnten Studien zeigen, dass sich der Koffein- und Kaffeekonsum durchaus positiv auf einige fundamentale Verhaltensprozesse auswirkt. Diese Wirkung beeinflusst auch positiv den Prozess des Lernens.

Weiters wird diskutiert, ob Koffeinkonsum die kognitive Funktion des Gedächtnisses beeinflusst. RIEDEL et al. untersuchten dies in einer Studie, in welcher ProbandInnen nach der Gabe von 250 mg Koffeinsupplementen Wörter auswendig lernen mussten. Hierbei kam es zu besseren Ergebnissen im Vergleich ohne Koffeinsupplementation [RIEDEL, 1995].

LIEBERMAN et al. untersuchten die Wirkungen von unterschiedlichen Koffeindosen. Dabei fanden sie heraus, dass bereits eine geringe Koffeindosis von 32 mg zu einer merkbaren Leistungssteigerung führte. Es konnten sowohl beim Lösen von auditiven, als auch von visuellen Aufgaben bessere Ergebnisse erzielt werden. Der Vorteil solch geringer Dosen ist, dass sie keinen negativen Effekt auf die Stimmung haben [LIEBERMAN et al., 1987], wie das bei höheren Dosen nachweisbar ist [BERNSTEIN et al., 1994].

SMITH et al. zeigten ebenfalls, dass bereits die zusätzliche Gabe von 40 mg Koffein zu einer Verbesserung der Leistung führte. Dies konnte sowohl im Rahmen eines Reaktionstests als auch bei unterschiedlichen Gedächtnistests festgestellt werden [SMITH et al., 1999].

Im Zuge der Studie von PEELING und DAWSON sollten die ProbandInnen ihr Befinden nach dem Konsum von Koffein selbst bewerten. Die TeilnehmerInnen schätzten sich selbst signifikant wacher und tatkräftiger ein als nach dem Konsum des Placebos. Außerdem fühlten sie sich wachsam und aufmerksam. Allerdings nahmen sich die ProbandInnen auch als unruhiger wahr und hatten das Gefühl nicht effizienter oder kreativer an einer 75-minütigen Vorlesung teilnehmen zu können. Die statistische Analyse zeigte aber weiters, dass die ProbandInnen den Eindruck hatten, sich nach der Koffeinnahme besser konzentrieren zu können als nach dem Konsum des Placebos [PEELING und DAWSON, 2007].

#### **2.5.4 Koronare Herzkrankheit**

Ein hoher Kaffeeconsum wird häufig mit dem Auftreten einer koronaren Herzkrankheit in Verbindung gebracht. Dazu besteht allerdings kein Grund, wie eine prospektive Kohorten-Studie von LOPEZ-GARCIA et al. belegt. Hierbei wurde der Zusammenhang zwischen jahrelangem Kaffeeconsum und dem Auftreten einer koronaren Herzkrankheit untersucht. An dieser Studie nahmen 44.005 Männer sowie 84.488 Frauen teil, die keine Krankheitsgeschichte mit koronarer Herzkrankheit oder Krebs hatten. Der durchschnittliche Kaffeeconsum der ProbandInnen wurde über 20 Jahre mittels Fragebögen ermittelt. In dieser Zeit erkrankten 2.173 Männer und 2.254 Frauen an einer einfallenden koronaren Herzkrankheit, es gab aber keinen Zusammenhang mit dem Kaffeeconsum. Diese Studie kam zu dem Schluss, dass Kaffeeconsum nicht zu einem erhöhten Risiko einer koronaren Herzkrankheit führt [LOPEZ-GARCIA et al., 2006].

Auch KLEEMOLA et al. kamen in ihrer Studie zu diesem Ergebnis. Sie untersuchten den Zusammenhang zwischen dem Kaffeeconsum und fataler sowie nonfataler koronarer Herzkrankheit und Gesamtmortalität [KLEEMOLA et al., 2000].

### 2.5.5 Diabetes

Weiters wurden zahlreiche Studien angelegt um zu untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Kaffee- beziehungsweise Koffeinaufnahme und dem Auftreten von Diabetes Mellitus gibt. Auch hier konnte ein protektiver Effekt von Kaffee beziehungsweise Koffein nachgewiesen werden [SALAZAR-MARTINEZ et al., 2004; AGARDH et al., 2004; TUOMILEHTO et al., 2004; ROSENGREN et al., 2004].

SALAZAR-MARTINEZ et al. untersuchten im Zuge einer Fall-Kontroll-Studie zur Ermittlung eines potentiellen Zusammenhangs zwischen Kaffeekonsum und Diabetes 41.934 Männer von 1986 bis 1998 sowie 84.276 Frauen von 1980 bis 1998. Die ProbandInnen waren zu Beginn der Studie nicht an Diabetes, Krebs oder einer kardiovaskulären Krankheit erkrankt. Alle zwei bis vier Jahre mussten die ProbandInnen einen Fragebogen zu ihrem Kaffeekonsum beantworten. Die Autoren dokumentierten während dem Studienzeitraum 1.333 neue Fälle von Diabetes Typ 2 bei Männern und 4.085 neue Fälle unter den Frauen. Sie kamen zu dem Conclusio, dass eine langzeitige Koffeinaufnahme mit einem statistisch signifikant niedrigeren Risiko an Diabetes Typ 2 zu erkranken assoziiert ist [SALAZAR-MARTINEZ et al., 2004].

An der Studie „Coffee Consumption and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus Among Middle-ages Finnish Men and Women“ nahmen 6.974 Männer und 7.655 Frauen im Alter von 35 bis 64 Jahren ohne Vorgeschichte von Diabetes Mellitus, Schlaganfall oder koronarer Herzkrankheit teil. Während dem Untersuchungszeitraum traten 381 Fälle von Typ 2 Diabetes Mellitus auf. Der Kaffeekonsum wurde wiederum mittels Fragebogen ermittelt. Es zeigte sich, dass Kaffeetrinken eine inverse Assoziation mit dem Risiko von Typ 2 Diabetes Mellitus hat [TUOMILEHTO et al., 2004].

AGARDH et al. untersuchten die Wirkung von Kaffee an 7.949 gesunden Schweden. Es zeigte sich, dass ein hoher Kaffeekonsum das Risiko des Auftretens von Diabetes senkt [AGARDH et al., 2004].

ROSENGREN et al. untersuchten die Wirkung von Kaffee an 1.361 schwedischen Frauen. Auch hier wurde herausgefunden, dass Kaffeekonsum vor Diabetes schützt [ROSENGREN et al., 2004].

### **2.5.6 Krebs**

Bei Lebensmitteln, die so häufig konsumiert werden wie Kaffee, ist es nahe liegend zu untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und dem Auftreten von verschiedenen Krankheiten, vor allem von Krebs gibt. Zunächst wurde angenommen, dass Kaffee das Auftreten von Krebs fördern könnte, mittlerweile wird allerdings vom Gegenteil ausgegangen [HESSMANN-KOSARIS, 2000].

NKONDJOCK verfasste eine Übersicht über Kaffeekonsum und das eventuell damit verbundene Krebsrisiko. Er zeigte, dass Kaffeekonsum mit einem reduzierten Risiko an Leberkrebs zu erkranken assoziiert ist [NKONDJOCK, 2009].

Auch von LARSSON und WOLK wurde in einer Metaanalyse der Zusammenhang von Kaffeekonsum und dem Risiko an Leberkrebs zu erkranken analysiert. Dazu wurden vier Kohorten- und fünf Fall-Kontroll-Studien herangezogen. Alle Studien zeigten eine inverse Assoziation zwischen dem Kaffeekonsum und dem Risiko an Leberkrebs zu erkranken, in sechs Studien war diese Assoziation statistisch signifikant [LARSSON und WOLK, 2007].

NKONDJOCK zeigte weiters, dass Kaffeekonsum auch mit einem geringeren Risiko an Nieren-, premenopausalen Brust- und kolorektalem Krebs zu erkranken assoziiert ist, während kein Zusammenhang mit Eierstock-, Prostata- und Pankreaskrebs gefunden werden konnte [NKONDJOCK, 2009].

BAKER et al. untersuchten die Rolle von Kaffee, entkoffeiniertem Kaffee und Schwarztee im Zusammenhang mit dem Auftreten von Brustkrebs bei premenopausalen und postmenopausalen Frauen. An dieser Fall-Kontroll-Studie nahmen 1.932 Patientinnen mit Brustkrebs in der Fallgruppe und 1.895 gesunde

Probandinnen in der Kontrollgruppe teil. Bei den premenopausalen Frauen zeigte sich, dass der Konsum von normalem Kaffee das Brustkrebsrisiko senkt, während Schwarztee und entkoffeinierter Kaffee keinen positiven Effekt zeigten. Bei postmenopausalen Frauen hingegen war das Brustkrebsrisiko nicht mit dem Kaffee- beziehungsweise Teekonsum assoziiert [BAKER et al., 2006].

### **2.5.7 Alzheimerkrankheit**

Kaffee hält geistig fit!

Dieser Ausspruch wird durch eine Studie von MAIA und DE MENDONCA untermauert. Sie untersuchten in einer Fall-Kontroll-Studie 54 männliche Patienten mit mutmaßlicher Alzheimerkrankheit. Die Kontrollgruppe bestand aus 54 Probanden im gleichen Alter ( $\pm 3$  Jahre) und mit gleichem Geschlecht. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass Koffeinkonsum das Risiko an Alzheimer zu erkranken signifikant senkt [MAIA und DE MENDONCA, 2002].

Das wird auch von BARRANCO QUINTANA et al. belegt. Sie analysierten zwei Fall-Kontroll- sowie zwei Kohortenstudien. All diese Studien zeigten eine inverse Assoziation zwischen dem Kaffeekonsum und dem Risiko von Alzheimer [BARRANCO QUINTANA et al., 2007].

Auch LINDSAY et al. kamen zu dem Schluss, dass Kaffeekonsum das Risiko an Alzheimer zu erkranken reduziert [LINDSAY et al., 2002].

### **2.5.8 Parkinsonkrankheit**

Auch das Auftreten beziehungsweise Nichtauftreten der Parkinsonkrankheit scheint von Kaffee beeinflusst zu werden. Diese Theorie wird von zahlreichen Studien gestützt [TAN et al., 2003; RAGONESE et al., 2003; ROSS et al., 2000; ASCHERIO et al., 2001; BENDETTI et al., 2000].

ASCHERIO et al. untersuchten in einer groß angelegten Studie den Zusammenhang zwischen Kaffee- sowie Koffeinkonsum und dem Auftreten der Parkinsonkrankheit. Die ProbandInnen waren 47.351 Männer und 88.565 Frauen,

die zu Beginn der Studie weder an der Parkinsonkrankheit noch an Krebs erkrankt waren und keinen Schlaganfall hatten. Insgesamt wurden während dem Untersuchungszeitraum, der 10 Jahre bei den Männern und 16 Jahre bei den Frauen betrug, 288 Fälle der Parkinsonkrankheit diagnostiziert. Der Kaffeekonsum der ProbandInnen wurde alle paar Jahre mittels Fragebogen ermittelt. Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen die Annahme, dass moderater Koffeinkonsum einen protektiven Effekt in Bezug auf das Auftreten der Parkinsonkrankheit hat [ASCHERIO et al., 2001].

TAN et al. verfassten eine Fall-Kontroll-Studie um den Zusammenhang von Kaffee und dem Risiko an Parkinson zu erkranken, zu analysieren. Sie kamen zu dem Conclusio, dass Kaffee eine dosisabhängige protektive Wirkung vor Parkinson in der chinesischen Bevölkerung hat [TAN et al., 2003].

Eine weitere Fall-Kontroll-Studie zu dieser Thematik stammt von RAGONESE et al. Sie kamen genau so wie BENEDETTI et al. zu dem Schluss, dass es eine inverse Assoziation zwischen Kaffeekonsum und der Parkinsonkrankheit gibt [RAGONESE et al., 2003; BENEDETTI et al., 2000].

In einer weiteren groß angelegten dreißigjährigen Studie mit 8.004 männlichen Amerikanern mit japanischer Abstammung kamen ROSS et al. zu dem Ergebnis, dass eine höhere Kaffee- und Koffeinaufnahme mit einem signifikant geringeren Risiko an Parkinson zu erkranken assoziiert ist [ROSS et al., 2000].

### **2.5.9 Toxizität**

Die Toxizität des Kaffees ist sehr gering. Die LD<sub>50</sub> beträgt im Tierversuch bei oraler Verabreichung etwa 3,50 Gramm pro Kilogramm Körpergewicht.

Es wird zwischen der akuten einmaligen Vergiftung und dem Koffeinismus unterschieden. Bei letzterem kommt es durch häufig wiederholte Aufnahme zu Folgeerscheinungen. Diese sind meist nervöser Natur, aber auch Verstopfung tritt häufig auf. Der Koffeinismus ist vor allem bei Personen zu beobachten, die durch abendlichen Kaffeekonsum zu Schlafstörungen neigen und diesen Schlafmangel

wiederum durch hohe Kaffeeaufnahmen am nächsten Tag kompensieren wollen.  
Eine einmalige Vergiftung ist kaum möglich [EICHLER, 1976].

### **3. MATERIAL UND METHODEN**

#### **3.1 Studiendesign**

Diese Interventionsstudie soll den Zusammenhang zwischen Kaffeekonsum und Wasser- beziehungsweise Elektrolytenausscheidung untersuchen. Dazu wurden weibliche Nicht-Kaffeetrinkerinnen gesucht, welche zunächst zwei Tage (Tag 1 und 2) lang keinen Kaffee tranken und an diesen beiden Tagen ein Wiegeprotokoll führten sowie ihren 24-Stunden-Harn sammelten. An drei weiteren Tagen (Tag 3 – 5) fand die Intervention statt, bei welcher von den Probandinnen eine täglich steigende Kaffeedosis konsumiert wurde. Am dritten Tag der Studie war es eine Tasse mit 125 ml, am vierten Tag waren es 250 ml und am fünften Tag waren es 3 Tassen mit insgesamt 375 ml Kaffee. Auch an diesen Tagen waren ein Wiegeprotokoll zu führen und der 24-Stunden-Harn zu sammeln.

An allen fünf Tagen der Studie durfte wegen des Schwitzens und dem damit verbundenen Wasserverlust kein Sport getrieben werden. Außerdem durften abgesehen von dem verabreichten Kaffee keine koffeinhaltigen Getränke oder Lebensmittel sowie Alkohol konsumiert werden, ebenso wenig war die Einnahme von diuretisch wirkenden Medikamenten erlaubt. Es sollten alle anderen harntreibend wirkenden Einflussfaktoren ausgeschaltet werden, um allein den Effekt des Kaffees beziehungsweise des darin enthaltenen Koffeins messen zu können.

Die Körperzusammensetzung der Probandinnen wurde an den Tagen 2, 4, 5 und 6 mittels Bioelektrischer Impedanzanalyse (BIA) ermittelt, wobei jeweils die Körperzusammensetzung des Vortags gemessen wurde.

Im Labor wurde täglich das Volumen des 24-Stunden-Harns der Probandinnen ermittelt sowie das Kreatinin und die enthaltenen Elektrolyte gemessen.

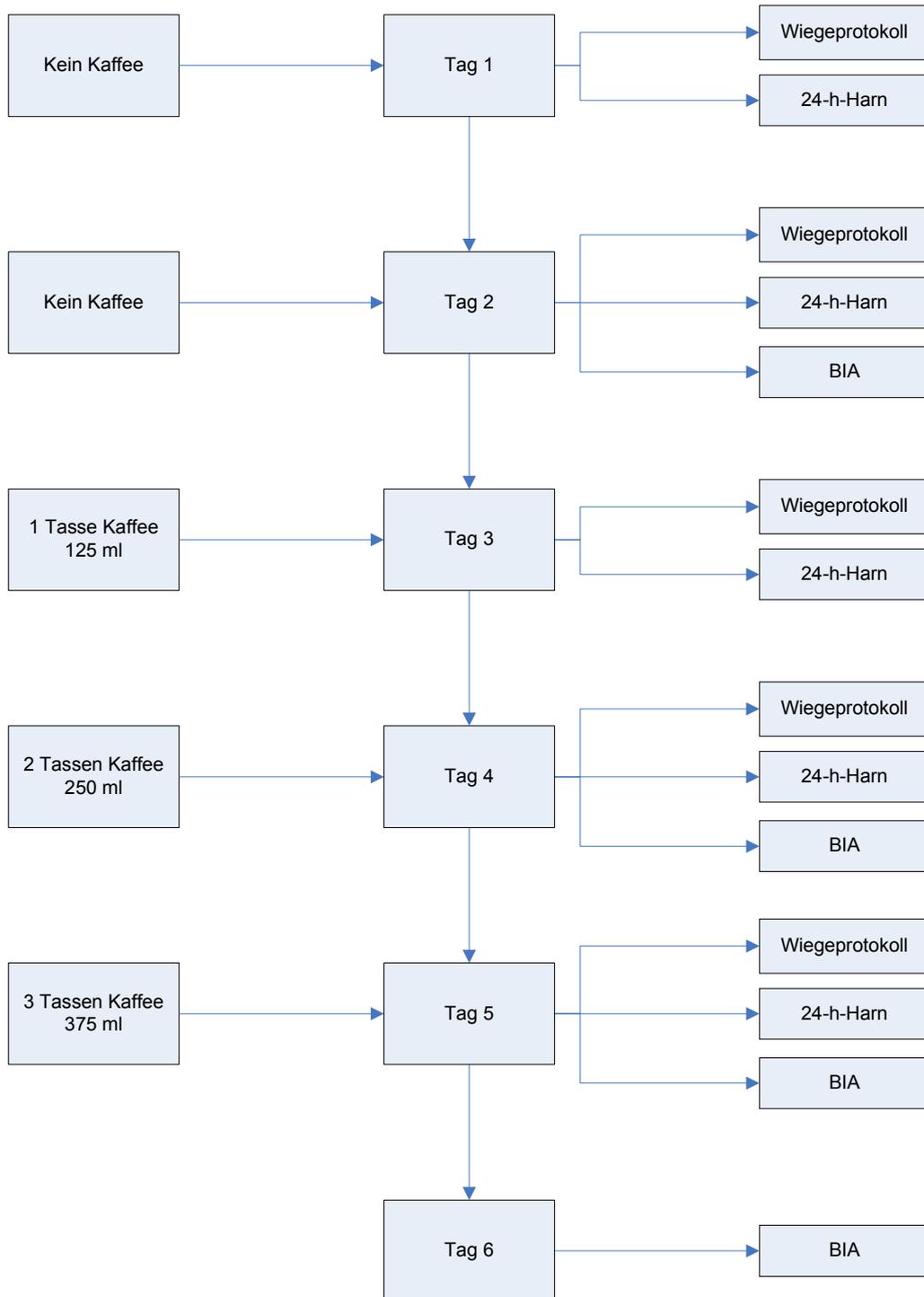


Abb. 3.1: Versuchsaufbau

### **3.1.1 Probandinnen**

Nach dem Entwurf des Studiendesigns mussten Probandinnen gefunden werden, welche bereit waren, an dieser Studie teilzunehmen. Als minimale Zahl an Probandinnen wurden sechs Personen festgelegt. Die Gewinnung der Probandinnen gestaltete sich als schwierig, da die Belastung während der Studienteilnahme sehr hoch war. Die Probandinnen wurden durch Mails sowie durch Anschläge am Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien auf diese Studie aufmerksam gemacht. Als Motivation zur Teilnahme erhielten die Teilnehmerinnen ein Buch geschenkt.

Ausschlusskriterien für die Teilnahme an dieser Studie waren das Geschlecht, das Kaffeetrinkverhalten, das Alter sowie eine bestehende Krankheit oder die Einnahme diuretisch wirkender Medikamente. Männer wurden von dieser Studie ausgeschlossen um den Einfluss des Geschlechts zu verhindern. Weiters mussten alle Probandinnen Nicht-Kaffeetrinker sein, um einen möglichen bestehenden Gewöhnungseffekt zu unterbinden. Nicht-Kaffeetrinker wurden definiert als Personen, die weniger als 7 Tassen Kaffee pro Woche konsumierten. Die Probandinnen durften die vorgegebene Altersspanne von 20 – 30 Jahren nicht über- oder unterschreiten, um einen möglichen Effekt des Alters vorzubeugen.

Alle Probandinnen unterschrieben vor der Teilnahme eine Einverständniserklärung, dass sie über die Studie informiert wurden, die Teilnahme freiwillig und anonym ist sowie, dass sie mit der Teilnahme einverstanden sind.

## **3.2 Untersuchungsablauf**

Die Gesamtnahrungs- sowie die Gesamtgetränkezufuhr wurden mittels Wiegeprotokoll dokumentiert, wobei das Hauptaugenmerk hier auf den konsumierten Getränken und wasserreichen Lebensmitteln, wie zum Beispiel Suppen oder Wassermelonen, lag. Die Probandinnen mussten alle aufgenommenen Speisen und Getränke abwiegen und dies protokollieren.

Neben dem Führen des Wiegeprotokolls mussten die Probandinnen ihren 24-Stunden-Harn sammeln. Dazu bekamen sie spezielle Kanister in denen der Harn von 0 bis 24 Uhr zu sammeln war. Zu beachten war hierbei, dass der Harn gekühlt bleibt. An diesem Harn folgte am jeweiligen Folgetag die Untersuchung im Labor. Neben der Bestimmung des 24-Stunden-Harn Volumens durch Abmessen, wurden das Kreatinin sowie der Elektrolyte Calcium, Natrium, Chlorid und Kalium im Harn bestimmt.

Nach der Messung von Körpergröße und Körpergewicht wurde an den Probandinnen eine BIA durchgeführt, um die Verteilung des Körperwassers zu ermitteln. Dies erfolgte jeweils an den Tagen, an denen sie ihren 24-Stunden-Harn des Vortages vorbeibrachten. Auch wenn die Messung am Folgetag in der Früh durchgeführt wurde, repräsentiert sie den vorangegangenen Tag an dem auch der Harn gesammelt wurde.

Weiters wurde im Labor der Koffeingehalt im konsumierten Kaffee bestimmt. Dies erfolgte mittels High Pressure Liquid Chromatography (HPLC) und diente dem Zweck, die verabreichten Koffeindosen genau zu ermitteln.

### **3.3 Angewandte Methoden**

#### **3.3.1 Interventionsstudie**

Bei Interventionsstudien handelt es sich um analytisch experimentelle Studien. Sie werden auch als klinische Studien bezeichnet und es erfolgt eine aktive Beeinflussung des Geschehens. Das Evidenzniveau ist bei Interventionsstudien hoch. Das experimentelle Design gilt in der Epidemiologie als „golden standard“, da es eine hohe Validität aufweist, weil klare Schlussfolgerungen möglich sind und weil es sich dabei um eine überzeugende Methode der Hypothesentestung handelt.

Das Prinzip der Interventionsstudie basiert darauf, dass die Effekte einer Maßnahme (Intervention) unter kontrollierten, das heißt vorher genau festgelegten, Bedingungen beobachtet werden.

Die Grundidee dahinter ist der Schluss auf Kausalität.

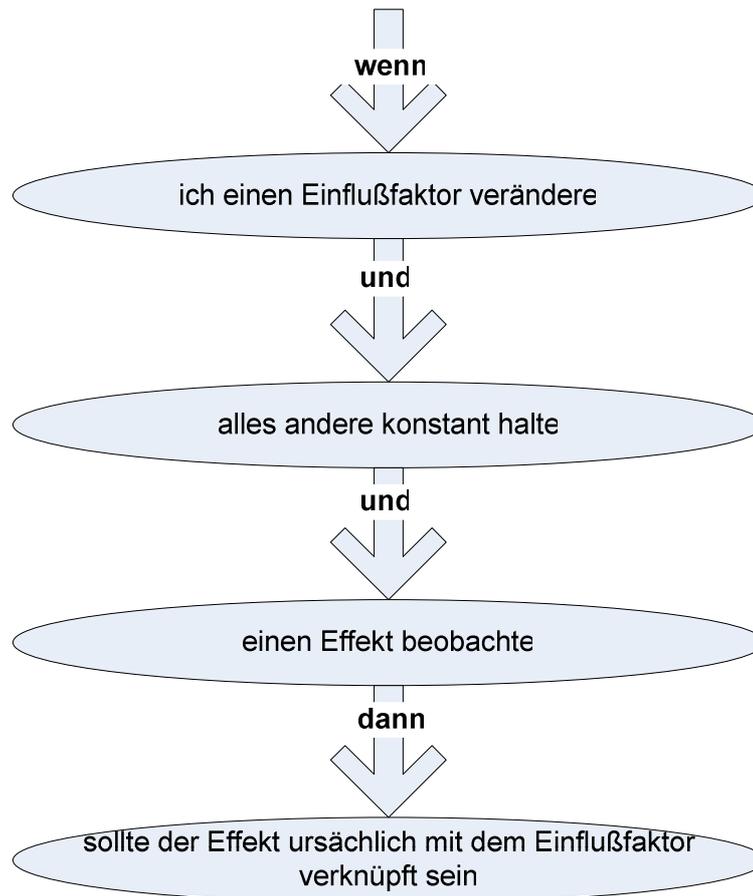


Abb. 3.2: Schluss auf Kausalität

Die Interventionsstudie dient zur Prüfung und Bestätigung von Hypothesen [OLTERSDORF, 1995].

#### **Vorteile:**

Ein wichtiger Vorteil von Interventionsstudien ist, dass der Untersucher die Rahmenbedingungen selbst bestimmen kann und somit eine direkte Kontrolle hat. Mit einer Interventionsstudie sind kausale Zusammenhänge nachweisbar, eine Hypothesenbestätigung sowie eine Quantifizierung von Interventionseffekten sind möglich.

### **Nachteile und Einschränkungen:**

Interventionsstudien verursachen hohe Kosten und auch der Zeitaufwand ist enorm. Außerdem ist die praktische Durchführbarkeit begrenzt. Die Bereitschaft der ProbandInnen an der Studienteilnahme muss gegeben sein und ethische Überlegungen müssen berücksichtigt werden. Weiters ist bei einer hohen Ausfallrate möglicherweise die Validität eingeschränkt [OLTERSDORF, 1995].

### **Aufbau:**

- Zielformulierung: Herausfinden, ob eine erhöhte Kaffeeaufnahme die Wasser- und Elektrolytausscheidung steigert.
- Erhebung der Ist-Situation (Baseline): Untersuchung des 24h-Harns ohne Kaffeeaufnahme.
- Planung und Durchführung der Intervention: An drei aufeinander folgenden Tagen wird die Kaffeedosis gesteigert.
- Erneute Erhebung mit gleicher Methode (Evaluierung): Untersuchung des 24h-Harns nach der Kaffeeaufnahme an den Tagen 3 - 5.
- Quantifizierung der Interventionseffekte: Wird die Wasser- und Elektrolytausscheidung durch den Kaffeekonsum signifikant gesteigert beziehungsweise verändert?

### **3.3.2 Wiegeprotokoll**

Bei einem Wiegeprotokoll, welches auch als „weighed food record“ bezeichnet wird, handelt es sich um eine prospektive Methode zur Ermittlung des Lebensmittelverzehr und der Nährstoffzufuhr. Bei dieser Ernährungserhebungsmethode werden alle Lebensmittel und Getränke vor dem Verzehr genau abgewogen und notiert. Dies kann entweder von den ProbandInnen selbst oder von einer Aufsichtsperson durchgeführt werden. Lebensmittel und Getränke, welche außer Haus verzehrt werden, werden entweder geschätzt oder es werden im Nachhinein Duplikate abgewogen.

Das Wiegeprotokoll eignet sich besonders, um die aktuelle Ernährung einer Bevölkerungsgruppe zu bewerten. Außerdem gilt es als „golden standard“ in

Validierungsstudien und ist auch für den Einsatz in klinischen Studien gut geeignet [BIRÓ, 2002].

**Vorteile:**

Beim Wiegeprotokoll handelt es sich um die genaueste Methode, um den Lebensmittelverzehr und die Nährstoffzufuhr zu ermitteln. Da es sich um eine prospektive Methode handelt, wird die Gefahr des Vergessens von konsumierten Lebensmitteln und Getränken minimiert beziehungsweise ausgeschlossen [BIRÓ, 2002].

**Einschränkungen:**

Die wichtigste Voraussetzung beim Einsatz des Wiegeprotokolls als Ernährungserhebungsmethode ist, dass die ProbandInnen hoch motiviert sind, da das ständige Führen des Protokolls für die ProbandInnen sehr belastend ist. Außerdem müssen die ProbandInnen schreiben und rechnen können.

Das Wiegeprotokoll ist nicht geeignet, um die übliche Ernährung einer einzelnen Person zu ermitteln und zu bewerten, da eine beträchtliche tägliche Variabilität im Lebensmittelkonsum besteht. Weiters können die Personen nicht entsprechend der Nährstoffzufuhr klassifiziert werden. Je länger ein Wiegeprotokoll zu führen ist, das heißt je höher die Anzahl der Protokolltage ist, umso geringer ist die „compliance“, das kooperative Verhalten der ProbandInnen. Aufgrund des hohen Zeit- und Kostenaufwands ist der Einsatz von Wiegeprotokollen für größere Studien ungeeignet [BIRÓ, 2002].

**Wichtige Punkte/zu beachten:**

Das Protokoll soll immer und überall mitgeführt werden. Alle verzehrten Lebensmittel und Getränke sind sofort zu notieren, da sonst die Gefahr des Vergessens besteht. Es ist alles abzuwiegen, auch wenn es sich nur um kleine Mengen handelt. Bei Außer-Haus-Verzehr ist darauf zu achten, dass die konsumierten Lebensmittel und Getränke in haushaltsüblichen Maßen beschrieben werden. Grundsätzlich soll das Gewicht nicht geschätzt werden, da dies eine zusätzliche Fehlerquelle ist. Ist ein Abwiegen nicht möglich, wird

empfohlen, die verzehrte Menge mit Vergleichsgrößen zu beschreiben (zum Beispiel „handflächengroß“). Treten Probleme oder Schwierigkeiten beim Führen des Protokolls auf, sollten diese auf der Rückseite notiert werden.

### **Aufbau des Wiegeprotokolls und Einführung:**

Das Wiegeprotokoll wurde für diese Studie möglichst einfach gehalten um die Belastung der Probandinnen so gering wie möglich zu halten. Es waren die Uhrzeit, um welche Mahlzeit es sich handelt, das Gewicht in Gramm sowie das verzehrte Lebensmittel beziehungsweise Getränk zu notieren. Das Hauptaugenmerk lag auf der genauen Dokumentation der konsumierten Getränke und wasserhaltigen Lebensmittel.

Alle Probandinnen bekamen eine kurze Einschulung, wie das Führen eines Wiegeprotokolls funktioniert und worauf besonders zu achten ist.

### **Auswertung:**

Die Wiegeprotokolle wurden mittels nut.s ausgewertet. Dabei handelt es sich um eine nutritional Software zur Nährwertberechnung. Sie dient der Auswertung von Ernährungsprotokollen und zur Unterstützung ernährungsepidemiologischer Studien. Sie enthält den Bundeslebensmittelschlüssel BLS mit 12.000 Einträgen.

Nut.s stützt sich auf folgende Quellen:

- Nährwerte und Portionsgrößen entsprechend dem Bundeslebensmittelschlüssel [Max Rubner-Institut, BfEL] inkl. österreichischer Synonyme (Version BLS II.3.1 umfasst 137 Inhaltsstoffangaben pro Lebensmittel und 10 000 Lebensmittel)
- Nährstoffverluste und Erhaltungsfaktoren nach Bognár [BOGNÁR, 2002; BOGNÁR, 2000] und der USDA [USDA, 2003]
- D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr [D-A-CH, 2008]
- Grundumsatz nach Schofield [SCHOFIELD, 1985] oder Harris-Benedict [HARRIS und BENEDICT, 1918]
- Upper Levels gemäß D-A-CH [D-A-CH, 2008] beziehungsweise EFSA [European Food Safety Authority, 2006] und Food And Nutrition Board, IOM

[Food and Nutrition Board, 1997; Food and Nutrition Board, 2000; Food and Nutrition Board, 2001]

- Nährstoffprofile gemäß Richtlinie 90/496/EWG [Amtsblatt der Europäischen Union L276, 1990] inkl. Richtlinie 2008/100/EG [Amtsblatt der Europäischen Union L285/9, 2008] und Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 [Amtsblatt der Europäischen Union L 404/9, 2006]
- Energiebedarf nach Maughan [MAUGHAN, 2000]

[<http://www.nutritional-software.at/>]

Mit dieser Ernährungssoftware wurden die in den Wiegeprotokollen dokumentierten aufgenommenen Lebensmittel, sowie die Flüssigkeitszufuhr ausgewertet. Die Flüssigkeitsaufnahme setzte sich aus dem Wasser aus Lebensmitteln und den aufgenommenen Getränken zusammen.

### 3.3.3 Ermittlung der Körpergröße

Die Körpergröße der Probandinnen wurde mittels Stadiometer (Marke: Seca) ermittelt. Gemessen wurden die Probandinnen ohne Schuhe, mit dem Rücken am Stadiometer. Die Füße mussten geschlossen am Fußanschlag stehen und der Rücken sowie der Kopf mussten gerade ausgerichtet sein. Das Messergebnis wurde auf einen Zentimeter genau abgelesen.

### 3.3.4 Ermittlung des Körpergewichts

Das Körpergewicht wurde mit einer Körperwaage (Marke: Seca, Modell: 920) gemessen. Dazu zogen die Probandinnen Schuhe, Westen, Pullover und dergleichen aus. Für das restliche Gewand wurde 1 Kilogramm des angezeigten Körpergewichts abgezogen.

Der Body-Mass-Index (BMI) wurde anschließend mit folgender Formel berechnet:

$$\text{BMI} = \frac{\text{Körpergewicht in kg}}{\text{Körpergröße in Metern}^2}$$

Abb. 3.3: BMI Berechnung

### 3.3.5 Bioelektrische Impedanzanalyse

Mit der Bioelektrischen Impedanzanalyse kann die Körperzusammensetzung eines Menschen gemessen werden. Dabei handelt es sich um eine 3-Kompartiment-Messung [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/a].

#### 3-Kompartiment-Modell:

Bei der 3-Kompartiment-Messung wird die Magermasse in Körperzellmasse BCM und Extrazellulärmasse ECM differenziert. Die BCM ergibt sich aus allen sauerstoffoxidierenden, stoffwechselaktiven Zellen. Die ECM setzt sich aus interstitiellem und transzellulärem Raum sowie Skelett und Bindegewebe zusammen [DÖRHOFER, 2007].

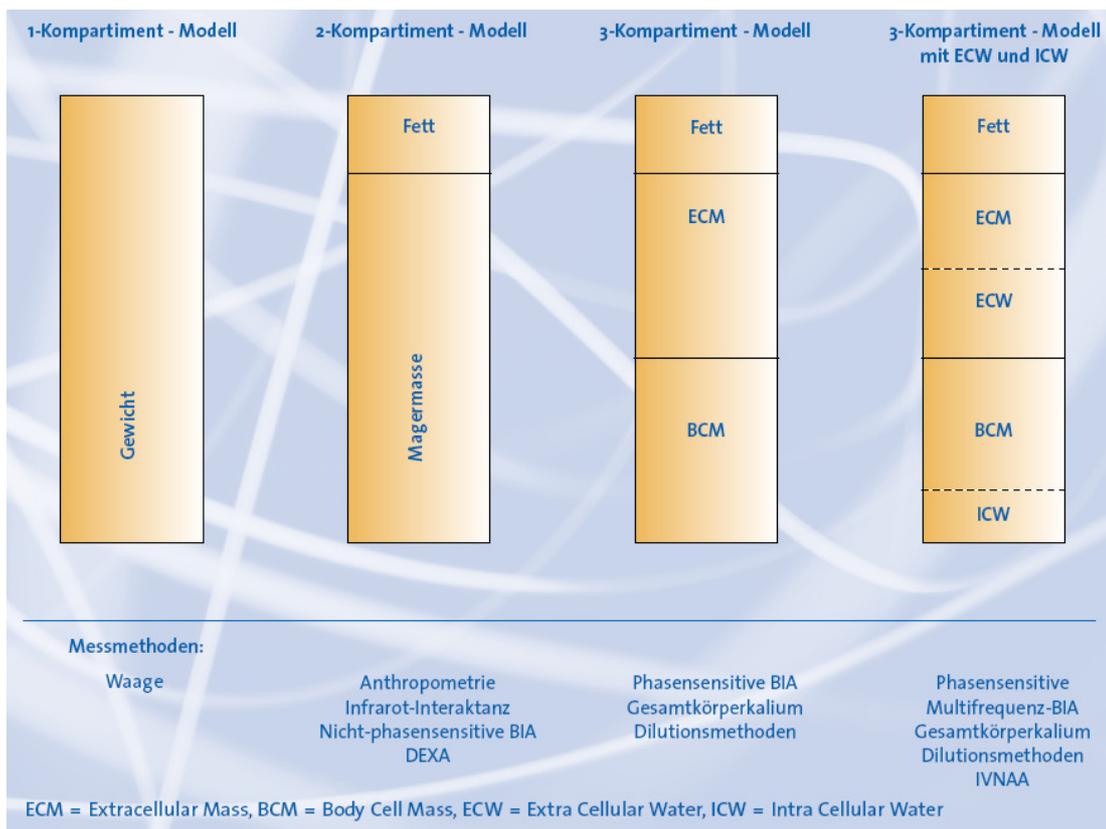


Abb. 3.4: Schematische Darstellung der Kompartimentmodelle [DÖRHOFER, 2007]

#### Prinzip:

Bei der Bioelektrischen Impedanzanalyse handelt es sich um eine moderne Möglichkeit zur Messung der Körperzusammensetzung. Sie beruht auf der

unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeit von magerer Körpermasse und Fett [TOMCZAK, 2003]. Es handelt sich also um ein Verfahren zur Bestimmung des Gesamtwiderstandes (Impedanz), den der Organismus gegen den elektrischen Strom ausübt, wenn er in einen Wechselstrom geschaltet wird [SCHAUDER, 1999].

Die Verwendung der Bioelektrischen Impedanzanalyse ist weit verbreitet, sowohl in der Anwendung bei gesunden Personen, als auch bei Patienten. Sie hat sich im klinischen und medizinischen Bereich weltweit etabliert und gewinnt im Sport sowie in der Gesundheitsberatung immer mehr an Bedeutung [KYLE et al., 2004/a].

Die Durchführung der BIA ist einfach, kostengünstig, sicher, nicht invasiv und kann dank der Tragbarkeit nahezu überall ausgeführt werden [KYLE et al., 2004/b].

Bei der Bioelektrischen Impedanzanalyse werden die spezifischen Leitfähigkeiten unterschiedlicher Gewebetypen gemessen. Das Fettgewebe hat einen hohen Widerstand gegen elektrische Signale. Im Gegensatz dazu sind sowohl das intrazelluläre, als auch das extrazelluläre Volumen gute elektrische Leiter. Der menschliche Körper stellt für die BIA eine Summe von seriellen und parallelen Widerständen dar [TOMCZAK, 2003].

Bei der Messung wird ein schwacher Wechselstrom über Elektroden durch den Körper des Probanden beziehungsweise der Probandin geleitet und der Spannungsabfall gemessen [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/a].

Die physikalischen Grundlagen zur Auswertung der Messergebnisse folgen dem Ohmschen Gesetz.

Ohmsches Gesetz: $U = R \cdot I$ U = Spannung [V] R = Widerstand [ $\Omega$ ] I = Stromstärke [A]
--

Abb. 3.5: Ohmsches Gesetz

Es wird zwischen der Singlefrequenz-BIA und der Multifrequenz-BIA unterschieden [GUDIVAKA et al., 1999]. Im Zuge dieser Arbeit wurde die Multifrequenz-BIA eingesetzt. Hierbei werden verschiedene Frequenzen (5 kHz, 50 kHz, 100 kHz) verwendet um die fettfreie Körpermasse, das Ganzkörperwasser (=total body water) sowie das intrazelluläre und extrazelluläre Wasser zu evaluieren [KYLE et al., 2004/a]. Die niedrigen Frequenzen sind ein Maß für die extrazelluläre Flüssigkeit, während höhere Frequenzen eine Schätzung des Gesamtkörperwassers ermöglichen [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/a].

**Gerät:**

Data Input Nutriguard – M  
Multifrequenz-Impedanzanalysator

**Zur Durchführung der BIA-Messung wurden benötigt:**

- BIA-Gerät inklusive Messkabel und Spezialelektroden
- PC mit Auswertungssoftware NutriPlus
- Liege
- Geeichte Waage
- Desinfektionsmittel und Tupfer

**Vorbereitung:**

- Die Probandinnen sollten möglichst 4 bis 5 Stunden nüchtern sein.
- Die letzte sportliche Betätigung sollte 12 Stunden zurückliegen.

- Der letzte Alkoholkonsum sollte 24 Stunden zurückliegen.
- Die Extremitäten sollten eine normale Temperatur haben.

**Messung:**

Zur Messung mussten die Probandinnen entspannt in Rückenlage liegen. Sie sollten vor Messbeginn etwa 10 Minuten ruhig liegen bis sich das Blutvolumen gleichmäßig im ganzen Körper verteilt hat. Die Beine und Arme der Probandinnen waren leicht gespreizt. Sie durften äußere Metallgegenstände, wie das Bettgestell, nicht berühren. Die Messung wurde immer auf der dominanten Körperhälfte, meistens rechts, durchgeführt, dazu mussten die Hand und der Fuß unbekleidet sein.

**Positionierung der Elektroden:**

Handgelenkselektrode: Der proximale Rand der Elektrode wurde längs entlang des Ulnaköpfchens aufgeklebt.

Fingerelektrode: Der distale Rand der Elektrode wurde längs oberhalb der Grundgelenke von Zeige- und Mittelfinger geklebt.

Zehenelektrode: Der distale Rand der Elektrode wurde längs in der Mitte der Grundgelenke von zweiter und dritter Zehe aufgeklebt.

Sprunggelenkselektrode: Der proximale Rand der Elektrode wurde längs durch den höchsten Punkt von Außen- und Innenknöchel aufgeklebt.

Die Haut musste vor Anbringung der Elektroden fettfrei, sauber und trocken sein. Dazu wurde sie vor der Messung mit einem Alkoholtupfer gereinigt. Der Abstand der Elektroden betrug 5 Zentimeter. Hierbei war zu beachten, dass eine fehlerhafte Platzierung der 4 Klebeelektroden zu großen Messabweichungen führen kann.

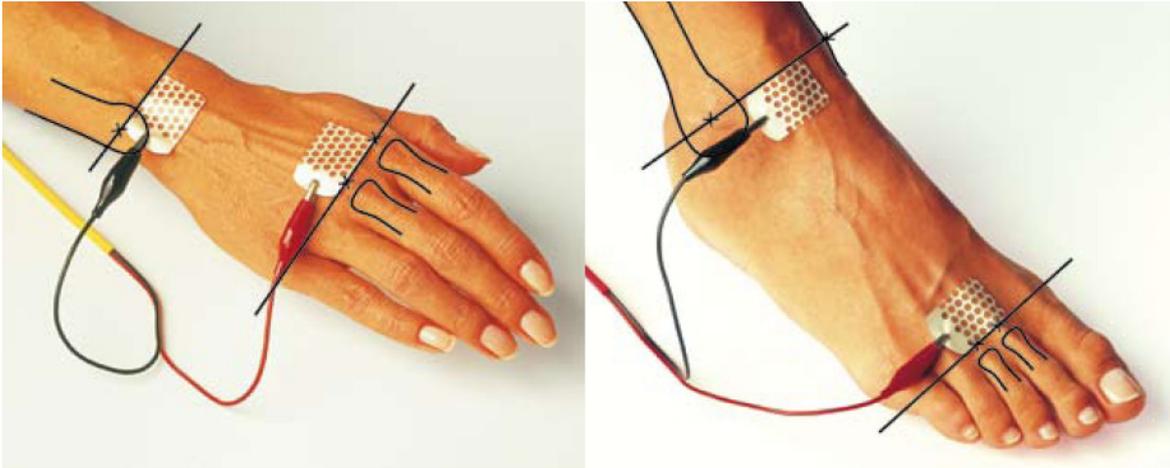


Abb. 3.6: Platzierung der Elektroden [DÖRHOFER, 2007]

### **Anschluss des Messkabels:**

- Das Handkabel hatte eine Manschette mit abgebildeter Hand.
- Das Fußkabel hatte eine Manschette mit abgebildetem Fuß.
- Die roten Klemmen wurden an die distalen Klebeelektroden (fingernah und zehennah) angeschlossen.
- Die schwarzen Klemmen wurde an die proximalen Klebeelektroden (Knöchelbereich und Handgelenkbereich) angeschlossen.

Das Kabel ist bei der Messung frei in der Luft gehängt und war nicht verdreht.

### **Errechnete Größen der BIA:**

- Körperfett – Body Fat (BF)

Die Fettzellen haben nicht die gleichen Eigenschaften wie die Körperzellmasse und haben daher auch kaum kapazitiven Widerstand (Reactance). Die Fettmasse wird aus der Gewichts Differenz von Magermasse und Körpergewicht berechnet.

- Körperwasser – Total Body Water (TBW)

Bei der BIA kann das im Gewebe enthaltene Elektrolytwasser sehr genau gemessen werden. Gerade erst getrunkene Flüssigkeit wird hingegen nicht erfasst. Das Körperwasser eines Menschen wird vorwiegend über die Körperzellmasse, also über die Muskelmenge, bestimmt. 43 % des TBW

befinden sich extrazellulär (Lymphe, interstitiell, transzellulär, Plasma) und 57 % intrazellulär.

- Magermasse – Lean Body Mass (LBM)

Unter der Magermasse wird die fettfreie Masse des menschlichen Körpers verstanden. Sie wird vor allem von der Muskulatur, den Organen, dem Skelettsystem und dem Zentralen Nervensystem gebildet. Pace und Rathburn (1945) bestimmten den Wassergehalt der Magermasse mit 73 %. Dadurch kann die Magermasse mit folgender Formel berechnet werden:

$$\text{LBM} = \frac{\text{TBW}}{0,73}$$

Abb. 3.7: Berechnung der LBM

- Körperzellmasse – Body Cell Mass (BCM)

Unter der Körperzellmasse werden alle aktiv am Stoffwechsel beteiligten Zellen verstanden. Sie setzt sich vorwiegend aus den Zellen der Muskulatur und den inneren Organen zusammen. Die Körperzellmasse ist wichtig zur Beurteilung des Ernährungszustandes des Menschen, da sämtliche Stoffwechsellarbeiten innerhalb der Zellen der BCM geleistet werden. Die BCM bestimmt den Energieverbrauch und damit auch den Kalorienbedarf des Organismus. Bei der Körperzellmasse handelt es sich um eine Teilkomponente der Magermasse. Die BCM wird vom Lebensalter, dem Trainingszustand und den genetischen Faktoren beeinflusst. Männer sollten etwa 53 bis 59 % und Frauen 50 bis 56 % BCM in der Magermasse haben, bei diesen Werten handelt es sich um Idealwerte.

- Extrazellulärmasse – Extra Cellular Mass (ECM)

Als Extrazellulärmasse wird jener Teil der Magermasse bezeichnet, der außerhalb der Zellen der BCM liegt. Zur ECM gehören die bindegewebeartigen Strukturen: Collagen, Elastin, Haut, Sehnen, Faszien und Knochen. Der flüssige Anteil besteht aus Plasma, interstitiellem und transzellulärem Wasser.

- ECM/BCM-Index

Der ECM/BCM-Index ist der zweitwichtigste Parameter zur Beurteilung des Ernährungszustandes. Beim gesunden Menschen ist die BCM immer deutlich größer als die ECM, somit ist der Index kleiner als 1.

- Phasenwinkel

Der Phasenwinkel ist direkt proportional zur Menge der BCM. Intakte, pralle Zellen mit stabilem Membranpotential haben einen hohen Phasenwinkel, geschädigte Zellen weisen hingegen einen niedrigen Phasenwinkel auf. Beim Phasenwinkel handelt es sich um ein generelles Maß für die Zelldichte sowie die Membranintegrität der Zellen. Er lässt Aussagen über den Zustand der Zelle und den Gesundheitszustand des Organismus zu.

- Zellanteil %

Der Zellanteil ist der prozentuelle Anteil von Zellen der BCM innerhalb der Magermasse und damit ein Maß für den persönlichen Ernährungs- und Trainingszustand. Er ist ein guter Parameter zur Beurteilung der Qualität der Magermasse. Der Normalbereich liegt bei Männern bei 53 bis 59 % und bei Frauen bei 50 bis 56 % [DÖRHOFER, 2007].

### **Auswertung:**

Die Auswertung der Daten erfolgte mit NutriPlus, einer Software zur Analyse der Körperzusammensetzung und des Ernährungszustandes. Es standen drei Gruppen von Vergleichswerten zur Verfügung, Idealwerte, Normalwerte und spezielle Vergleichswerte. Im Zuge dieser Studie wurden die Normalwerte als Vergleichswerte heran gezogen.

### **3.3.6 Kaffeesorte**

Arabica aus Äthiopien

### **3.3.7 Kaffeeröstung**

Der Rohkaffee wird in einer Trommel bei Temperaturen bis zu 220 Grad Celsius geröstet. Während diesem Prozess werden die typischen Aromastoffe (ätherische Öle) und andere Röstprodukte (vor allem Furfurol, Essigsäure, Purinderivate und Phenole) gebildet.

Während dem Röstvorgang nimmt der Fettgehalt der Kaffeebohnen zu, das enthaltene Wasser verdampft größtenteils und der im Rohkaffee enthaltene Zucker karamellisiert. Dadurch kommt es zur charakteristischen Bräunung.

Der Prozess des Kaffeeröstens entspricht gewissermaßen einer trockenen Destillation. Hierbei verkohlen die festen Bestandteile zum Teil und das Wasser verdampft.

Bei 180 bis 200 Grad Celsius erfolgt schließlich die Sprengung der Bohnen. Erst zu diesem Zeitpunkt entsteht das typische Kaffeearoma. Außerdem bildet sich „Assamar“, ein Röstbitter und für jede Röstung typischer Stoff.

Schlussendlich erfolgt die Kühlung unter Kaltluftstrom eventuell unter Zugabe von Wasser. Durch das Wasser kommt es zwar zu einer schnelleren Abkühlung, allerdings auf Kosten der Kaffequalität. Daher ist die Kühlung ohne Wasserbenetzung in jedem Fall zu bevorzugen [EDELBAUER, 2000].

### **3.3.8 Kaffeemahlung**

Der Kaffee für diese Studie wurde immer frisch mit einer Handkaffeemühle (Marke: Zassenhaus) gemahlen. Dabei war es wichtig darauf zu achten, dass die Mahlung schonend erfolgt, es sollte also keine zu große Wärme entstehen. Weiters ist es essentiell, dass der Mahlgrad immer gleich ist, da dieser einen entscheidenden Einfluss hat. Der Mahlgrad des Kaffees darf weder zu fein noch zu grob sein. Durch eine feine Mahlung kommt es zu einer Vergrößerung der Oberfläche. Infolge kann die Auslaufzeit verlängert werden oder der Kaffee läuft

nicht. Eine zu grobe Mahlung äußert sich in einer kurzen Auslaufzeit sowie in einer sofort zusammenbrechenden Creme.

Es ist immer auf die zur Zubereitungsart passenden Mahlung zu achten. Im Falle des Filterkaffees ist eine mittlere Mahlung zu bevorzugen [EDELBAUER, 2000].

### **3.3.9 Kaffeezubereitung**

Der Kaffee wurde in einer gewöhnlichen Haushaltskaffeemaschine (Marke: Rowenta) mit Papierfilter (Marke: Brigitta, Größe 2) zubereitet. Dafür wurden 40 Gramm Kaffee auf 400 ml Wasser verwendet. Der Kaffee wurde nicht heiß gehalten, sondern sofort nach der Zubereitung konsumiert. Der Kaffee wurde vorrangig schwarz und ohne Zucker angeboten, durfte aber bei Bedarf nach Belieben mit Zucker gesüßt und mit Milch versetzt werden.

### **3.3.10 Koffeinbestimmung mittels HPLC**

Die Anfänge der ersten HPLC, High Pressure Liquid Chromatography (Hochdruckflüssigkeitschromatografie), gehen in die sechziger Jahre zurück. Bei der HPLC handelt es sich um eine schnelle Trenntechnik. Bei dieser Trennmethode wird das zu trennende Gemisch mit Hilfe eines Lösungsmittels oder eines Lösungsmittelgemischs zur Säule gebracht. Das Lösungsmittel beziehungsweise Lösungsmittelgemisch fungiert dabei als Eluent oder mobile Phase. Die Säule, welche ein Rohr aus meist rostfreiem Edelstahl ist, ist mit der so genannten stationären Phase gefüllt. Sie wird als „stationär“ bezeichnet, da sie im Gegensatz zur mobilen Phase nicht wandert. Die stationäre Phase besteht meist aus Kieselgel. An dessen Oberfläche sind bestimmte Gruppen gebunden, die als so genannte „Rastplätze“ für die zu trennenden Substanzen dienen. Die verschiedenen Substanzen werden hier je nach ihrer Art unterschiedlich lange festgehalten. Durch verschiedene Trennmechanismen erfolgt anschließend die Trennung der Substanzen des eingespritzten Probengemisches.

Die zu untersuchenden Substanzen werden unterschiedlich lange vom Säulenmaterial zurück gehalten und somit verlassen sie die Säule nach

verschiedenen Retentionszeiten. Schließlich werden die einzelnen Komponenten der Probe vom Detektor registriert. Dieser leitet die Informationen an eine Auswerteeinheit weiter und es entsteht schlussendlich ein Chromatogramm. Die Anzahl der Peaks entspricht der Zahl der aufgetrennten Probenbestandteile, während die Fläche zu deren Menge proportional ist.

Die HPLC kann also zur Bestimmung einer quantitativen Menge herangezogen werden. Die Peakfläche und die Peakhöhe sind zur Konzentration proportional [MLADEK und KROMIDAS, <http://www.kromidas.de/Uploads/Dokumente/HPLCfuerNeueinsteiger.pdf>].



Abb. 3.8: Aufbau HPLC

### Analyse von Koffein, Theobromin und Chlorogensäure:

HPLC-Anlage: Dionex UltiMate 3000

Detektor	UV Detektor, 270nm
Säule	Merck 50981; LiChrosphere 60 RP-select B, 5 µm, 125 x 4 mm
Mobile Phase	Natriumdihydrogenphosphat-Puffer
Modus	Isokratisch
Temperatur	30 °C Säule und 15 °C Autosampler
Schleifenvolumen	20 µl bzw. 40 µl
Flussrate	1 ml/min
Druck	75 bar

Tab. 3.1: HPLC Anlage

### **Vorbehandlung der Säule:**

Die Säule wurde zunächst mit 100 % Methanol aktiviert. Anschließend wurde mit 50 % Wasser und 50 % Methanol gespült. Vor Verwendung des Puffers wurde schließlich noch mit 80 % Wasser und 20 % Methanol gespült, da ansonst der Puffer auskristallisieren würde.

### **Chemikalien:**

- Koffein  $C_8H_{10}N_4O_2$
- Chlorogensäure  $C_{16}H_{18}O_9$
- Theobromin
- Natriumdihydrogenphosphat  $NaH_2PO_4$
- Ortho-Phosphorsäure  $H_3PO_4$

### **8mM Natriumdihydrogenphosphat-Puffer:**

1 Gramm Natriumdihydrogenphosphat wurde in einem Liter destilliertem Wasser gelöst, mit ortho-Phosphorsäure auf einen pH-Wert von 2,7 eingestellt und anschließend durch einen Faltenfilter filtriert. Der hergestellte Puffer wurde bei 4 Grad Celsius gelagert.

### **Herstellung der Standards:**

Mischstandards aus Koffein, Chlorogensäure und Theobromin:

Misch-Stocklösung (10 mg/l) für Koffein, Chlorogensäure und Theobromin: jeweils 2,5 mg pro 250 ml. Die Einwaage musste genau notiert werden.

Von jeder Substanz wurden 2,5 mg einzeln in je ein 5 ml-Becherglas eingewogen. Koffein wurde in Wasser, Theobromin in Wasser mit etwas Ethanol und Chlorogensäure in Methanol gelöst. Alles wurde anschließend über einen Trichter in einen 250 ml-Messkolben überführt. Der Kolben wurde mit Wasser bis zur Marke aufgefüllt und anschließend für 15 Minuten ins Ultraschallbad gestellt. Dann wurde auf Raumtemperatur abgekühlt. Standards sind bei Raumtemperatur stabiler als im Kühlschrank!

**Pipettierschema Standards:**

Koffein und Chlorogensäure (40 µl Einspritzvolumen):

Standard	Konzentration	Verdünnung	Verdünnungsfaktor
1	10 mg/l	Ausgangsstandard	1
2	7,5 mg/l	750 µl (1) + 250 µl H <sub>2</sub> O	1,3
3	5,0 mg/l	500 µl (1) + 500 µl H <sub>2</sub> O	2
4	2,5 mg/l	250 µl (1) + 750 µl H <sub>2</sub> O	4
5	1,0 mg/l	100 µl (1) + 900 µl H <sub>2</sub> O	10
6	0,5 mg/l	500 µl (5) + 500 µl H <sub>2</sub> O	20

Tab. 3.2: Pipettierschema Koffein und Chlorogensäure

Theobromin (20 µl Einspritzvolumen):

Standard	Konzentration	Verdünnung	Verdünnungsfaktor
1	10 mg/l	Ausgangsstandard	1
2	7,5 mg/l	750 µl (1) + 250 µl H <sub>2</sub> O	1,3
3	5,0 mg/l	500 µl (1) + 500 µl H <sub>2</sub> O	2
4	2,5 mg/l	250 µl (1) + 750 µl H <sub>2</sub> O	4
5	1,0 mg/l	100 µl (1) + 900 µl H <sub>2</sub> O	10
6	0,5 mg/l	500 µl (5) + 500 µl H <sub>2</sub> O	20

Tab. 3.3: Pipettierschema Theobromin

**Probenaufbereitung:**

Die Kaffeeproben wurden 1:100 verdünnt, indem 100 µl Kaffeeprobe in einem 10 ml-Messkolben mit destilliertem Wasser aufgefüllt wurden. Von den Proben wurden 40 µl und 20 µl in die HPLC eingespritzt.

**Behandlung der Säule nach der Analyse:**

Die Säule wurde nach der Analyse zunächst mit 100 % Wasser, anschließend mit 80 % Wasser und 20 % Methanol, danach mit 50 % Wasser und 50 % Methanol und schließlich mit 100 % Methanol gespült [ISNARDY und HERTEL, 2007].

### **Auswertung:**

Die Auswertung und Analyse der Koffeinbestimmung erfolgte mit der Chromatographie Software Chromeleon.

### **3.3.11 Messung des Harnvolumens**

Das ausgeschiedene Harnvolumen wurde mittels der Skalierung auf dem 24-Stunden-Harn-Kanister auf 5 ml genau abgemessen.

### **3.3.12 Kreatininbestimmung**

Kreatinin ist ein normaler Harnbestandteil aller Menschen. Kreatin kommt hingegen nur vor der Pubertät, während der Schwangerschaft und bei Personen mit schweren Erkrankungen der Muskulatur im Harn vor.

Kreatinphosphat fungiert in der Skelettmuskulatur als Energiespeicher. Dieser kann zur raschen Wiederauffüllung des ATP-Pools genutzt werden. Ein Teil dieses Kreatinphosphats wird zu Kreatinin zyklisiert und anschließend ausgeschieden. Liegt bei einem Patienten eine eingeschränkte Nierenfunktion vor, so steigt der Kreatininspiegel des Blutes proportional zur Nierenschädigung an.

Die Menge an Kreatinin, welche täglich ausgeschieden wird, ist zur Muskelmasse proportional und weitgehend konstant. Ausnahmen sind nach exzessivem Ausdauersport sowie nach längeren Fastenperioden.

Kreatinin wird durch Zyklisierung von Kreatin gebildet, das erfolgt spontan und irreversibel. Da Kreatinin konstant ausgeschieden wird, eignet sich die Kreatininkonzentration als Bezugsgröße für andere Harnbestandteile, wie Elektrolyte. Das gilt besonders dann, wenn der Harn nach hohem Flüssigkeitskonsum stark verdünnt ist.

Die tägliche Kreatininausscheidung liegt zwischen 1,0 und 1,5 Gramm [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/c].

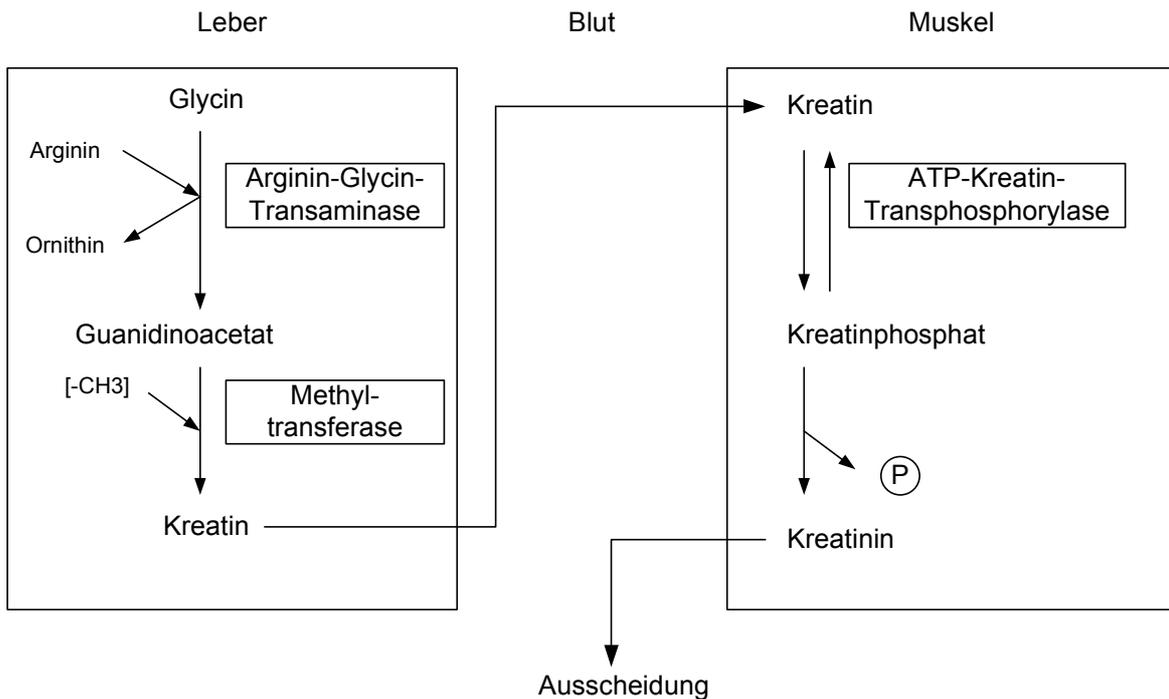


Abb. 3.9: Kreatininausscheidung [vgl. ELMADFA und LEITZMANN, 2004/c].

### Methode:

Jaffé-Methode mit Enteiweißung

### Testprinzip:

Kreatinin bildet in alkalischer Lösung mit Pikrat einen rot-orangen Farbkomplex, der photometrisch bestimmt wird. Da die Komplexbildung mit Pikrinsäure im alkalischen Milieu für Kreatinin nicht spezifisch ist, ist es nötig vor der Bestimmung eine Eiweißfällung durchzuführen.

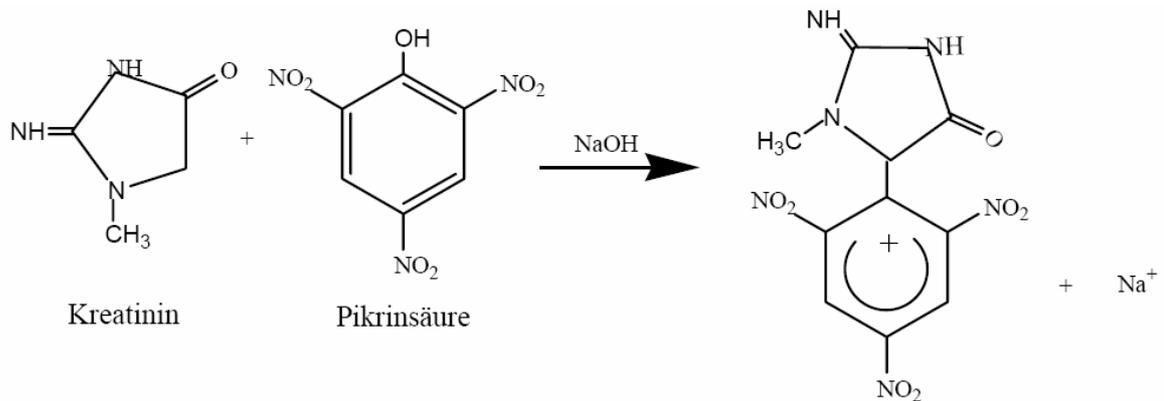


Abb. 3.10: Testprinzip

**Probenmaterial:**

24-Stunden-Harn der sieben Probandinnen

**Reagenzien:**

Inhalt	Konzentrationen der gebrauchsfertigen Lösungen
1 Standard Kreatinin	2 mg/dl bzw. 177 $\mu\text{mol/l}$
2 Pikrinsäure	35 mmol/l
3 NaOH	1,6 mol/l

Tab. 3.4: Reagenzien

Zusätzlich erforderlich: Trichloressigsäure (1,2 mol/l)

**Herstellung und Haltbarkeit der Lösungen:**

1. Standard Kreatinin – 177  $\mu\text{mol/l}$  ( $M=113,1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) → 2 mg Kreatinin/100 ml Wasser
2. Pikrinsäure – 35 mmol/l ( $M=229,11 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) → 1,604 g Pikrinsäure/200 ml Wasser
3. NaOH – 1,6 mol/l ( $M=40 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) → 12,8 g NaOH/200 ml Wasser
4. Trichloressigsäure – 1,2 mol/l ( $M=163,39 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ ) → 19,6 g TCA/100 ml Wasser

Bei den Lösungen 1, 2 und 3 wird der Inhalt unverdünnt verwendet. Die Haltbarkeit betrug bei einer Lagerung von +15 bis +25 °C bis zum aufgedruckten Verfallsdatum.

Lösung 4 ist ein Reaktionsgemisch aus Lösung 2 und 3 im Verhältnis 1:1. Die Haltbarkeit betrug bei einer Lagerung von +15 bis +25 °C fünf Stunden.

### Geräte:

Spektralphotometer

Eppendorf-Pipetten

50 ml - Messkolben

Stöpsel

Trichter

Reagenzgläser

Makroküvetten

### Probenvorbereitung:

Der frische Harn wurde 1+49 mit destilliertem Wasser verdünnt → 100 µl Harn + 4,9 ml destilliertes Wasser.

### Durchführung:

Spektralphotometer: 520 nm

Küvetten: 1 cm Schichtdicke

Inkubationstemperatur: 25 °C

Messung gegen Leerwert

In Reagenzgläser wurden pipettiert:

	Leerwert	Standard	Probe Harn (1+49)
Dest. Wasser	0,5 ml	-	-
Lösung 1	-	0,5 ml	-
Trichloressigsäure	0,5 ml	0,5 ml	0,5 ml
Harn (1+49)	-	-	0,5 ml
Lösung 4	1,0 ml	1,0 ml	1,0 ml

Tab. 3.5: Pipettierschema

Die Inhalte der Reagenzgläser wurden gemischt und 20 Minuten bei 25 °C stehen gelassen. Die Extinktion der Probe ( $E_{\text{Probe}}$ ) und die Extinktion des Standards ( $E_{\text{Standard}}$ ) wurden gegen den Leerwert gemessen.

**Berechnung:**

Kreatininkonzentration im Harn [mg/dl]:

$$C = 100 \cdot \frac{E_{\text{Probe}}}{E_{\text{Standard}}}$$

Abb. 3.11: Berechnung Kreatininkonzentration im Harn in mg/dl

Kreatininkonzentration im Harn [mmol/l]:

$$C = 8,84 \cdot \frac{E_{\text{Probe}}}{E_{\text{Standard}}}$$

Abb. 3.12: Berechnung Kreatininkonzentration im Harn in mmol/l

Kreatinin im 24-h-Harn [g/24 Stunden]:

$$\text{Kreatinin im 24h - Harn [g/24 Stunden]} = \frac{\text{mg Kreatinin/dl} \cdot \text{Liter Harn in 24h}}{100}$$

Abb. 3.13: Berechnung Kreatinin im 24-h-Harn

**Normalwerte:**

1 - 1,5 g/24 h beziehungsweise 8,84 - 13,3 mmol/24 h [BOEHRINGER MANNHEIM, 1991].

**3.3.13 Elektrolytmessung**

Die mit dem Harn ausgeschiedenen Elektrolyte Natrium, Kalium, Chlorid und Calcium können potentiometrisch mit spezifischen ionenselektiven Elektroden ermittelt werden. Die Bestimmung erfolgte mit dem so genannten Electrolyte

Analyzer 10<sup>+</sup> der Firma NOVA Biomedical. Zur Ermittlung des Calciums musste die Probe vor der potentiometrischen Elektrode hydrolysiert und enteiweißt werden. Dadurch wurde die Konzentration an Gesamtcalcium ermittelt.

**Gerät:**

Electrolyte Analyzer 10<sup>+</sup>

NOVA Biomedical

Ermöglicht die Messung von: Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> Cl<sup>-</sup>, TCa, Li<sup>+</sup>

**Normalwerte für die Ausscheidung der Elektrolyte:**

<b>Elektrolyt</b>	<b>Menge</b>
Natrium	50 – 250 mmol/d
Kalium	50 – 100 mmol/d
Calcium	1,25 – 3,75 mmol/d
Chlorid	140 – 280 mmol/d

Tab. 3.6: Normalwerte Elektrolytausscheidung [ELECTROLYTE ANALYZER, o.J.]

<b>Elektrolyt</b>	<b>Menge</b>
Natrium	100 – 150 mmol/d
Kalium	35 – 90 mVal/d
Calcium	2,5 – 6 mmol/d
Chlorid	6 – 9 g/d

Tab. 3.7: Normalwerte Elektrolytausscheidung [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b]

## **3.4 Statistische Auswertung**

### **3.4.1 SPSS**

Die Daten wurden mit der Statistiksoftware SPSS ausgewertet.

SPSS ist eine Softwarefirma, die Statistik- und Analyse-Software entwickelt und vertreibt. Die Firma entstand 1986 mit der Entwicklung der ersten Version der Statistiksoftware SPSS. Das wichtigste Produkt der Firma ist das gleichnamige SPSS, welches seit kurzem PASW Statistics heißt. Mittlerweile gibt es 18 Versionen von SPSS, zur Auswertung dieser Studie wurde SPSS 15 verwendet. Es diente zur statistischen Analyse der Daten [<http://www.spss.com/de/>].

### **3.4.2 K-S-Test**

Für den t-Test sowie für viele weitere statistische Tests ist die Normalverteilung der Daten in der Grundgesamtheit vorauszusetzen. Die Normalverteilung musste daher vor der Durchführung des t-Tests für abhängige Stichproben überprüft werden.

In dieser Arbeit wurde dafür der Kolmogorov-Smirnov-Test herangezogen. Er benutzt für den Test der Normalverteilungsvoraussetzung spezielle Signifikanzlevels nach Lilliefors [JANSSEN und LAATZ, 2005].

### **3.4.3 T-Test für abhängige Stichproben**

Das Ziel des t-Tests für abhängige Stichproben ist es, zwei Stichproben zu vergleichen. Dazu werden die Messwerte paarweise zusammengefasst.

Vorraussetzung für den t-Test für abhängige Stichproben ist es, dass die Stichproben abhängig sind. Weiters müssen die Differenzen normalverteilt sein.

Es wird bei jedem Paar die Differenz der verbundenen Messwerte berechnet. Ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Stichproben vorhanden ist, wird anhand des Mittelwerts dieser Differenzen überprüft.

Es werden zwei Hypothesen aufgestellt:

$H_0$ : kein Versuchseffekt

$H_1$ : Versuchseffekt vorhanden

Die Überprüfung eines signifikanten Unterschieds zwischen den Stichproben erfolgt durch den Vergleich mit dem kritischen t-Wert [JANSSEN und LAATZ, 2005].

#### **3.4.4 Microsoft Excel**

Microsoft Excel ist ein Tabellenkalkulationsprogramm. Zur Erstellung der Tabellen in dieser Arbeit wurde Microsoft Excel 2007 verwendet.

#### 4. ERGEBNISSE UND DISKUSSION

	Durchschnitt	Standardabweichung
Alter in Jahren	25,4	4,2
Körpergröße in m	1,69	0,05
Körpergewicht in kg	59,7	9,0
Kreatinin im 24-h-Harn in g	1,313	0,251
Energieaufnahme in kcal	2119	318
Grundumsatz in kcal	1287	93
Energieverbrauch in kcal	2059	149

Tab. 4.1: Ergebnisse

An dieser Interventionsstudie nahmen sieben weibliche Probandinnen teil. Das Alter betrug durchschnittlich  $25,4 \pm 4,2$  Jahre, die Körpergröße betrug  $1,69 \pm 0,05$  Meter, das Körpergewicht betrug im Durchschnitt  $59,7 \pm 9,0$  Kilogramm und der BMI betrug  $20,9 \pm 3,2$ .

Im Harn der Probandinnen wurden während der fünf Studientage im Durchschnitt  $1,313 \pm 0,251$  Gramm Kreatinin pro 24 Stunden ausgeschieden. Der Normalwert für die Kreatininausscheidung liegt bei 1 bis 1,5 Gramm in 24 Stunden. Die gemessenen Kreatininwerte lagen alle innerhalb der Referenzwerte. Kreatinin wird konstant ausgeschieden, dadurch eignet es sich als Bezugsgröße für die mit dem Harn ausgeschiedenen Elektrolyte [BOEHRINGER MANNHEIM, 1991].

Die durchschnittliche Energieaufnahme der Probandinnen betrug während der Studie  $2119 \pm 318$  Kilokalorien pro Tag. Der tägliche Grundumsatz betrug im Durchschnitt  $1287 \pm 93$  Kilokalorien. Der Physical Activity Level (PAL) wurde mit 1,6 angenommen, da die Probandinnen während der Studie keinen Sport machen durften und somit ergibt sich ein durchschnittlicher Energieverbrauch von  $2059 \pm 149$  Kilokalorien pro Tag.

Die positive Energiebilanz ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Probandinnen normalerweise sportlich aktiver sind und somit im Grunde einen höheren PAL sowie Energieverbrauch haben.

## 4.1 Koffeingehalt

Der Koffeingehalt des an den Tagen 3, 4 und 5 verabreichten Kaffees wurde mittels HPLC ermittelt. Der durchschnittliche Koffeingehalt betrug  $999,4 \pm 9,8$  (Standardabweichung) mg pro Liter. In einer Tasse von 125 ml waren somit etwa 125 mg Koffein enthalten.

Tag	Tassen Kaffee	Kaffeedosis	Koffeindosis
1	0	0 ml	0 mg
2	0	0 ml	0 mg
3	1	125 ml	125 mg
4	2	250 ml	250 mg
5	3	375 ml	375 mg

Tab. 4.2: Koffeingehalt des verabreichten Kaffees

An den ersten beiden Tagen der Studie wurde kein Koffein aufgenommen. Am Tag 3 wurde eine Tasse Kaffee mit 125 mg Koffein aufgenommen. Am vierten Tag wurde die Kaffeedosis auf zwei Tassen mit rund 250 mg Koffein gesteigert. Am fünften Tag wurden schließlich 375 mg Koffein in Form von drei Tassen Kaffee konsumiert.

Der Gehalt an Chlorogensäure im verabreichten Arabica-Kaffee betrug  $580 \pm 5,3$  (Standardabweichung) mg pro Liter Kaffee. Außerdem waren  $12,2 \pm 0,3$  (Standardabweichung) mg Theobromin pro Liter Kaffee enthalten.

Somit waren in einer Tasse mit 125 ml Kaffee etwa 125 mg Koffein, 72,5 mg Chlorogensäure und 1,5 mg Theobromin enthalten.

Der Koffeingehalt ist im Arabica-Kaffee mit etwa 0,9 bis 1,5 % niedriger als im Robusta-Kaffee mit 1,5 bis 2,5 % [RIVERA, 2009]. Das ergibt also einen Gehalt von 900 bis 1500 mg Koffein pro Liter Arabica-Kaffee. Der in dieser Studie verabreichte Arabica-Kaffee lag mit 999 mg Koffein pro Liter Kaffee innerhalb dieses Schwankungsbereichs.

## 4.2 Quellen der aufgenommenen Flüssigkeit

### Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Flüssigkeitsaufnahme in L	Mittelwert	3,02	0,15
	Median	2,93	
	Standardabweichung	0,90	
	Minimum	1,5	
	Maximum	5	

Tab. 4.3: Deskriptive Statistik der Flüssigkeitsaufnahme

Die Flüssigkeitsaufnahme betrug im Durchschnitt während der fünf Tage der Studie  $3,02 \pm 0,9$  Liter. Die Probandinnen lagen mit ihrer Aufnahme über der empfohlenen täglichen Flüssigkeitszufuhr gesunder Erwachsener von 2,1 bis 2,8 Liter [ELMADFA et al., 2009].

Die hohe Flüssigkeitsaufnahme der Probandinnen kann darauf zurückzuführen sein, dass es sich bei ihnen um Studentinnen der Ernährungswissenschaften handelte und diese vermutlich darauf achten, gesund zu leben und ausreichend Flüssigkeit zuzuführen.

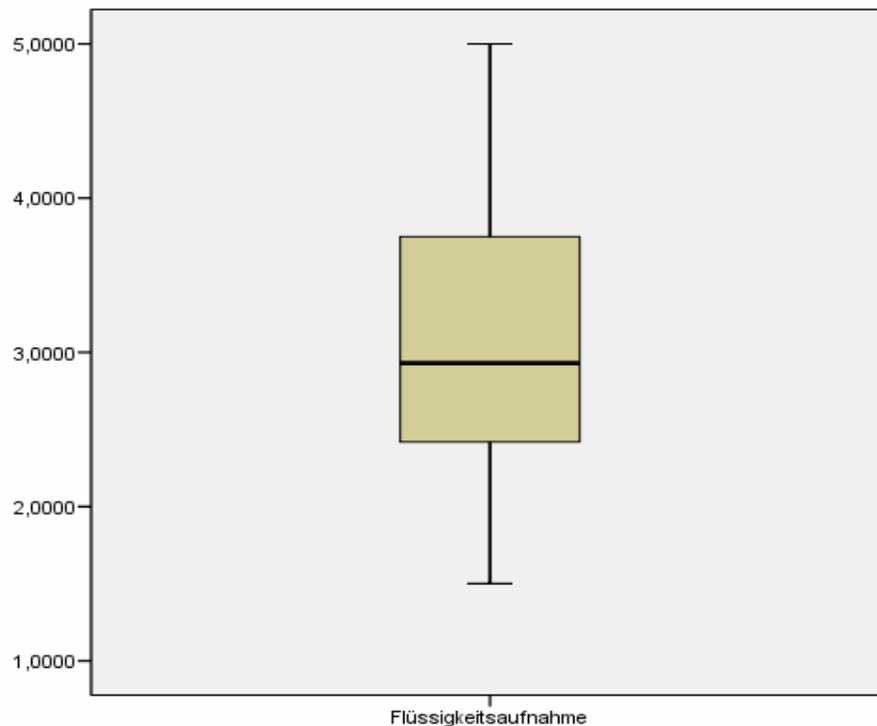


Abb. 4.1: Box-Plot Flüssigkeitsaufnahme in L

Es ist durchaus interessant zu sehen, woraus die aufgenommene Flüssigkeit stammt. Selbstverständlich kommt der größte Teil aus Getränken. Hier soll gezeigt werden, wie sich die Flüssigkeitszufuhr während der Intervention und dem damit verbundenen Kaffeekonsum verändert.

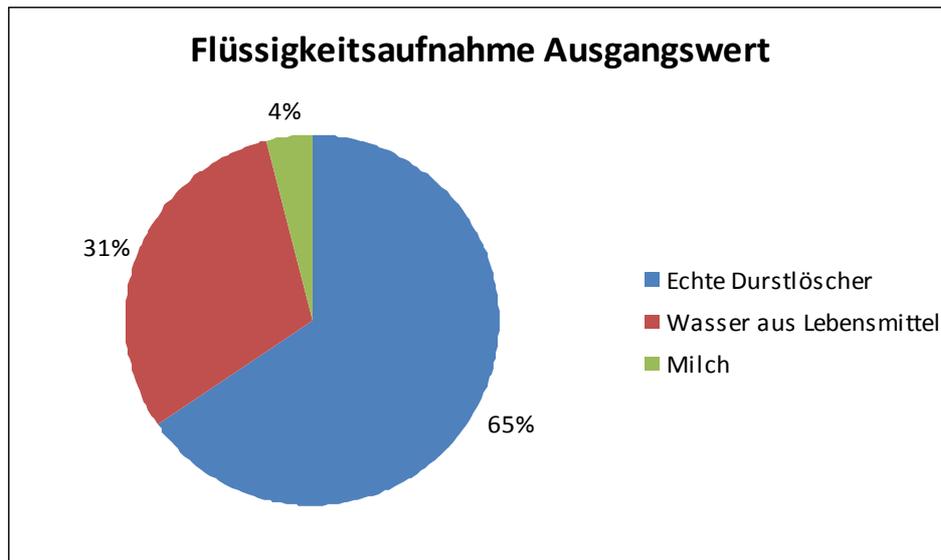


Abb. 4.2: Flüssigkeitsquellen Ausgangswert

Der Ausgangswert der Flüssigkeitsaufnahme ergibt sich aus dem Mittelwert der Tage 1 und 2. Abb. 4.2 zeigt die normale Verteilung der Flüssigkeitsaufnahme ohne Intervention. Da es sich bei den Probandinnen um Nicht-Kaffeetrinkerinnen handelte, tranken sie während den ersten beiden Tagen keinen Kaffee.

Unter dem Begriff „echte Durstlöscher“ werden Trink- und Mineralwasser, Fruchtsäfte sowie Früchte- und Kräutertees verstanden. „Unechte Durstlöscher“ sind hingegen Milch, koffeinhaltige Getränke wie Kaffee, Schwarztee, Energydrinks und alkoholische Getränke [ELMADFA et al., 2009].

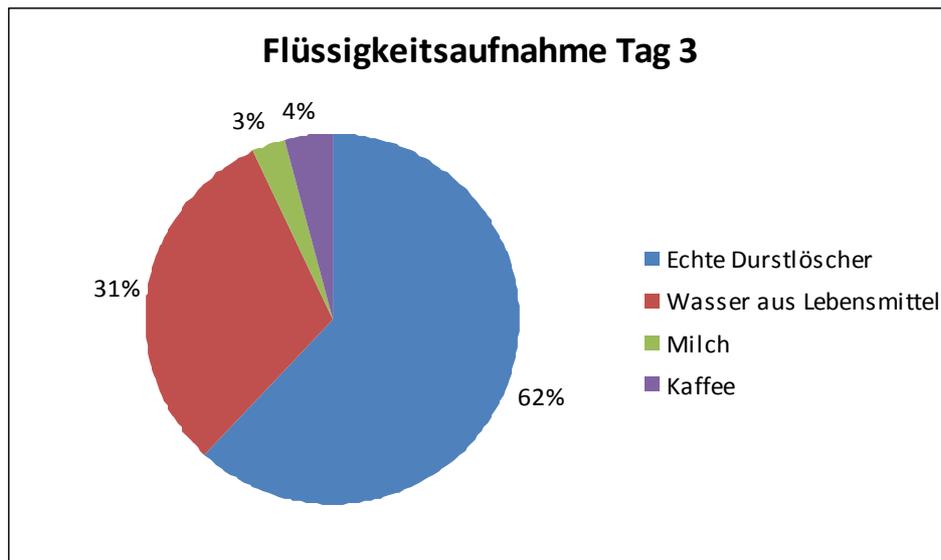


Abb. 4.3: Flüssigkeitsquellen Tag 3

Die tägliche Flüssigkeitszufuhr sollte bei Erwachsenen zwischen 2,1 und 2,8 Litern am Tag liegen [ELMADFA et al., 2009]. Der Richtwert für die Wasserzufuhr aus Getränken liegt bei 1,2 bis 1,5 Litern täglich [DACH, 2000].

Die Probandinnen nahmen während der Studie im Durchschnitt 74 % der Flüssigkeit aus Getränken (inklusive Milch und Kaffee) auf, das entspricht einer Menge von rund 2,23 Litern am Tag. Damit liegen die Probandinnen mit ihrer Aufnahme wiederum über den Empfehlungen für die Flüssigkeitszufuhr aus Getränken.

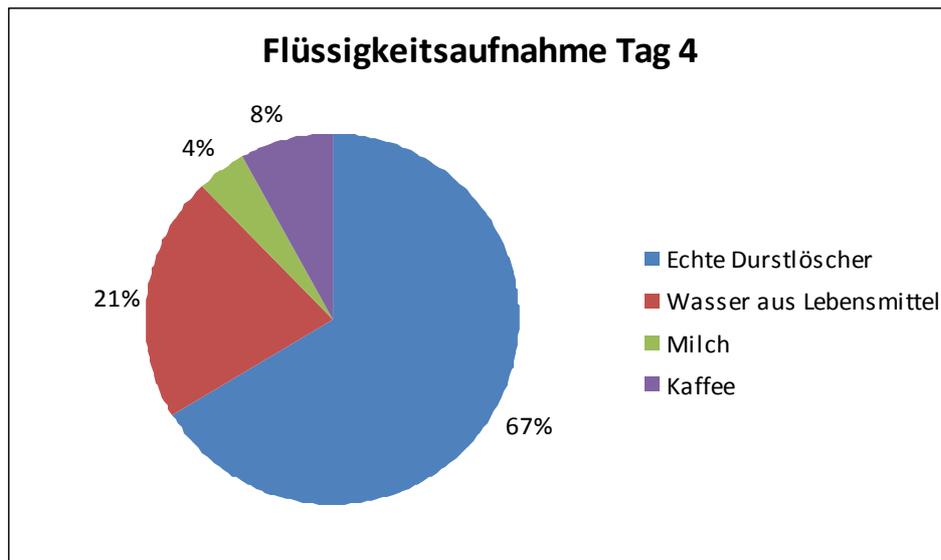


Abb. 4.4: Flüssigkeitsquellen Tag 4

Die Flüssigkeitsaufnahme durch Getränke beträgt bei den Österreichern durchschnittlich 2,7 Liter am Tag pro Person. Männer nehmen mit 2,8 Litern am Tag etwas mehr auf als Frauen mit 2,6 Litern täglich im Durchschnitt [ELMADFA et al., 2009]. Die Probandinnen dieser Studie nahmen also etwas weniger Flüssigkeit aus Getränken, dafür mehr aus Lebensmitteln wie Obst und Gemüse auf, als der österreichische Durchschnitt.

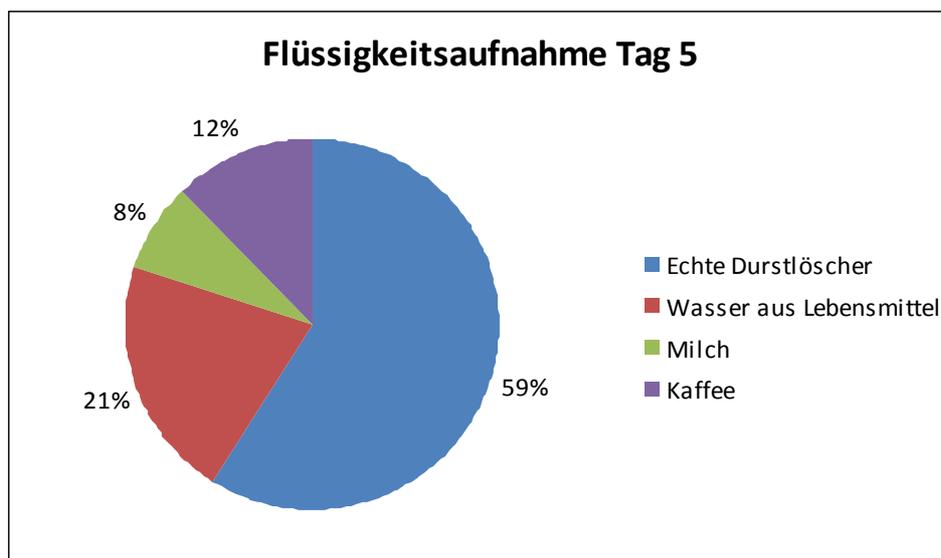


Abb. 4.5: Flüssigkeitsquellen Tag 5

Die Flüssigkeitgesamtaufnahme hat sich trotz des zusätzlichen Kaffees während der Studie kaum verändert. Der Anteil an „unechten Durstlöchern“ (in diesem Fall

waren es nur Milch und Kaffee) ist hingegen während der Intervention angestiegen. Die Kaffeeaufnahme war wie gewünscht am Tag 3, dem ersten Tag der Intervention, mit 4 % am niedrigsten, am Tag 4 lag die Aufnahme von Kaffee bei 8 % der Gesamtflüssigkeitszufuhr und am Tag 5 schließlich bei 12 %. An den Tagen 1 und 2, zusammengefasst zum Ausgangswert, wurde kein Kaffee aufgenommen.

Da die Gesamtflüssigkeitszufuhr während der Studie trotz der steigenden Kaffeefuhr konstant geblieben ist, stellt sich die Frage, durch welche Quellen weniger Flüssigkeit zugeführt wurde. Abb. 4.5 zeigt im Vergleich zur Abb. 4.2, dass wie erwartet weniger „echte Durstlöcher“ zugeführt wurden, aber auch, dass weniger Flüssigkeit aus Lebensmitteln aufgenommen wurde.

### 4.3 Auswirkung der Kaffeedosis auf das Harnvolumen

Da die Auswirkungen der Kaffeedosis auf das Harnvolumen keine statistische Signifikanz aufwiesen, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

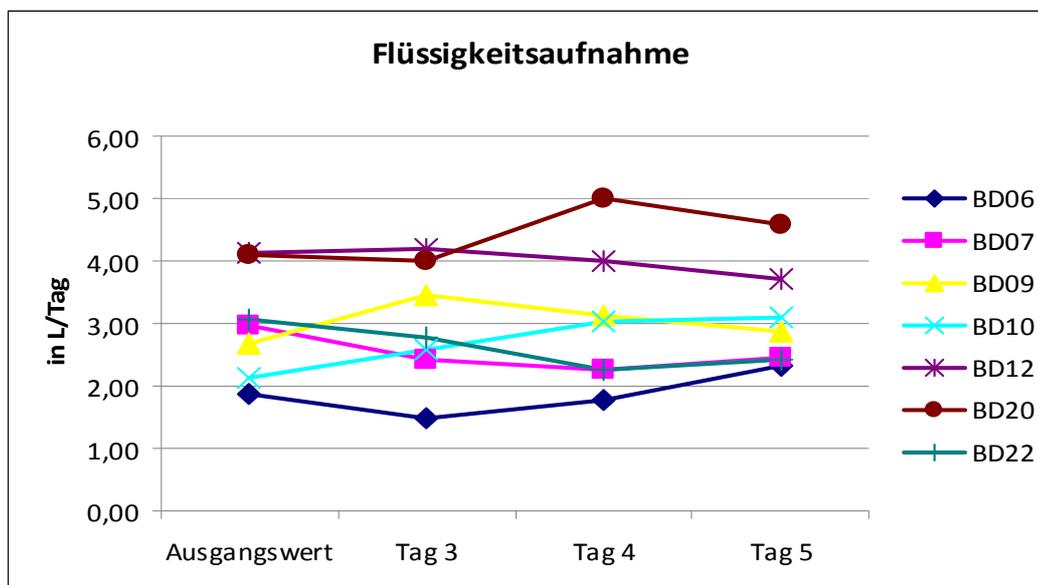


Abb. 4.6: Flüssigkeitsaufnahme

Abb. 4.6 zeigt die Flüssigkeitsaufnahme der einzelnen Probandinnen während der Studie, wobei der Ausgangswert dem Mittelwert der Tage 1 und 2 ohne

Intervention entspricht. Die Probandinnen konnten während der gesamten Studie ad libitum trinken, ausgenommen davon waren Kaffee, andere koffeinhaltige Getränke und Alkohol. Der Kaffee durfte nur in der verabreichten Menge konsumiert werden.

Es ist ersichtlich, dass die Flüssigkeitsaufnahme bei den einzelnen Probandinnen während der gesamten Studie weitgehend konstant geblieben ist, obwohl die Probandinnen ab dem dritten Tag kontinuierlich immer mehr Kaffee aufgenommen haben. Es wurde weniger Flüssigkeit aus anderen Quellen, wie aus Lebensmitteln und anderen Getränken, aufgenommen und so wurde die tägliche Flüssigkeitsgesamtaufnahme kaum verändert.

Dies zeigt, dass die Probandinnen durch den Kaffeekonsum nicht mehr Durst hatten als an den Tagen ohne Intervention. Es scheint sogar, dass der zugeführte Kaffee den Durst genau so gut löschte wie andere zugeführte Flüssigkeiten, da auf diese zugunsten des Kaffees freiwillig verzichtet wurde. Dies lässt die Vermutung zu, dass Kaffee durchaus zur Flüssigkeitszufuhr gezählt werden kann.

Auch Adam kam zu dem Schluss, dass Kaffee durchaus zur Flüssigkeitszufuhr gezählt werden darf, da der Kaffeekonsum neben der erhöhten Harnausscheidung auch eine vermehrte Natriumausscheidung über die Nieren bewirkt [ADAM, 2005].

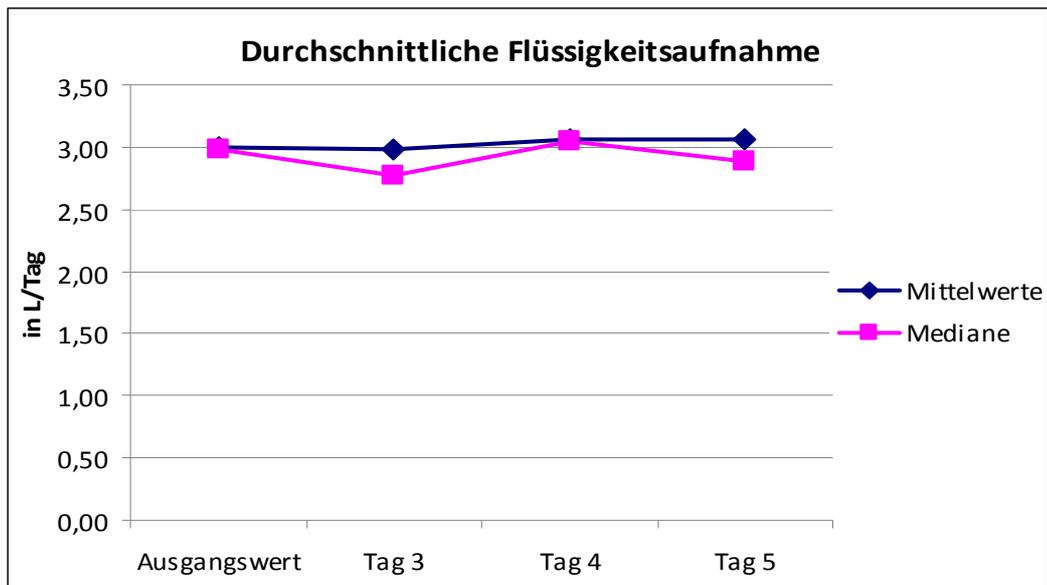


Abb. 4.7: Durchschnittliche Flüssigkeitsaufnahme

Abb. 4.7 zeigt, dass auch die durchschnittliche Flüssigkeitsaufnahme während aller Studientage, trotz des ab Tag 3 konsumierten Kaffees, konstant blieb. Aufgrund des Kaffeekonsums wurde auf die Aufnahme von Wasser aus anderen Quellen verzichtet. Während der Intervention wurden vor allem weniger „echte Durstlöscher“ sowie weniger wasserreiche Lebensmittel aufgenommen, stattdessen wurde der verabreichte Kaffee konsumiert.

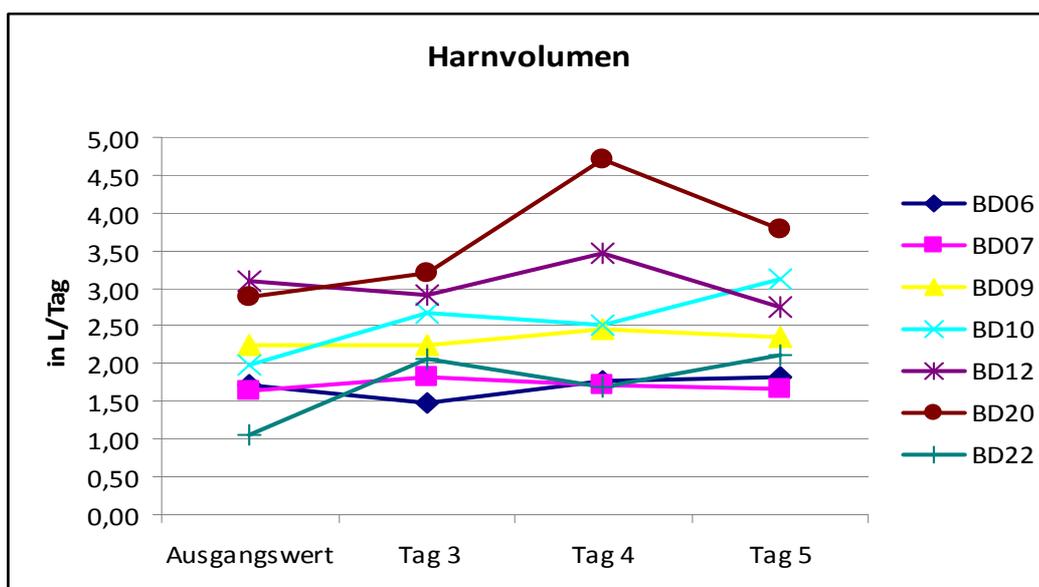


Abb. 4.8: Harnvolumen

Das Harnvolumen ist, wie in Abb. 4.8 dargestellt, bei allen Probandinnen während der Intervention zumindest leicht angestiegen. Der Anstieg fand bei manchen an Tag 3 bei einer Kaffeeaufnahme von 125 ml bei anderen am vierten Tag bei einer Zufuhr von 250 ml Kaffee statt. Am fünften Tag der Studie kam es zu einer Adaptation des Körpers und das Harnvolumen ist gesunken.

Der aufgenommene Kaffee zeigte durchaus diuretische Wirkung, diese war jedoch bei manchen Probandinnen stärker ausgeprägt als bei anderen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass die Probandinnen zuvor unterschiedlich oft Koffein in Form von Schwarztee, Energydrinks und dergleichen, konsumierten. Somit hat vermutlich bei manchen bereits eine leichte Anpassung beziehungsweise Gewöhnung bestanden.

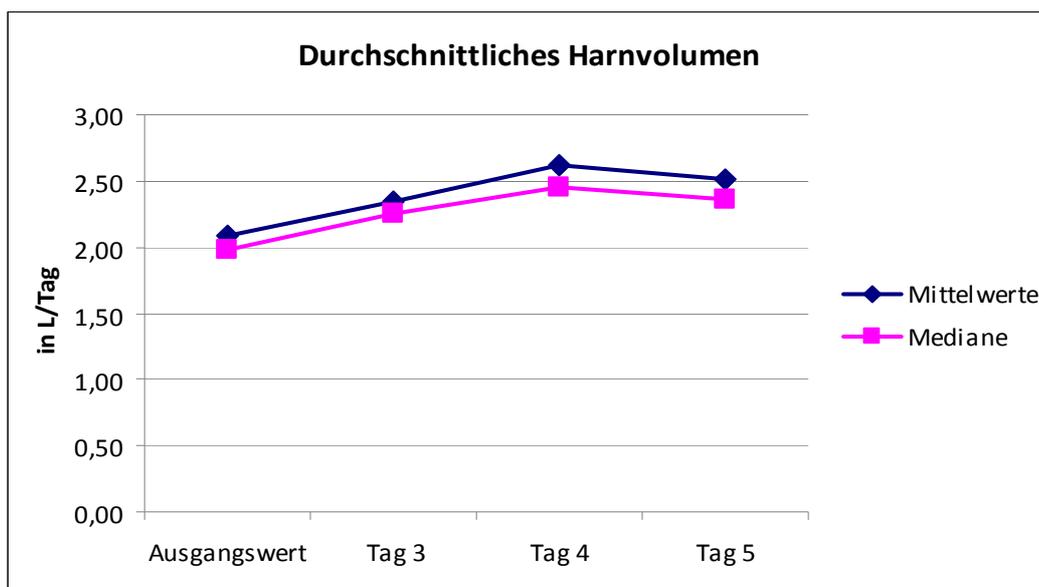


Abb. 4.9: Durchschnittliches Harnvolumen

Das durchschnittliche Harnvolumen aller Probandinnen, wie in Abb. 4.9 dargestellt, ist vom Ausgangswert, welcher sich aus den Tagen 1 und 2 ergab, zum Tag 3 um etwa 300 ml angestiegen. Es ist am Tag 4 im Vergleich zum Ausgangswert sogar um etwa 500 ml angestiegen. Am fünften Tag fand eine Regulation durch den Körper statt, er hat sich an den Kaffee beziehungsweise das darin enthaltene Koffein gewöhnt. Am Tag 5 ist das Harnvolumen schließlich trotz der steigenden Kaffeedosis um 100 ml abgesunken.

Das Harnvolumen ist trotz der gleich gebliebenen Flüssigkeitsaufnahme während der gesamten Studie am vierten Tag um 500 ml angestiegen. Die diuretische Wirkung des Kaffees war somit deutlich vorhanden, auch wenn die Unterschiede des Harnvolumens an den einzelnen Tagen nicht statistisch signifikant waren.

Das Harnvolumen beträgt bei normaler Flüssigkeitsaufnahme etwa 1500 ml am Tag [SCHLEY, 1981]. Dieser Wert wurde von den Probandinnen mit rund 2,4 Litern im Durchschnitt pro Tag deutlich übertroffen, da sie überdurchschnittlich viel Flüssigkeit zugeführt haben.

Das Harnvolumen beträgt aber auch bei stärkster Antidiurese etwa 700 ml am Tag [ELMADFA und LEITZMANN, 2004].

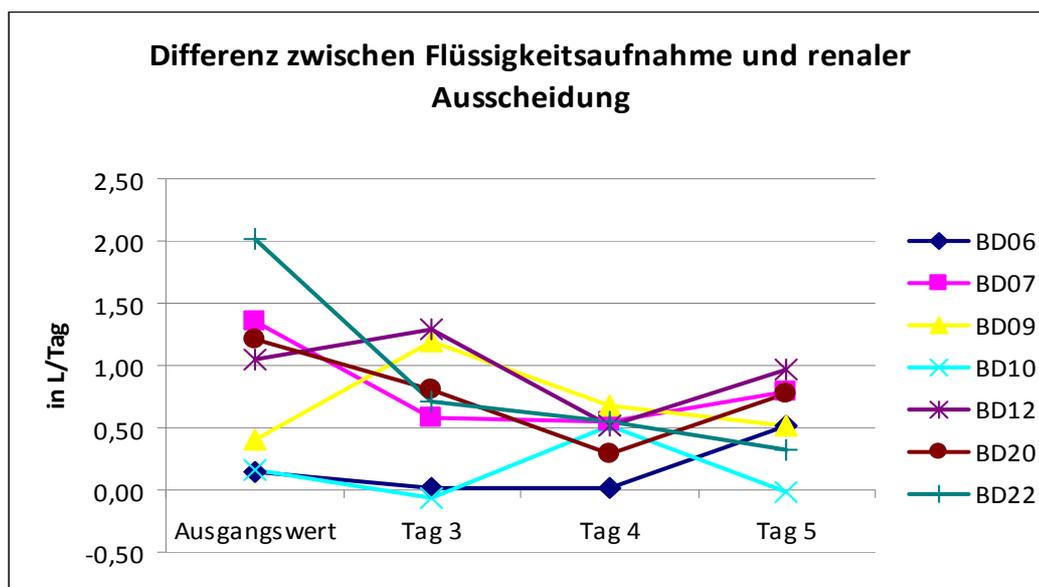


Abb. 4.10: Differenz zwischen Flüssigkeitsaufnahme und renaler Ausscheidung

Der Vergleich von Flüssigkeitsaufnahme und renaler Ausscheidung, wie in Abb. 4.10 dargestellt, ergibt sich, indem die Harnausscheidung von der Flüssigkeitsaufnahme subtrahiert wird. Dieser Wert war bei den Probandinnen entsprechend dem Harnvolumen am Tag 3 beziehungsweise Tag 4 am niedrigsten. An diesen Tagen wurde also im Vergleich zur Flüssigkeitsaufnahme am meisten Harn ausgeschieden, es ist an diesen Tagen am wenigsten Flüssigkeit im Körper geblieben.

Die im Körper verbliebene Flüssigkeit war teilweise sehr niedrig, allerdings nur bei der Probandin BD10 am Tag 3 bei einer Aufnahme von 125 ml Kaffee wurde mehr Flüssigkeit über die Nieren ausgeschieden als aufgenommen. Es ist jedoch anzumerken, dass die Flüssigkeit nicht nur über den Harn, sondern auch über den Stuhl, den Schweiß und die Lungen ausgeschieden wird. Diese Form der Wasserausfuhr wurde allerdings in dieser Studie nicht erfasst, somit liegt die tatsächliche Flüssigkeitsbilanz, welche sich aus der gesamten Flüssigkeitsaufnahme minus der Ausscheidung über die Nieren, die Haut, die Lungen und den Stuhl ergäbe, niedriger als in Abb. 4.10 dargestellt.

Die Annahme von anderen Studien, dass Koffein, sofern es in moderaten Dosen konsumiert wird, zu keiner chronischen Dehydratation führt [MAUGHAN und GRIFFIN, 2003; ARMSTRONG, 2002], wird auch von dieser Studie unterstützt. Am Tag 5 der Studie kam es bei den Nichtkaffeetrinkerinnen bereits zu einer Adaptation des Körpers. Dies zeigt, dass sich der Körper sehr schnell an den Kaffee gewöhnt und der diuretischen Effekt des Koffeins bei regelmäßigem Konsum nachlässt.

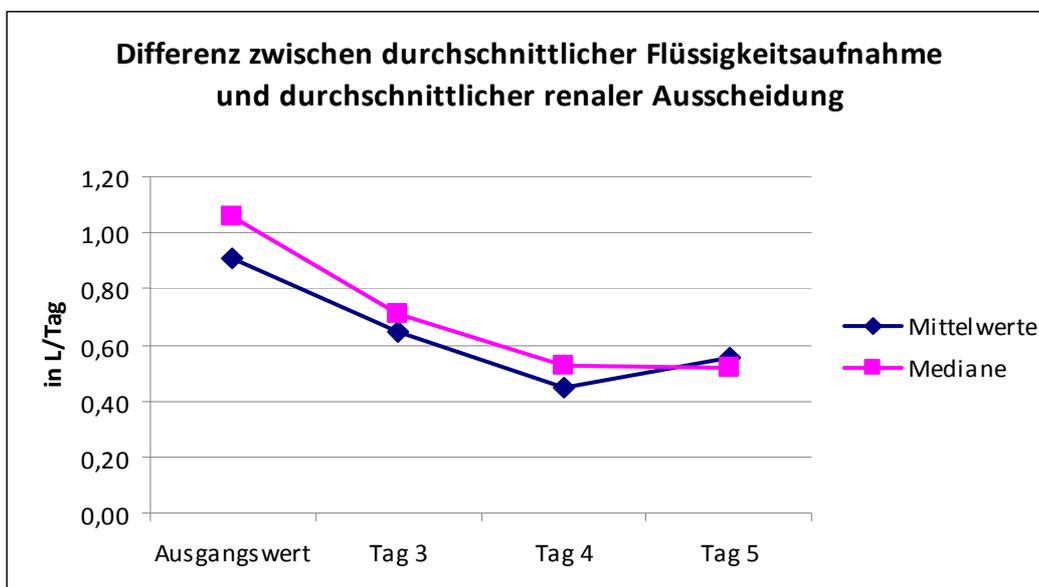


Abb. 4.11: Differenz zwischen durchschnittlicher Flüssigkeitsaufnahme und durchschnittlicher renaler Ausscheidung

Das durchschnittliche im Körper verbliebene Flüssigkeitsvolumen der Probandinnen ist an den Tagen 3 und 4 gesunken, wie in Abb. 4.11 ersichtlich.

Am Tag 5 fand eine Adaptation des Körpers statt und es kam daher trotz der weiter gestiegenen Kaffeedosis auf 375 ml zu keiner weiteren Abnahme der im Körper verbliebenen Flüssigkeit.

Die hier errechnete durchschnittliche Differenz zwischen Flüssigkeitsaufnahme und Harnvolumen war während der gesamten Studie positiv. Dies liegt jedoch daran, dass die über den Stuhl, den Schweiß und die Lungen ausgeschiedene Flüssigkeit bei dieser Studie nicht erfasst wurde. Über die Lungen werden täglich etwa 400 ml, über den Stuhl rund 100 ml Flüssigkeit ausgeschieden. Normalerweise werden über den Schweiß circa 500 ml Flüssigkeit ausgeschieden [SCHLEY, 1981]. Während dieser Studie war dies vermutlich etwas weniger, da die Probandinnen keinen Sport treiben durften. Insgesamt ergibt dies eine zusätzliche Flüssigkeitsausfuhr von einem knappen Liter, der in die in Abb. 4.11 dargestellte Differenz nicht mit einberechnet wurde. Wird dies berücksichtigt, wäre die durchschnittliche Flüssigkeitsbilanz, welche sich aus der Gesamtflüssigkeitszufuhr minus der gesamten Flüssigkeitssausscheidung über die Nieren, Lungen, Haut und Stuhl ergibt, an den ersten beiden Tagen, welche zum Ausgangswert zusammengefasst wurden, ausgeglichen. Danach ergäbe sich allerdings eine negative Bilanz, die sich erst ab Tag 5 bessere.

Es wird empfohlen, dass Sportler Kaffee vermeiden sollten, da dieser zu einer Dehydratation führt, die Leistungsfähigkeit vermindert und sich negativ auf die Gesundheit auswirkt [WILMORE und COSTILL, 2004; BURNS und BURNING, 1999].

Im Gegensatz zu diesen Empfehlungen zeigen andere Review Artikel, dass Koffein, sofern es in moderaten Mengen konsumiert wird, zu keiner chronischen Dehydratation führt [MAUGHAN und GRIFFIN, 2003; ARMSTRONG, 2002]. Diese Annahme wird durch die Forschungsergebnisse der durchgeführten Studie unterstützt. Es zeigte sich zwar kurzzeitig durch die Verabreichung des Kaffees eine Verschlechterung der Flüssigkeitsbilanz, dieser konnte jedoch nach wenigen Tagen durch Adaptation des Körpers entgegengewirkt werden.

Die Mechanismen, welche die vermehrte Harnausscheidung bedingen, sind nicht genau erforscht. Der Antagonismus von Adenosinrezeptoren ( $A_1$  und  $A_{2A}$  Rezeptoren sind an einigen renalen Reflexen beteiligt), ein Wechseln des renalen Blutflusses oder eine geänderte Renin - Angiotensin II Sekretion könnten theoretisch daran beteiligt sein [NEUHÄUSER-BERTHOLD et al., 1997].

Die durchgeführte Interventionsstudie zeigte zwar, dass Koffein diuretisch wirkt, jedoch dieser Effekt nach zwei Tagen durch Adaptation des Körpers nachlässt.

#### 4.4 Auswirkung der Kaffeedosis auf das Körperwasser

##### Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Gesamtkörperwasser in L	Mittelwert	30,41	0,49
	Median	29,3	
	Standardabweichung	2,42	
	Minimum	28,1	
	Maximum	35,9	

Tab. 4.4: Deskriptive Statistik des Gesamtkörperwassers

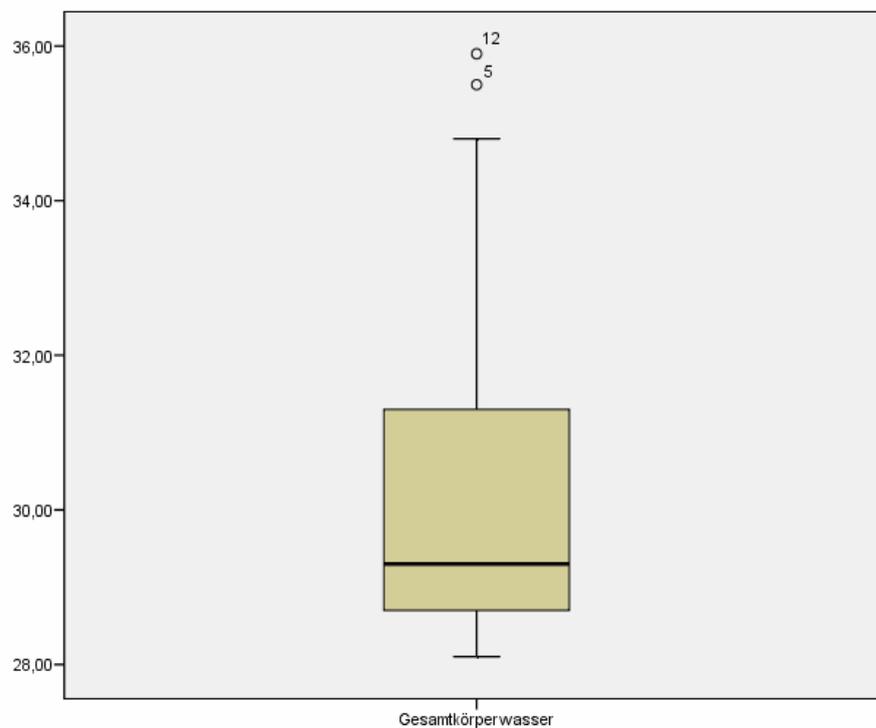


Abb. 4.12: Box-Plot Gesamtkörperwasser in L

Das Gesamtkörperwasser der Probandinnen betrug im Durchschnitt ohne eine Intervention  $30,4 \pm 2,4$  Liter.

Bei Frauen besteht der Körper zu rund 50 % aus Wasser [SCHLEY, 1981]. Das durchschnittliche Körpergewicht der Probandinnen dieser Studie betrug knapp 60 Kilogramm. Das durchschnittliche Gesamtkörperwasser sollte daher bei rund 30 Litern liegen. Der Körper der Probandinnen bestand mit 30,4 Litern zu rund 51 % aus Wasser, dieser Wert entspricht dem Normalbereich und zeigt, dass die Probandinnen gut hydriert sind.

Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Extrazelluläres Wasser in L	Mittelwert	10,62	0,36
	Median	9,8	
	Standardabweichung	1,75	
	Minimum	9	
	Maximum	14,7	

Tab. 4.5: Deskriptive Statistik des Extrazellulären Wassers

Das extrazelluläre Wasser der Probandinnen betrug bei der Messung des Ausgangswerts ohne Intervention durchschnittlich  $10,6 \pm 1,8$  Liter.

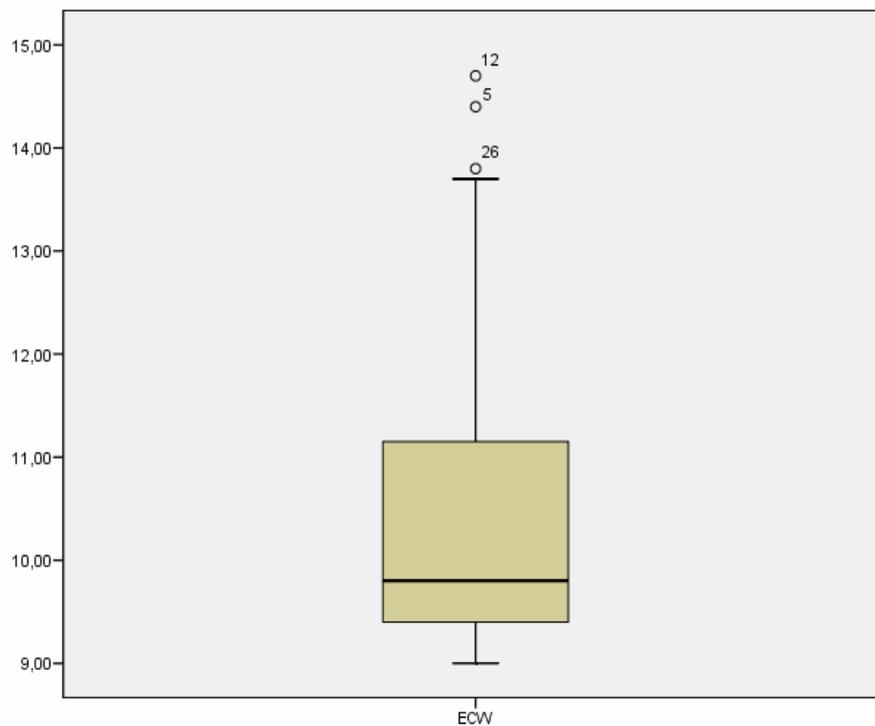


Abb. 4.13: Box-Plot Extrazelluläres Wasser in L

## Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Intrazelluläres Wasser in L	Mittelwert	19,67	0,15
	Median	19,4	
	Standardabweichung	0,73	
	Minimum	18,9	
	Maximum	21,3	

Tab. 4.6: Deskriptive Statistik des Intrazellulären Wassers

Das intrazelluläre Wasser der Probandinnen betrug bei der Messung ohne Intervention im Durchschnitt  $19,8 \pm 0,7$  Liter.



Abb. 4.14: Box-Plot Intrazelluläres Wasser in L

Da die Auswirkungen der Kaffeedosis auf das Gesamtkörperwasser sowie das intrazelluläre und extrazelluläre Wasser keine statistische Signifikanz aufwiesen, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

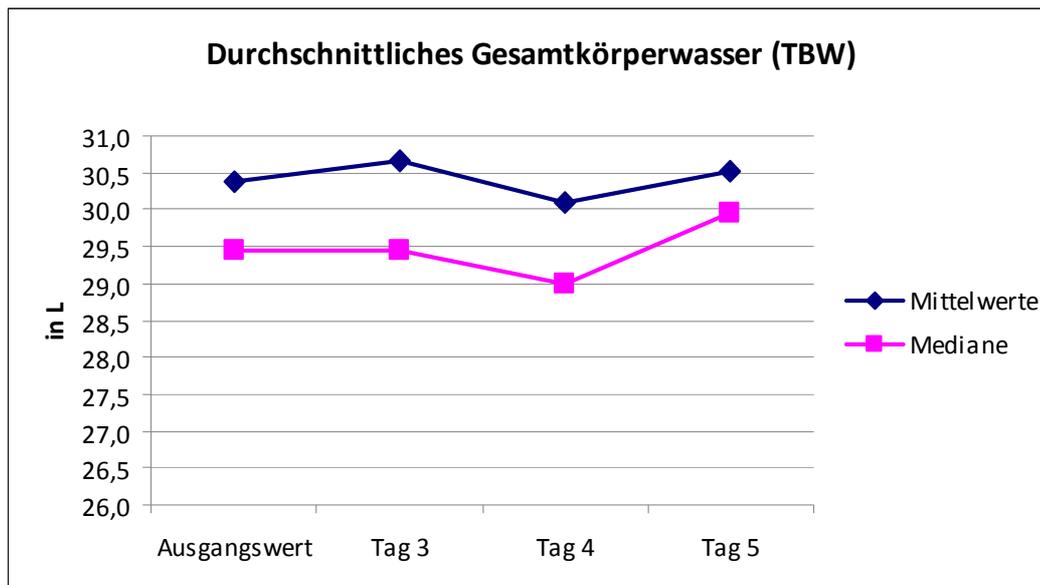


Abb. 4.15: Durchschnittliches Gesamtkörperwasser (TBW)

Abb. 4.15 zeigt, wie sich das durchschnittliche Gesamtkörperwasser während der Interventionsstudie verändert hat. Es ist deutlich zu sehen, dass das Gesamtkörperwasser am Tag 4 am niedrigsten war, während es an den anderen Tagen weitgehend gleich geblieben ist. Am vierten Tag sank das Gesamtkörperwasser um etwa 0,5 Liter im Vergleich zu den anderen Tagen ab. Am Tag 5 kam es wiederum trotz der gestiegenen Kaffeedosis zu einer Regulation durch den Körper. Das durchschnittliche Gesamtkörperwasser entsprach am fünften Tag wieder dem Ausgangswert, welcher sich aus den Tagen 1 und 2 zusammensetzte.

Somit hatte der Kaffee auch auf das Gesamtkörperwasser einen kurzzeitigen Einfluss. Bei einmaligem Kaffeekonsum kam es zu einer Abnahme des Gesamtkörperwassers. Bei regelmäßigem Kaffeekonsum ist dieser Effekt allerdings nicht zu befürchten, da es wie beschrieben, bereits nach wenigen Tagen zu einer Adaptation des Körpers kommt.

Auch Grandjean et al. zeigten eine Abnahme des Gesamtkörperwassers. Durch den Kaffeekonsum wurde vorwiegend das extrazelluläre Wasser vermindert, da der Kaffee zur isotonen Ausscheidung von Wasser und Natrium führte. Das

intrazelluläre Wasser war von der Abnahme nicht betroffen [GRANDJEAN et al., 2000].

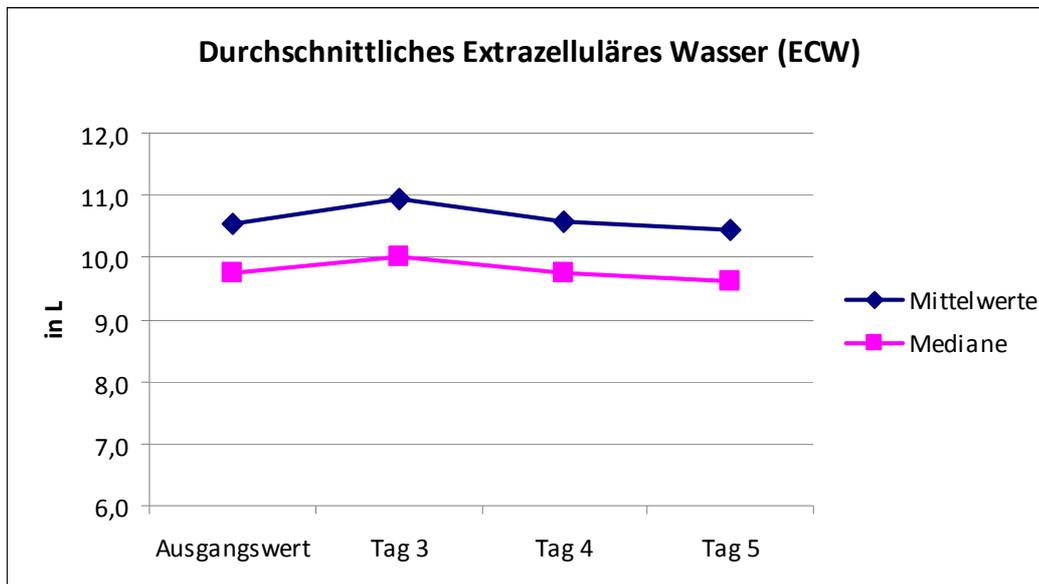


Abb. 4.16: Durchschnittliches Extrazelluläres Wasser (ECW)

Das in Abb. 4.16 dargestellte, durchschnittliche extrazelluläre Wasser der Probandinnen ist während der Intervention leicht gesunken. Am Tag 3 kam es zwar zunächst zu einem Anstieg, dann ist das extrazelluläre Wasser allerdings gesunken. Dieser Effekt ist darauf zurückzuführen, dass Kaffee zur annähernd isotonen Ausscheidung von Natrium und Wasser führte.

Gut hydrierten Personen können problemlos bis zu 0,5 Liter des extrazellulären Wassers entzogen werden, da dies innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite des Extrazellulärraums von 3,5 Litern liegt [ADAM, 2005]. Die Abnahme des extrazellulären Wassers von 0,5 Litern während dieser Studie ist somit unbedenklich und liegt innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite.

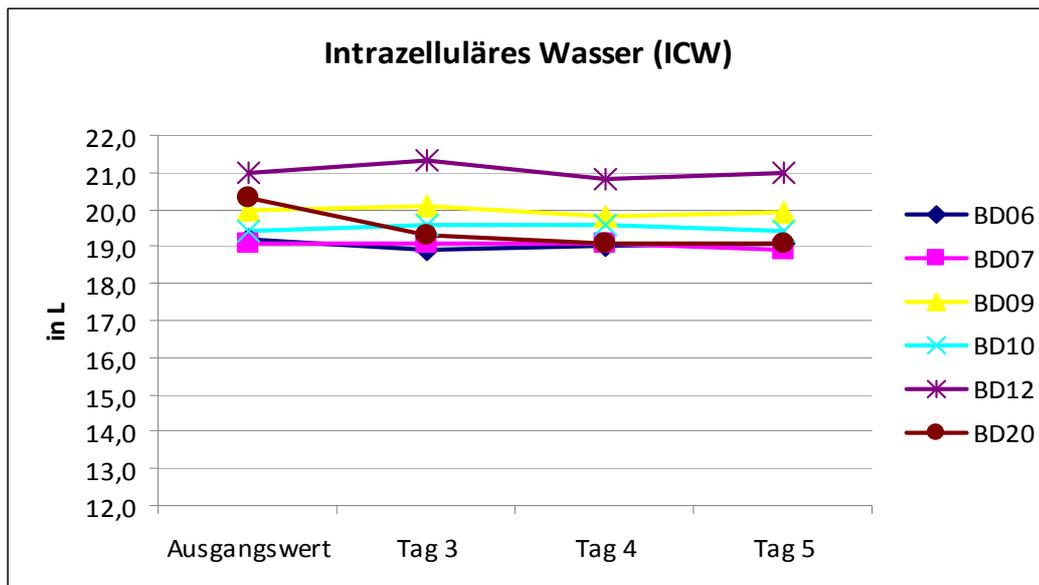


Abb. 4.17: Intrazelluläres Wasser (ICW)

Das intrazelluläre Wasser der Probandinnen, welches in Abb. 4.17 dargestellt wurde, ist während der Studie weitgehend konstant geblieben. Eine Ausnahme ist die Probandin BD20, bei der das intrazelluläre Wasser während der Intervention deutlich gesunken ist. Hierbei ist jedoch kein Zusammenhang zwischen dem Absinken des intrazellulären Wassers der Probandin und dem Kaffeekonsum ersichtlich. Die Abnahme des intrazellulären Wassers der Probandin BD20 zwischen dem Ausgangswert ohne Intervention und dem Tag 3 ist vermutlich auf andere externe Faktoren und nicht auf den Kaffeekonsum zurückzuführen.

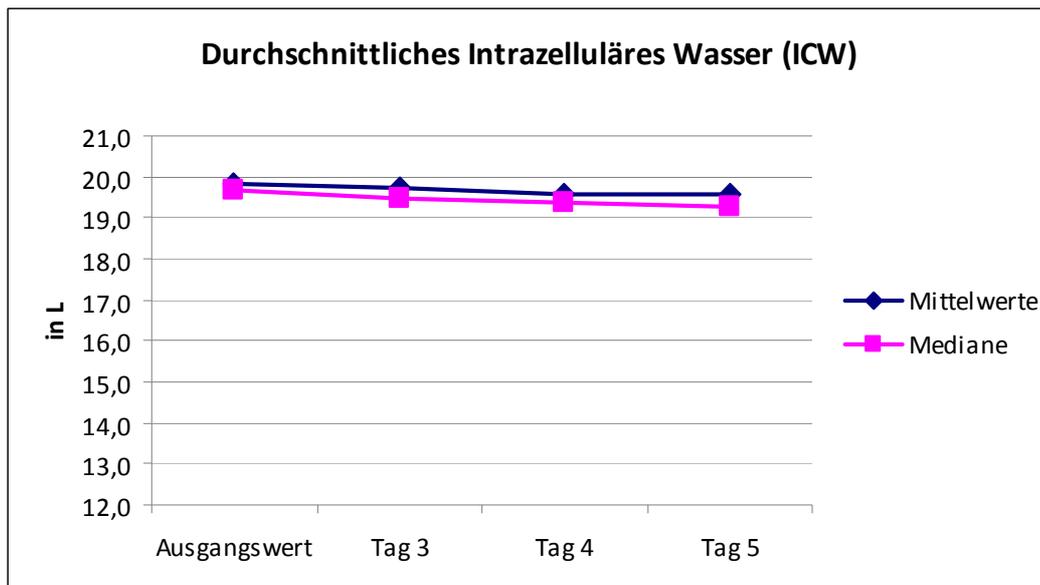


Abb. 4.18: Durchschnittliches Intrazelluläres Wasser (ICW)

Das in Abb. 4.18 dargestellte durchschnittliche intrazelluläre Wasser hat sich durch die Intervention kaum verändert. Die leichte Abnahme des intrazellulären Wassers ist fast ausschließlich auf die Probandin BD20 zurückzuführen. Bei allen anderen Probandinnen ist das intrazelluläre Wasser während der Studie weitgehend konstant geblieben. Es kann daher davon ausgegangen werden, dass sich das intrazelluläre Wasser durch den Kaffeekonsum nicht verändert hat.

Dies zeigt auch eine Studie von Grandjean et al., bei welcher es zwar zu einer Abnahme des extrazellulären Wassers in Folge des Kaffeekonsums kam, das intrazelluläre Wasser blieb aber unverändert [GRANDJEAN et al., 2000].

## 4.5 Auswirkung der Kaffeedosis auf den Calciumhaushalt

### Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Calciumaufnahme in mg	Mittelwert	1080,38	67,86
	Median	1063,63	
	Standardabweichung	395,70	
	Minimum	272,55	
	Maximum	2033,55	

Tab. 4.7: Deskriptive Statistik der Calciumaufnahme

Die durchschnittliche Calciumaufnahme betrug während den fünf Tagen der Studie etwa  $1080 \pm 396$  mg. Damit liegt auch diese Zufuhr knapp über der im Durchschnitt empfohlenen Aufnahme von mindestens 1000 mg Calcium am Tag [ELMADFA und LEITZMANN; 2004/b]. Dies könnte wiederum auf die gesunde und ausgewogene Ernährung der Studentinnen der Ernährungswissenschaften zurückzuführen sein. Denn im Durchschnitt wird in keiner österreichischen Bevölkerungsschicht eine Calciumaufnahme von mindestens 1000 mg am Tag erreicht [ELMADFA et al., 2009].

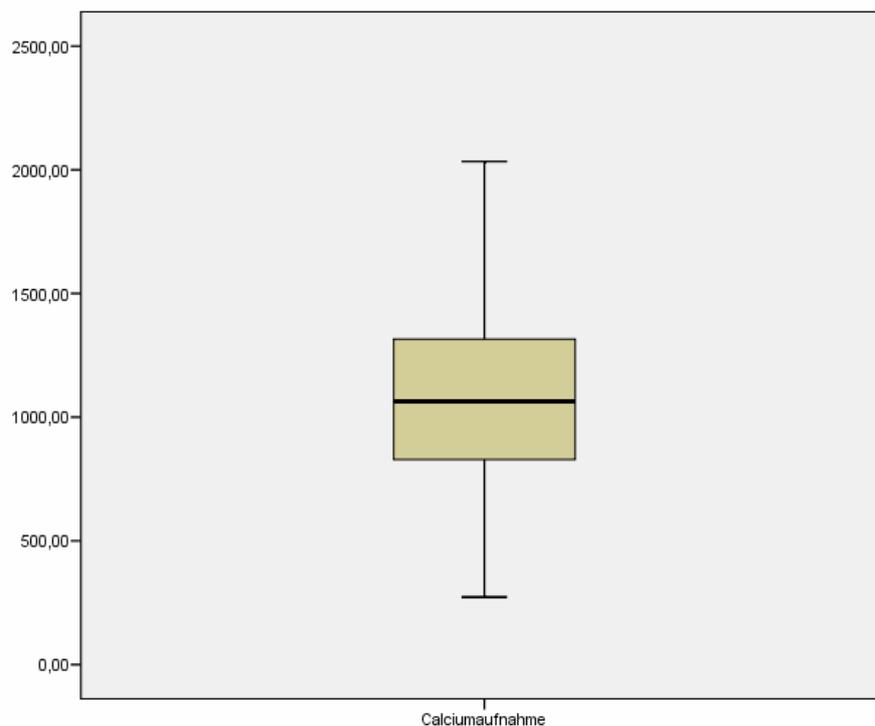


Abb. 4.19: Box-Plot Calciumaufnahme in mg

Da die Auswirkung der Kaffeedosis auf die Calciumausscheidung keine statistische Signifikanz aufwies, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

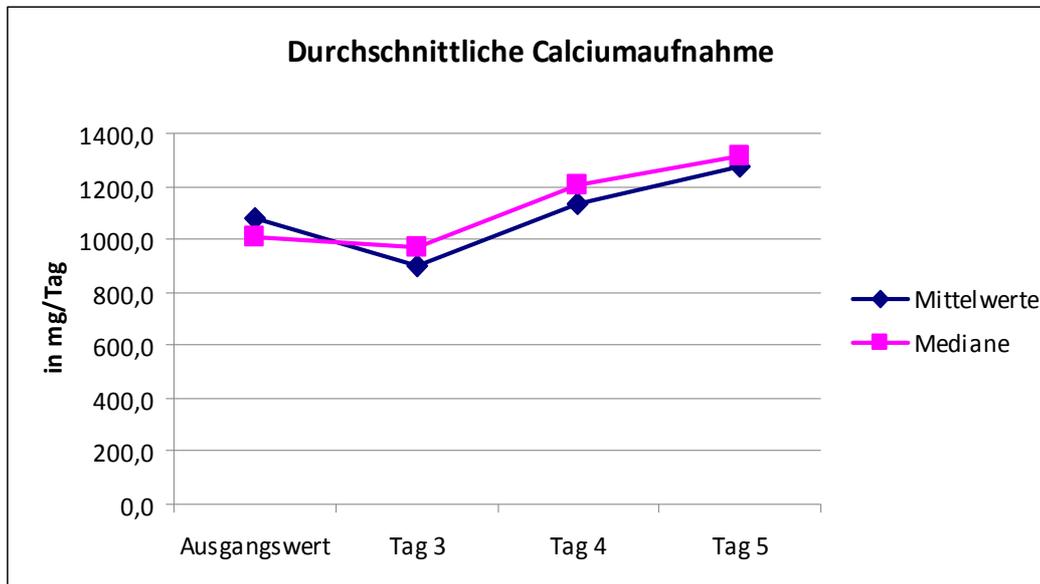


Abb. 4.20: Durchschnittliche Calciumaufnahme

Abb. 4.20 zeigt den Verlauf der Calciumaufnahme während der Studie. Die Zufuhr von Calcium ist ab dem dritten Tag deutlich angestiegen. Diese steigende Calciumaufnahme während der Intervention ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die meisten Probandinnen zum Kaffee Milch konsumiert haben. Die Milchaufnahme ist mit der aufgenommenen Kaffeedosis gestiegen. Dadurch ergab sich die höchste Calciumaufnahme am Tag 5, an dem 375 ml Kaffee konsumiert wurden.

Die empfohlene Calciumaufnahme beträgt 1000 bis 2500 mg am Tag [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b]. Die empfohlene Mindestaufnahme von 1000 mg Calcium am Tag wurde am Tag 3 knapp nicht erreicht, an den restlichen Tag wurde aber ausreichend Calcium aufgenommen.

Wenn zum Kaffee Milch konsumiert wird, wirkt sich dies also auf die Calciumaufnahme aus. Der Kaffeekonsum kann somit sogar einen positiven Effekt auf den Calciumhaushalt haben, wenn dadurch mehr Milch und somit Calcium zugeführt wird.

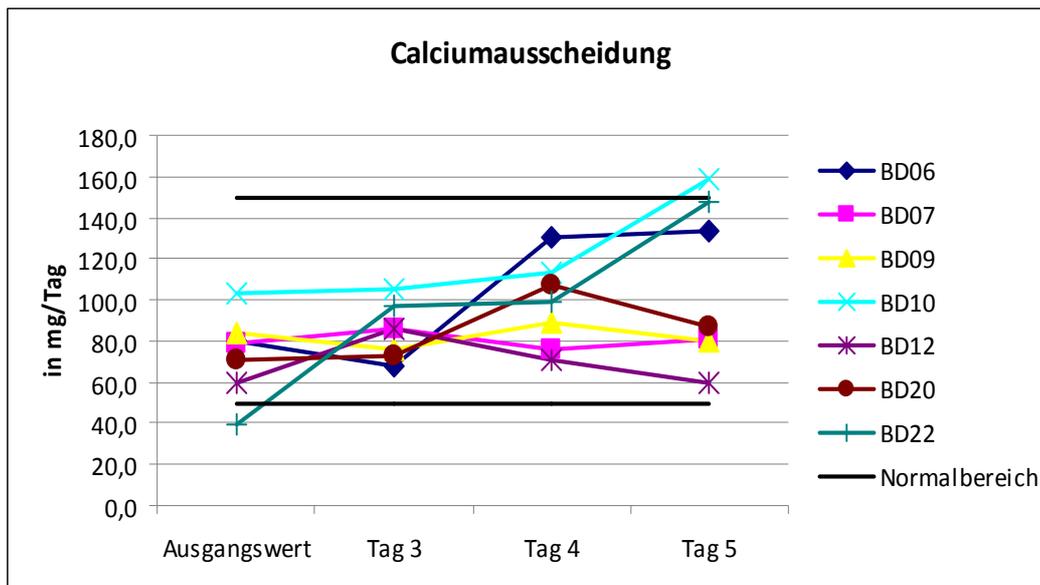


Abb. 4.21: Calciumausscheidung

Die Calciumausscheidung ist während der Interventionsstudie bei allen Probandinnen zumindest leicht angestiegen, dies zeigt Abb. 4.21.

Der Normalbereich für die Ausscheidung von Calcium liegt zwischen 50 und 150 mg am Tag [ELECTROLYTE ANALYZER, o.J.]. Die Probandinnen lagen nahezu während der kompletten Studie innerhalb dieses Referenzbereiches. Dieser Normalbereich wurde auch während der Intervention nur von einer Probandin am fünften Tag übertroffen. Es kann also daraus geschlossen werden, dass selbst bei einmaligem Kaffeekonsum eine übermäßig hohe Calciumausscheidung oberhalb des Referenzbereiches unwahrscheinlich ist.

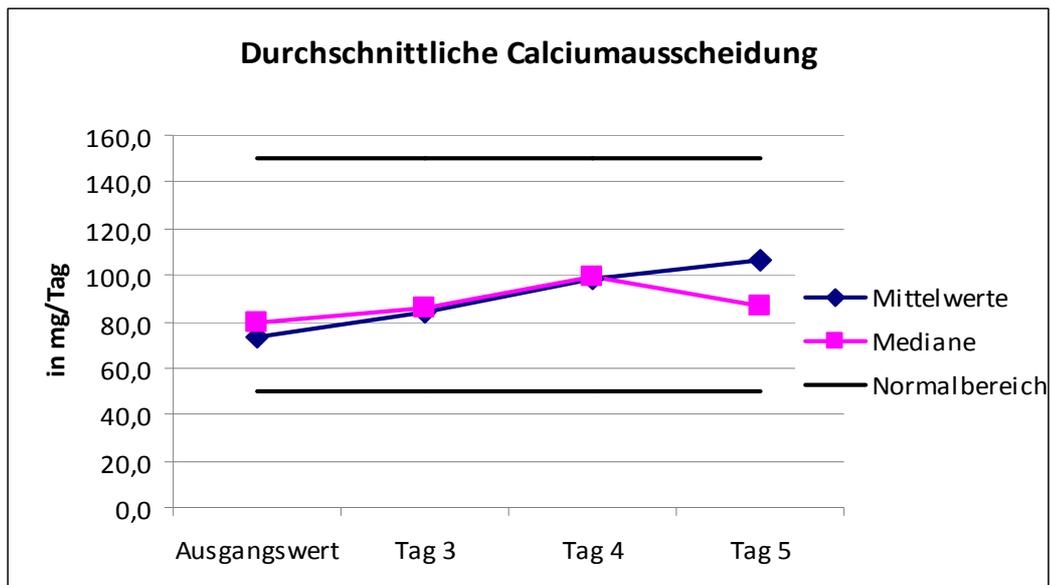


Abb. 4.22: Durchschnittliche Calciumausscheidung

Abb. 4.22 zeigt ebenfalls, dass die durchschnittliche Calciumausscheidung während der Studie von Tag zu Tag weiter angestiegen ist. Die mittlere Ausscheidung stieg von etwa 75 mg auf über 100 mg Calcium, dies ist immerhin ein Anstieg von über 25 %. Je höher die aufgenommene Kaffeedosis war, umso mehr hat auch die Calciumausscheidung zugenommen.

Die Ausscheidung alleine ist allerdings noch nicht ausschlaggebend. Wie in Abb. 4.20 dargestellt, ist nämlich auch die Calciumaufnahme von Tag zu Tag aufgrund des Milchkonsums zum Kaffee angestiegen. Die Differenz zwischen der Calciumaufnahme und der –ausscheidung über die Nieren eignet sich daher besser, um nachvollziehen zu können, was der Kaffee beziehungsweise das darin enthaltene Koffein im Körper bewirkt und wie sich die Kaffeedosis auf den Calciumhaushalt auswirkt.

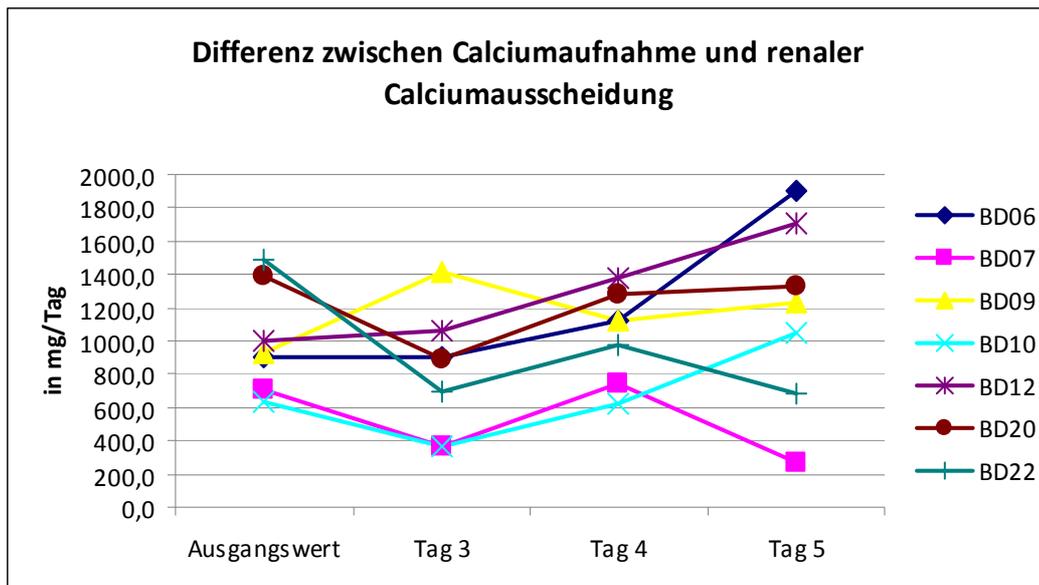


Abb. 4.23: Differenz zwischen Calciumaufnahme und renaler Calciumausscheidung

Abb. 4.23 zeigt die Differenz zwischen der Calciumaufnahme und der renalen Calciumausscheidung der einzelnen Probandinnen. Sie ist trotz der gestiegenen Calciumausscheidung bei allen Probandinnen positiv, wobei auch hier zu beachten ist, dass Calcium nicht alleine über den Harn ausgeschieden wird. Die tatsächliche gesamte Calciumausscheidung ist also höher als die in dieser Studie ermittelte Calciumausscheidung über die Nieren.

Am Tag 3 ist ein deutlicher Einsturz der Differenz zwischen Calciumaufnahme und renaler –ausscheidung ersichtlich, an diesem Tag wurde am wenigsten Calcium im Körper behalten und im Vergleich zur Aufnahme am meisten ausgeschieden.

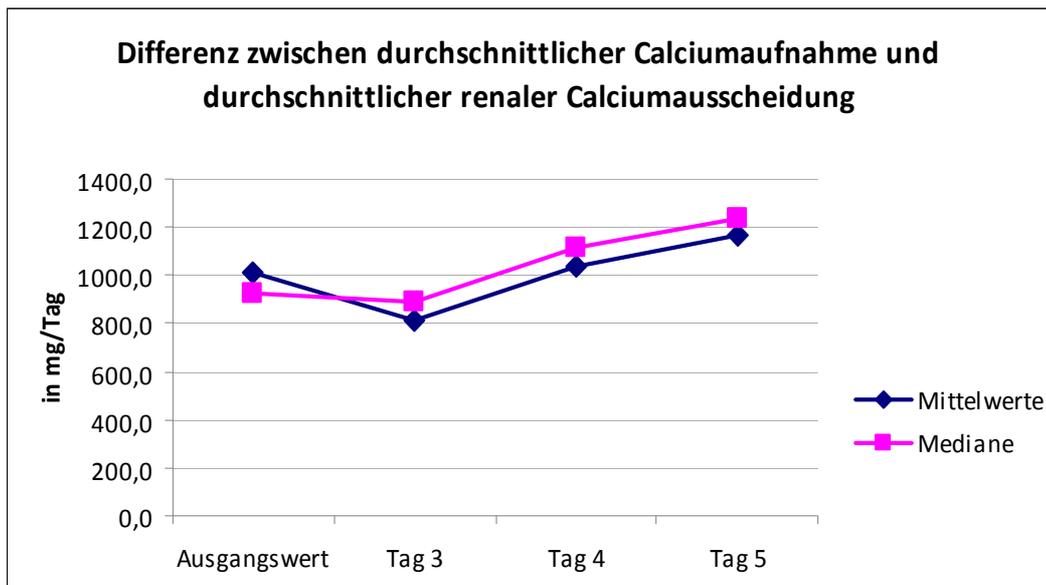


Abb. 4.24: Differenz zwischen durchschnittlicher Calciumaufnahme und durchschnittlicher renaler Calciumausscheidung

Abb. 4.24 zeigt die Differenz zwischen durchschnittlicher Calciumaufnahme und durchschnittlicher –ausscheidung über die Nieren. Am Tag 3 wurde im Vergleich zur Aufnahme am meisten Calcium über den Harn ausgeschieden. Es blieb also am Tag 3 am wenigsten Calcium im Körper. Am Tag 4 konnte der Körper trotz der höheren Kaffeedosis diese vermehrte Ausscheidung ausgleichen, es kam zur Adaptation. Der Körper konnte durch Regulationsmechanismen einer vermehrten Calciumausscheidung entgegenwirken.

Die hier dargestellte Differenz zwischen der durchschnittlichen Calciumaufnahme und der renalen -ausscheidung war zwar während der gesamten Studie positiv, dies kann allerdings daran liegen, dass Calcium nicht nur über den Harn, sondern auch über den Stuhl ausgeschieden wird. Die Ausscheidung über den Stuhl wurde aber in dieser Studie nicht erfasst, deshalb kann hier keine exakte Calciumbilanz gezeigt werden. Die endogene Calciumausscheidung beträgt laut Literatur etwa 100 bis 150 mg pro Tag [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/d]. Wird dies in die Berechnung der tatsächlichen Calciumbilanz mit einberechnet, ist diese immer noch positiv.

Die durchgeführte Interventionsstudie zeigte, dass die Calciumausscheidung im Harn durch die Koffeingabe gestiegen ist. Dies unterstützt wiederum die Annahme, dass eine Koffeinaufnahme mit einer erhöhten Calciumausscheidung assoziiert ist [HEANEY und RECKER, 1982].

In der Studie von HEANEY und RECKER war die Calciumbilanz negativ [HEANEY und RECKER, 1982]. Die für die durchgeführte Interventionsstudie errechnete Calciumbilanz war nach Abzug der endogenen Calciumausscheidung noch immer deutlich positiv. Das könnte an der überdurchschnittlich hohen Calciumaufnahme der Probandinnen dieser Studie liegen.

Bei Studien, welche die Auswirkung von Kaffee beziehungsweise Koffein auf den Calciumhaushalt bei Ratten untersuchten, kam es nicht zu einer negativen Calciumbilanz [YEH et al., 1985; WHITING und WHITNEY, 1987]. Vergleiche zwischen Tierversuchen und Studien mit Menschen sind allerdings schwierig.

#### **4.6 Auswirkung der Kaffeedosis auf die Natriumausscheidung**

Da die Natrium- sowie die Chloridaufnahme, insbesondere die Aufnahme von Kochsalz, mit dem Wiegeprotokoll und der Ernährungssoftware nicht genau erfasst werden konnte, wurde an dieser Stelle nur die Ausscheidung, aber nicht die Aufnahme von Natrium dargestellt. Dadurch kann auch die Natriumbilanz hier nicht präsentiert werden.

Da die Auswirkung der Kaffeedosis auf die Natriumausscheidung keine statistische Signifikanz aufwies, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

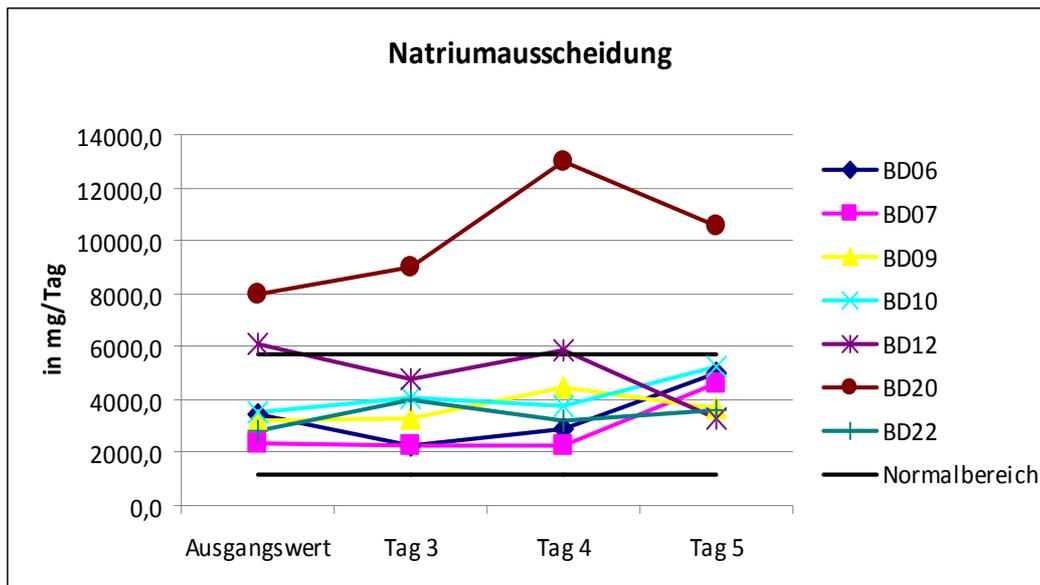


Abb. 4.25: Natriumausscheidung

Abb. 4.25 zeigt die Natriumausscheidung der einzelnen Probandinnen während der Studie. Die Natriumausscheidung entsprach bei fast allen Probandinnen, außer bei der Probandin BD20 dem Normalbereich von 1150 bis 5747 mg am Tag [ELECTROLYTE ANALYZER, o.J.].

Die sehr hohe Natriumausscheidung der Probandin BD20, welche deutlich über dem Normalbereich lag, ist einerseits auf eine hohe Natriumzufuhr, andererseits auf das sehr hohe Harnvolumen dieser Probandin zurückzuführen. Es ist bekannt, dass mit steigendem Harnvolumen auch vermehrt Natrium ausgeschieden wird [MAREN, 1961; KLEEMAN et al., 1962; BLUMGART et al., 1934]. Dies ist bei dieser Probandin passiert, sie hatte das höchste Harnvolumen mit 4 bis 5 Litern pro Tag und dadurch eine vermehrte Natriumausscheidung.

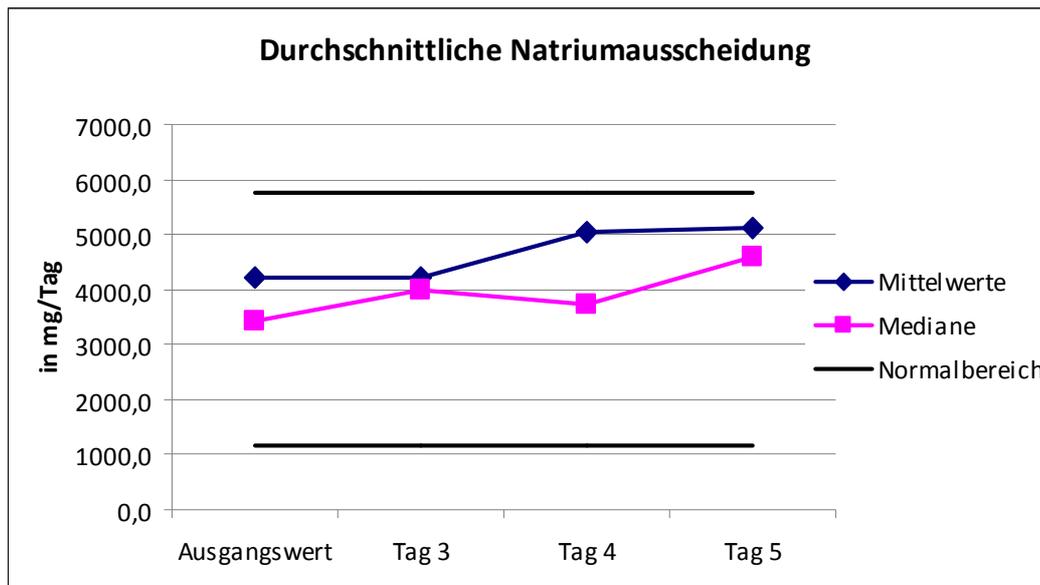


Abb. 4.26: Durchschnittliche Natriumausscheidung

Die durchschnittliche Natriumausscheidung, wie in Abb. 4.26 dargestellt, entspricht dem Normalbereich von 1150 bis 5747 mg am Tag [ELECTROLYTE ANALYZER, o.J.]. Die Ausscheidung von Natrium lag also trotz des Kaffeekonsums und der damit verbundenen gesteigerten Ausscheidung nicht über diesem Referenzbereich.

Die Ausscheidung der Probandinnen ist am Tag 4 angestiegen. Wenn von einer konstanten Natriumaufnahme ausgegangen wird, wurde am Tag 4 im Vergleich zur Aufnahme am meisten Natrium ausgeschieden. Das heißt, an diesem Tag wurde am wenigsten Natrium im Körper behalten. Am fünften Tag kam es nur mehr zu einem leichten Anstieg der Natriumausscheidung.

Es ist bekannt, dass Koffein einen Anstieg der Natriumausscheidung im Harn bewirkt [MAREN, 1961; KLEEMAN et al., 1962; BLUMGART et al., 1934]. Dieser Effekt des Kaffees beziehungsweise darin enthaltenen Koffeins zeigte sich auch in dieser Studie.

Es ist davon auszugehen, dass sich der Körper am fünften Tag der Studie bereits an den Kaffee beziehungsweise das darin enthaltene Koffein gewöhnt hat, da ansonst aufgrund der weiter gestiegenen Kaffeedosis mit einem höheren Anstieg

der Natriumausscheidung zu rechnen wäre. Hätte die Studie einen Tag länger gedauert, wäre vermutlich eine Adaptation des Körpers am sechsten Tag deutlicher ersichtlich gewesen. So gab es zwischen den Tagen 4 und 5 nur noch einen minimalen Anstieg der Natriumausscheidung trotz der deutlich gestiegenen Kaffeedosis auf 3 Tassen mit insgesamt 375 mg Koffein.

#### 4.7 Auswirkung der Kaffeedosis auf die Chloridausscheidung

Da die Natrium- sowie die Chloridaufnahme, insbesondere die Aufnahme von Kochsalz, mit dem Wiegeprotokoll und der Ernährungssoftware nut.s nicht genau erfasst werden konnte, wurde an dieser Stelle nur die Ausscheidung, aber nicht die Aufnahme von Chlorid dargestellt. Dadurch kann auch die Chloridbilanz hier nicht präsentiert werden.

Da die Auswirkung der Kaffeedosis auf die Chloridausscheidung keine statistische Signifikanz aufwies, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

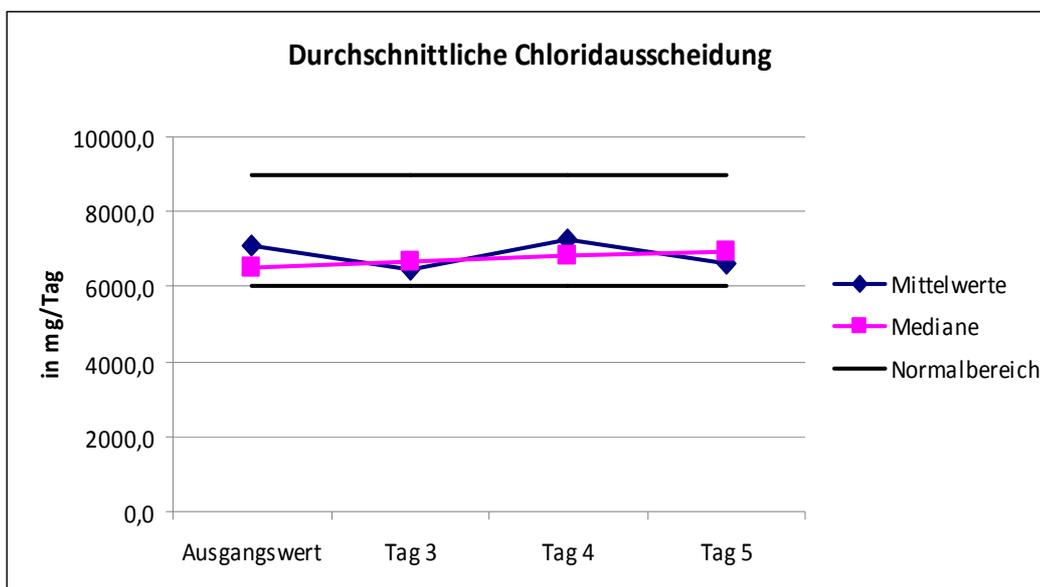


Abb. 4.27: Durchschnittliche Chloridausscheidung

Die durchschnittliche Chloridausscheidung ist während der gesamten Studie weitgehend konstant geblieben, dies ist in Abb. 4.27 dargestellt. Sie entspricht

dem Normalbereich von 6000 bis 9000 mg pro Tag [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b].

Diese Studie zeigt keinen Zusammenhang zwischen dem Kaffeebeziehungsweise Koffeinkonsum und der Chloridausscheidung. Sie bleibt auch bei Kaffeebeziehungskonsum konstant und wird dadurch nicht wie die Ausscheidung anderer Elektrolyte erhöht.

Es lässt sich daraus schließen, dass Kaffee keinen Einfluss auf die Chloridausscheidung und somit auch auf die Chloridbilanz hat. Sowohl bei Personen, welche regelmäßig Kaffee in moderaten Mengen konsumieren, als auch nach einmaliger Kaffeeaufnahme gibt es keine Auswirkungen auf den Chloridhaushalt.

#### 4.8 Auswirkung der Kaffeedosis auf die Kaliumausscheidung

Deskriptive Statistik

		Statistik	Standardfehler
Kaliumaufnahme in mg	Mittelwert	2906,09	156,43
	Median	2794,82	
	Standardabweichung	912,16	
	Minimum	1373,79	
	Maximum	5839,54	

Tab. 4.8: Deskriptive Statistik der Kaliumaufnahme

Die Kaliumaufnahme der an der Studie teilnehmenden Probandinnen betrug im Durchschnitt  $2906 \pm 912$  mg am Tag.

Die empfohlene Kaliumaufnahme von 2000 mg am Tag, wurde von den Probandinnen deutlich übertroffen. Upper level gibt es bei der Kaliumaufnahme derzeit keinen [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b].

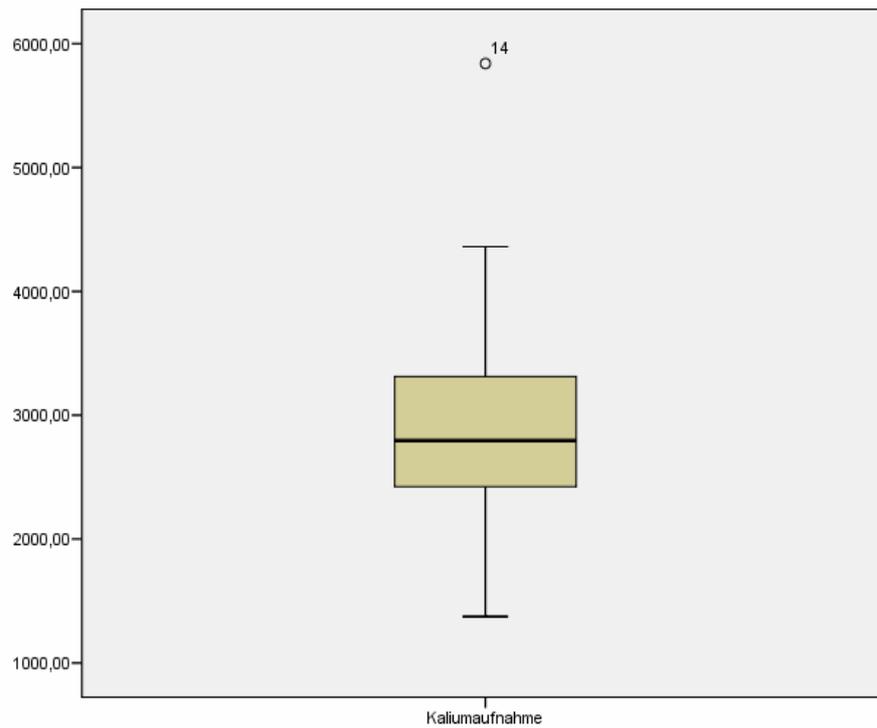


Abb. 4.28: Box-Plot Kaliumaufnahme in mg

Da die Auswirkung der Kaffeedosis auf den Kaliumhaushalt keine statistische Signifikanz aufwies, aber dennoch deutliche Tendenzen vorhanden waren, wurden diese in Form der folgenden Abbildungen aufgezeigt.

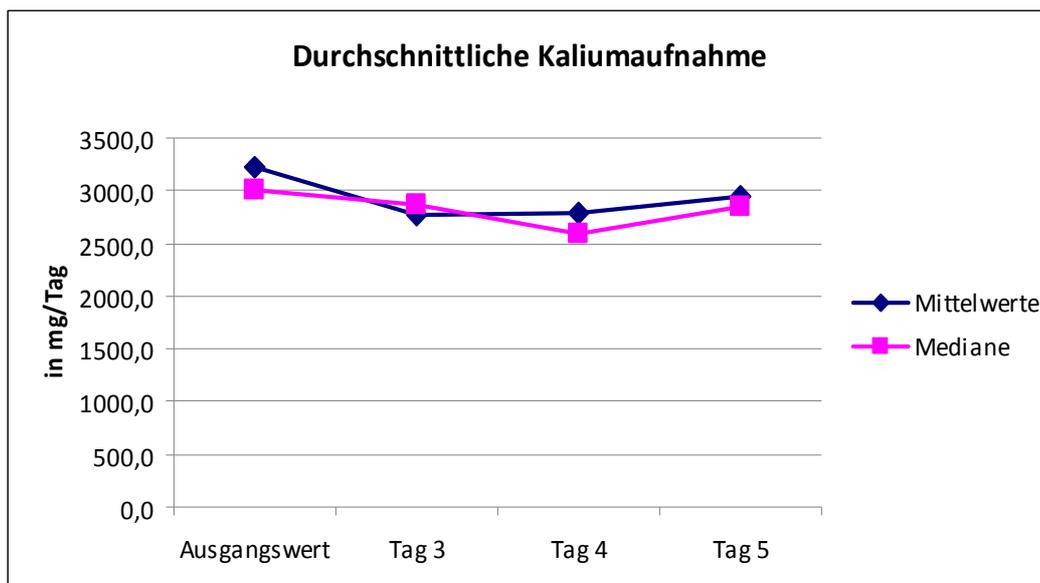


Abb. 4.29: Durchschnittliche Kaliumaufnahme

Die in Abb. 4.29 dargestellte durchschnittliche Kaliumaufnahme ist während der Studie zunächst gesunken und danach wieder leicht angestiegen. Sie liegt während aller fünf Tage über der empfohlenen Mindestaufnahme von 2000 mg am Tag. Upper level gibt es bei der Kaliumaufnahme derzeit keinen [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b].

Es ist kein Zusammenhang zwischen der Kaliumaufnahme und dem Kaffeekonsum ersichtlich. Die leicht schwankende Aufnahme ist vermutlich auf andere externe Faktoren zurückzuführen und nicht auf die Intervention und den damit verbundenen Kaffeekonsum.

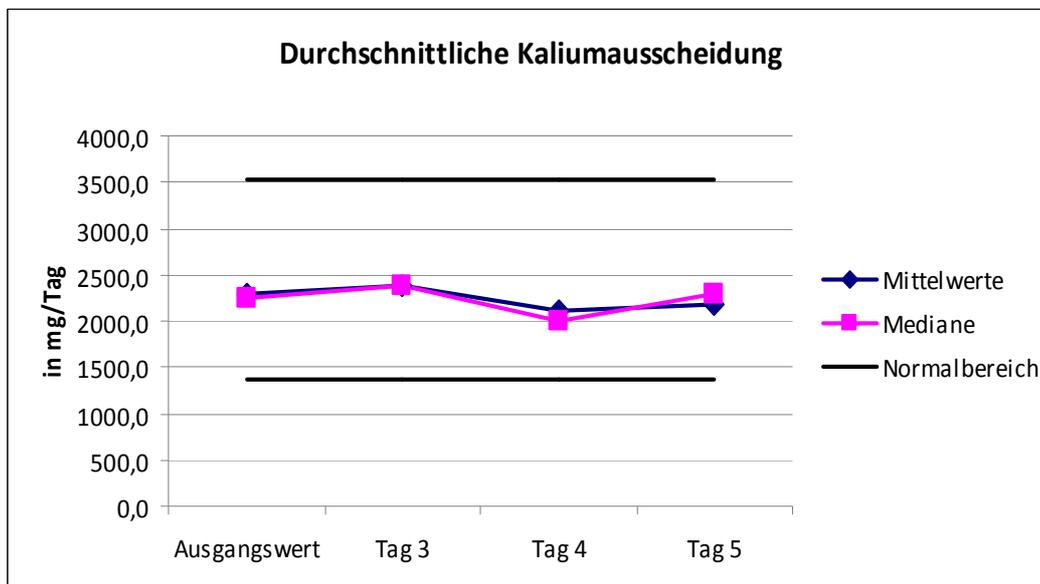


Abb. 4.30: Durchschnittliche Kaliumausscheidung

Abb. 4.30 zeigt die durchschnittliche Kaliumausscheidung während der Studie. Die Normalwerte liegen zwischen 1368 und 3519 mg Kalium am Tag [ELMADFA und LEITZMANN, 2004/b]. Die durchschnittliche Ausscheidung der Probandinnen lag während der gesamten Studie innerhalb dieses Normalbereichs.

Die Kaliumausscheidung ist am Tag 3 leicht angestiegen und danach wieder etwas abgesunken und am letzten Tag nochmals leicht angestiegen.

Die Ausscheidung alleine ist aufgrund der schwankenden Kaliumaufnahme nicht aussagekräftig genug. Um darzustellen, wie sich die Kaffeedosis tatsächlich auf den Kaliumhaushalt ausgewirkt hat, eignet sich wiederum die Differenz zwischen der Kaliumaufnahme und der renalen Kaliumausscheidung besser als die Ausscheidung alleine.

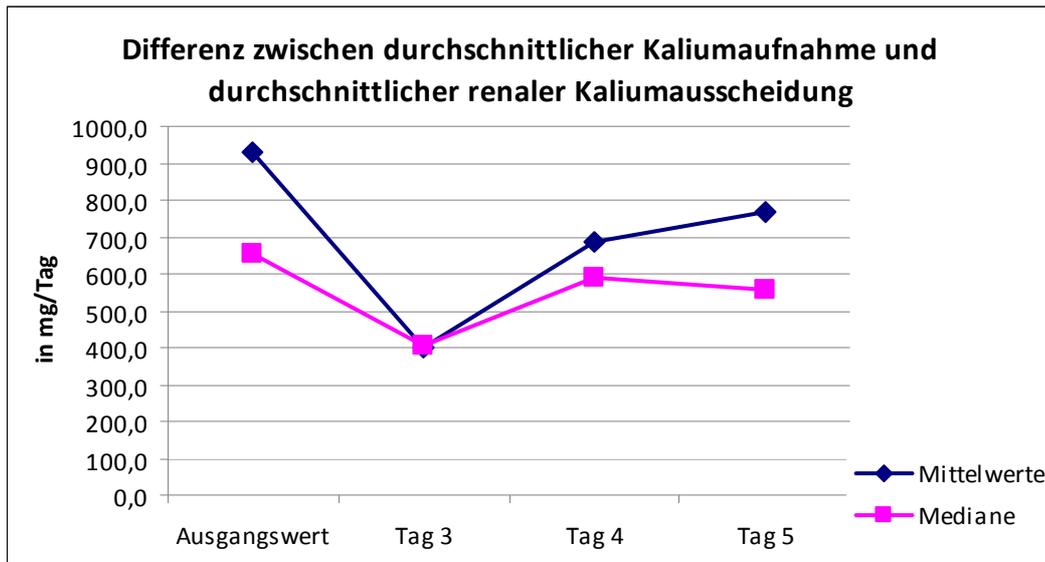


Abb. 4.31: Differenz zwischen durchschnittlicher Kaliumaufnahme und durchschnittlicher renaler Kaliumausscheidung

Die Differenz zwischen der in Abb. 4.31 dargestellten durchschnittlichen Kaliumaufnahme und –ausscheidung über die Nieren ist am Tag 3 deutlich abgesunken. Am dritten Tag der Studie wurde also im Vergleich zur Aufnahme am meisten Kalium ausgeschieden, es blieb am wenigsten Kalium im Körper. Ab dem vierten Tag kam es trotz der weiter gestiegenen Kaffeedosis zu einer Adaptation. Der Körper hatte sich an den konsumierten Kaffee gewöhnt und konnte so den Effekt des Koffeins auf die Kaliumausscheidung ausgleichen.

Es ist bekannt, dass Koffein einen Anstieg der Kaliumausscheidung im Harn bewirkt [MAREN, 1961; KLEEMAN et al., 1962; BLUMGART et al., 1934] und zu diesem Ergebnis kam auch diese Studie.

Der Anstieg der renalen Kaliumausscheidung im Vergleich zur Aufnahme bestand nur über einen Tag, bereits am zweiten Tag der Intervention kam es zu einer

Anpassung. Wird Kaffee regelmäßig und in moderaten Mengen konsumiert, wird sich dies kaum bis gar nicht auf den Kaliumhaushalt auswirken. Aber auch bei den Nicht-Kaffeetrinkern dieser Studie kam es schon nach einem Tag des Kaffeekonsums zu einer Adaptation des Körpers und es wurde dadurch nicht vermehrt Kalium ausgeschieden.

#### **4.9 Rahmenbedingungen und Limitierungen**

Durch die hohe Belastung während der Studie, bedingt durch das Führen des Wiegeprotokolls sowie durch das Sammeln des 24-Stunden-Harns, war die Zahl an Probandinnen niedrig. Dadurch war es trotz Tendenzen nicht möglich, einen signifikanten Einfluss des Kaffeekonsums auf den Wasser- und Elektrolythaushalt nachzuweisen.

Weiters ist zu beachten, dass die Elektrolytaufnahme nicht 100%ig erfasst werden konnte. Es wurden die konsumierten Mineralwässer, welche unterschiedliche Elektrolyte enthalten, zwar genau notiert, allerdings konnten die Nährwerte nicht in die Nährwerttabelle implementiert werden. Außerdem ist der Elektrolytgehalt von Leitungswasser unterschiedlich, dies konnte jedoch ebenfalls von der Ernährungssoftware nicht erfasst werden. Vor allem die Aufnahme von Kochsalz war schwierig abzuschätzen, da diese von den Probandinnen teilweise nicht notiert wurde.

Außerdem gab es in dieser Studie zwei wesentliche Einflussfaktoren. Einerseits konsumierten Nicht-Kaffeetrinkerinnen Kaffee, andererseits wurde die Kaffeedosis täglich gesteigert. Es stellt sich daher die Frage, wodurch die Effekte bedingt waren. Oder bewirkten diese beiden Effekte zusammen den Einfluss des Kaffees auf den Wasser- und Elektrolythaushalt?

Die Probandinnen konnten während der Studie ad libitum, abgesehen von dem verabreichten Kaffee, anderen koffeinhaltigen Getränken sowie Alkohol, trinken. Dies entspricht dem natürlichen menschlichen Verhalten, dass bei Durst getrunken wird. Jedoch wurde dadurch teilweise sehr viel Flüssigkeit

aufgenommen und in Folge dessen wurden vermehrt Harn und Elektrolyte ausgeschieden.

## 5. SCHLUSSBETRACHTUNG

Der Kaffee beziehungsweise das Koffein bewirkte einen kurzzeitigen Anstieg des Harnvolumens. Bereits nach zwei Tagen kam es zu einer Adaptation des Körpers, trotz der täglich gestiegenen Kaffeedosis kam es zu keiner weiteren Zunahme des Harnvolumens am fünften Tag der Studie.

Die Differenz zwischen durchschnittlicher Flüssigkeitsaufnahme und durchschnittlichem Harnvolumen war während der Studie positiv. Allerdings wurde in dieser Studie die Ausscheidung von Flüssigkeit über die Haut, die Lungen und den Stuhl nicht erfasst. Eine kurzzeitige negative Flüssigkeitsbilanz während der Intervention ist daher nicht auszuschließen.

Bei regelmäßigem moderatem Kaffeekonsum von 3 bis 4 Tassen am Tag ist allerdings keine negative Flüssigkeitsbilanz zu befürchten und es wird somit auch nicht mehr Flüssigkeit ausgeschieden, als durch den Kaffee aufgenommen. Das häufig zum Kaffee gereichte Glas Wasser ist daher nicht von physiologischer Wichtigkeit. Bei gut hydrierten Personen steht der Kaffee keinesfalls auf der negativen Seite der Flüssigkeitsbilanz, sondern darf zur Flüssigkeitszufuhr dazu gezählt werden.

Der verabreichte Kaffee führte außerdem kurzzeitig zu einer Abnahme des Gesamtkörperwassers, davon war in erster Linie das extrazelluläre Wasser betroffen. Der Extrazellulärraum lässt solche Schwankungen bis zu 0,5 Liter ohne Auftreten von Problemen zu. Zu einem verminderten intrazellulären Wasser kam es hingegen nur bei einer Probandin, die Gründe hierfür sind nicht ganz klar. Es gab jedoch keinen Hinweis, dass dies mit dem Kaffeekonsum zusammen hing. Auch Bezug nehmend auf das Körperwasser ist langfristig mit keiner Abnahme beziehungsweise Verschlechterung zu rechnen.

Der aufgenommene Kaffee beziehungsweise das darin enthaltene Koffein bewirkte weiters einen kurzzeitigen Anstieg der Calciumausscheidung. Nach nur

einem Tag kam es auch hier zu einer Adaptation und somit zu keiner weiteren Zunahme der Calciumausscheidung. Die Differenz zwischen Calciumaufnahme und –ausscheidung über die Nieren war während dieser Interventionsstudie im Vergleich zu anderen wissenschaftlichen Studien zu keinem Zeitpunkt negativ [HEANEY und RECKER, 1982], allerdings konnte auch hier die Ausscheidung über den Stuhl nicht erfasst werden. Auch in Bezug auf Calcium ist daher bei moderatem Kaffeekonsum von 3 bis 4 Tassen pro Tag keine negative Wirkung des Kaffees anzunehmen.

Aufgrund des Kaffeekonsums kam es in dieser Studie zu einem Anstieg der Natriumausscheidung. Am fünften Tag der Studie war dieser Anstieg trotz der gestiegenen Kaffeedosis nur noch minimal, es ist daher davon ausgehen, dass es bereits zu einer leichten Adaptation des Körpers kam. Um dies nachzuweisen, hätte die Studie allerdings einen Tag länger dauern müssen.

In dieser Studie konnte außerdem keine Auswirkung von Kaffeekonsum auf die Chloridausscheidung festgestellt werden. Es scheint keinen Zusammenhang zwischen der Aufnahme von Kaffee und dem Chloridhaushalt zu geben.

Die Kaffeegabe bewirkte weiters einen Anstieg der Kaliumausscheidung, es wurde im Vergleich zur Aufnahme vermehrt Kalium ausgeschieden. Diesem Effekt des Kaffees beziehungsweise Koffeins wirkte jedoch bereits am zweiten Tag der Intervention der Körper durch Adaptation entgegen. Dies zeigt, dass es bei einmaligem Kaffeekonsum zwar zunächst zu einer vermehrten Ausscheidung von Kalium kommt, dieser Effekt jedoch nur kurzzeitig für 1 bis 2 Tage besteht. Bei regelmäßigem moderatem Kaffeekonsum ist keine erhöhte Kaliumausscheidung zu befürchten.

Zusammengefasst bewirkte der Kaffee beziehungsweise das darin enthaltene Koffein einen kurzzeitigen Anstieg

- des Harnvolumens
- der Calciumausscheidung
- der Kaliumausscheidung

- der Natriumausscheidung

Dieser Anstieg der Ausscheidung bestand allerdings nur über wenige Tage, danach erfolgte eine Adaptation des Körpers. Der Körper hatte sich an das Koffein gewöhnt und den Effekt der gesteigerten Ausscheidung von Harn und Elektrolyten reguliert.

Kaffee kann also ohne Bedenken in moderaten Dosen von 3 bis 4 Tassen am Tag getrunken werden. Es ist nicht nötig zu jeder Tasse Kaffee ein Glas Wasser zu konsumieren, da es zu keiner Dehydratation des Körpers kommt.

Diese Arbeit zeigt, dass Kaffee durchaus besser und gesünder ist als sein Ruf. Neben den protektiven, physiologischen und pharmakologischen Wirkungen des Kaffees auf diverse Krankheiten wie Krebs, Diabetes, Alzheimer, Parkinson und koronare Herzkrankheit [LOPEZ-GARCIA et al., 2006; SALAZAR-MARTINEZ et al., 2004; NKONDJOCK, 2009; BARRANCO QUINTANA et al., 2007; TAN et al., 2003], bewirkt er keine Dehydratation des Körpers oder langzeitige vermehrte Elektrolytausscheidung.

## 5.1 Ausblick

Es wäre wünschenswert zukünftig eine größer angelegte Studie mit einer höheren ProbandInnenzahl und über einen Zeitraum von einer Woche durchzuführen. Dadurch wäre es leichter, signifikante Unterschiede aufzuzeigen und die Adaptation wäre deutlicher.

Außerdem könnte es sinnvoll sein die Studie im Doppelansatz durchzuführen, um Ausreißer ausschließen zu können.

Weiters wäre es interessant, diese Studie mit Kaffeetrinkern und Nichtkaffeetrinkern durchzuführen, um den Unterschied in der Adaptation, die bei den Kaffeetrinkern schon von Beginn an vorhanden ist, darzustellen.

## 6. KURZFASSUNG

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Auswirkung von Kaffeekonsum auf den menschlichen Wasser- und Elektrolythaushalt. Dazu wurde eine Interventionsstudie mit sieben Nicht-Kaffeetrinkerinnen durchgeführt.

Die Probandinnen tranken zunächst 2 Tage (Tag 1 und 2) lang keinen Kaffee, an 3 weiteren Tagen (Tag 3 – 5) wurde von den Probandinnen eine täglich steigende Kaffeedosis konsumiert. Am Tag 3 war es eine Tasse mit 125 mg Koffein, am Tag 4 waren es 250 mg und am Tag 5 waren es 375 mg Koffein. An allen fünf Tagen waren ein Wiegeprotokoll zu führen sowie der 24-Stunden-Harn zu sammeln. Es wurden die Körpergröße sowie das –gewicht der Probandinnen ermittelt und eine Bioelektrische Impedanzanalyse durchgeführt. Der Koffeingehalt des verabreichten Kaffees wurde mittels High Pressure Liquid Chromatography ermittelt. Außerdem wurde das Harnvolumen gemessen, sowie das Kreatinin und die Elektrolyte Natrium, Kalium, Calcium und Chlorid im Harn bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels SPSS. Es wurde zunächst der K-S-Test gemacht, um auf eine vorhandene Normalverteilung zu prüfen, anschließend wurde ein t-Test für gepaarte Stichproben durchgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobe konnte allerdings kein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und der Wasser- und Elektrolytausscheidung nachgewiesen werden. Dennoch waren deutliche Tendenzen zu erkennen.

Der Kaffeekonsum bewirkte einen kurzzeitigen Anstieg des Harnvolumens sowie der Calcium-, Kalium- und Natriumausscheidung. Dieser Anstieg der Ausscheidung bestand allerdings nur über wenige Tage, danach erfolgte eine Adaptation des Körpers. Der Körper hat sich an das Koffein gewöhnt und den Effekt der gesteigerten Ausscheidung von Harn und Elektrolyten reguliert. In dieser Studie konnte kein Zusammenhang zwischen dem Kaffeekonsum und der Chloridausscheidung festgestellt werden.

Kaffee kann also ohne Bedenken in moderaten Dosen von 3 bis 4 Tassen am Tag getrunken werden, ohne dass eine langfristige Verschlechterung des Wasser- und Elektrolythaushalts zu befürchten ist.

## 7. ABSTRACT

This thesis deals with the influence of coffee on the human water- and electrolyte balance, based on an intervention study with seven female probands.

During the first two days it was not allowed to drink coffee at all, but with the third day the dose of coffee got daily increased. It started with a dose of 125 mg caffeine on day three, augmented to two cups with 250 mg caffeine on day four to reach the maximum of three cups with 375 mg caffeine on day five. Every day each subject had to administrate a detailed weighed food record as well as to collect their 24-hour-urine.

Initially the body height and body weight of each subject was measured. Data were used as input for a bioelectrical impedance analysis.

A high pressure liquid chromatography was used to determine the real caffeine contingent of the provided coffee.

Furthermore the volume of the urine was measured, as well as the creatinine and the electrolytes sodium, potassium, calcium and chloride in urine were examined.

The statistical analysis was done with SPSS. In order to figure out if the collected data are following a normal distribution a K-S-test was done. Afterwards a t-test analysis for paired samples was done. Due to the small sample it was not possible to attest a significant correlation between the coffee consumption and the water- and electrolyte balance, but clear trends were apparent.

In summary, the increased coffee intake caused a temporary rise of the urine volume as well as the calcium-, potassium- and sodium excretion. This increase of the excretion existed just for a few days, after that an adaptation of the body occurred. The body adapted to the caffeine and the effect of the increased excretion of urine and electrolytes was controlled.

At this study there was no correlation between the coffee consumption and the chloride excretion.

If coffee is consumed in moderate dose of 3 to 4 cups per day, a long time impact to the water- und electrolyte balance is very unlikely.





**LITERATURVERZEICHNIS**

ADAM O. Auswirkungen des Kaffeetrinkens auf die Flüssigkeitsbilanz. Ernährungs-Umschau 2005; 52: 14-17.

AGARDH E, CARLSSON S, AHLBOM A, EFENDIC S. Coffee consumption, type 2 diabetes and impaired glucose tolerance in Swedish men and women. J Intern Med 2004; 255(6): 645-652.

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION L276, Richtlinie 90/496/EWG des Rates über die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln, 1990, Brüssel.

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION L285/9, Richtlinie 2008/100/EG der Kommission vom 28. Oktober 2008 zur Änderung der Richtlinie 90/496/EWG des Rates über die Nährwertkennzeichnung von Lebensmitteln hinsichtlich der empfohlenen Tagesdosen, der Umrechnungsfaktoren für den Energiewert und der Definitionen, 2008, Brüssel.

AMTSBLATT DER EUROPÄISCHEN UNION L 404/9, Verordnung (EG) Nr. 1924/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20 Dezember 2006 über nährwert- und gesundheitsbezogenen Angaben über Lebensmittel, 2006, Brüssel.

ARMSTRONG L, PUMERANTZ A, ROTI M, JUDELSON D, WATSON G, DIAS J, SÖKMEN B, CASA D, MARESH C, LIEBERMANN H, KELLOGG M. Fluid, Electrolyte, and Renal Indices of Hydration During 11 Days of Controlled Caffeine Consumption. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2005; 15: 252-265.

ARMSTRONG L. Caffeine, body fluid-electrolyte balance, and exercise performance. Int J Sport Nutr Exerc Metab 2002; 12: 189-206.

ASCHERIO A, MANSON J, LEITZMANN M, STAMPFER M, HU F. Coffee consumption and risk for type 2 diabetes mellitus. Ann Intern Med 2004; 140(1): 117.

ASCHERIO A, ZHANG S, HERNAN M, KAWACHI I, COLDITZ G, SPEIZER F, WILLETT W. Prospective study of caffeine consumption and risk of Parkinson's disease in men and women. *Ann Neurol* 2001; 50(1): 56-63.

BAKER J, BEEHLER G, SAWANT A, JAYAPRAKASH V, MCCANN S, MOYSICH K. Consumption of coffee, but not black tea, is associated with decreased risk of premenopausal breast cancer. *J Nutr* 2006; 136(1): 166-171.

BARRANCO QUINTANA J, ALLAM M, SERRANO DEL CASTILLO A, FERNANDEZ-CREHUET NAVAJAS R. Alzheimer's disease and coffee: a quantitative review. *Neurol Res* 2007; 29(1): 91-95.

BENEDETTI M, BOWER J, MARAGANORE D, MCDONELL S. Smoking, alcohol, and coffee consumption preceding Parkinson's disease: A case-control study. *Neurology* 2000; 55: 1350-1358.

BERNSTEIN G, CARROLL M, CROSBY R, PERWEIN A, GO F, BENOWITZ N. Caffeine effects on learning, performance, and anxiety in normal school-age children. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry* 1994; 33: 407-415.

BIRÓ G, HULSHOF KFAM, OVESEN L, AMORIUM CRUZ JA. Selection of methodology to assess food intake. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2002; 56: 25-32.

BLUMGART H, GILLIGAN D, LEVY R, BROWN M, VOLK M. Action of diuretic drugs. I. Action of diuretics in normal persons. *Arch Intern Med* 1934; 54: 40-81.

BOEHRINGER MANNHEIM DIAGNOSTICA. Test-Combination Creatinin. Mannheim, 1991.

BOGNÁR A. Ausbeutefaktoren und Berechnungen für Gewicht beim Garen von Lebensmitteln und Speisen. Unveröffentlichte Sammlung, Stuttgart, 2002.

BOGNÁR A. Determination and definition of weight yield factors during preparation of food and dishes by cooking. Unveröffentlichte Sammlung, Stuttgart, 2002.

BOGNÁR A, PIEKARSKI J. Guidelines for Recipe Information and Calculation on Nutrient Composition of Prepared Food (Dishes). Journal of Food Composition and Analysis 2000; 13: 391-410.

BRICE C, SMITH A. Effects of caffeine on mood and performance: a study of realistic consumption. Psychopharmacology 2002; 164: 188–192.

BROCKHAUS – Ernährung, F.A. Brockhaus, Leipzig, Mannheim, 2004.

BURNS J, BURNING J. Sport beverages. In: Macroelements, water, and electrolytes in sports nutrition. Boca Raton, FL: CRC Press 1999; 230-231.

CONWAY K, ORR R, STANNARD S. Effect of a divided caffeine dose on endurance cycling performance, postexercise urinary caffeine concentration, and plasma paraxanthine. J Appl Physiol 2003; 94: 1557-1562.

CZOK G. Untersuchungen über die Wirkung von Kaffee . - Darmstadt: Steinkopff, 1966.

D-A-CH, Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, der DGE, ÖGE, SGE und SVE, Frankfurt am Main, 2008.

D-A-CH, Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr, der DGE, ÖGE, SGE und SVE. Umschau Braus, 1. Auflage, Frankfurt am Main, 2000.

DALY J, FREDHOLM B. Caffeine – an atypical drug of dependence. Drug Alcohol Depend. 1998; 51: 199-206.

DIE PRESSE. Ungebrochene Liebe zum Kaffee. Wien, 26./27. September 2009; Seite F1.

DIE PRESSE. Herr Ober, eine Melange bitte. Wien, 26./27. September 2009; Seite F2.

DÖRHOFER R, PIRLICH M. Das BIA-Kompendium. 2007; 3. Ausgabe 04.

EDDY N, DOWNS A. Tolerance and cross-tolerance in the human subject to the diuretic effect of caffeine, theobromine, and theophylline. J Pharmacol Exper Ther 1928; 33: 167-174.

EDELBAUER L. Kaffee – Alles über ein Genussmittel das die Welt veränderte. Pichler Verlag, Wien, 2000.

EDLINGER E. Die Bedeutung der bioelektrischen Impedanzanalyse (BIA) im geriatrischen Bereich. J Ernährungsmed 2002; 4: 24-25.

EICHLER O. Kaffee und Coffein. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1976; 9-348.

ELECTROLYTE ANALYZER. Bedienungsanleitung. Referenzwerte. o.J.

ELMADFA I, FREISLING H, NOWAK V, HOFSTÄDTER D, et al. Trinkverhalten und Flüssigkeitsaufnahme von österreichischen Erwachsenen. In: Österreichischer Ernährungsbericht 2008 (Institut für Ernährungswissenschaften der Universität Wien, Hrsg.). 1. Auflage, Wien, 2009; 145-153.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Körperzusammensetzung. In: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Wien und Gießen, 2004/a; 29-30.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Calcium, Kalium, Chlor, Natrium. In: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Wien und Gießen, 2004/b; 221-229.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Kreatin. In: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Wien und Gießen, 2004/c; 425-427.

ELMADFA I, LEITZMANN C. Calcium. In: Ernährung des Menschen. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Wien und Gießen, 2004/d; 229-230.

ELMADFA I. Physiologische Grundlagen. In: Ernährungslehre. Verlag Eugen Ulmer Stuttgart, Wien, 2004; 12-35.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY, Tolerable Upper Intake Levels for Vitamins and Minerals, 2006; [www.efsa.eu.int](http://www.efsa.eu.int) [Stand: 11.11.2009]

FISONE G, BORGKVIST A, USIELLO A. Caffeine as a psychomotor stimulant: mechanism of action. *Cell Mol Life Sci* 2004; 61: 857–872.

FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Calcium, Phosphorus, Magnesium, Vitamin D, and Fluoride, 1997, National Academy Press, Washington, D.C.

FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids, 2000, National Academy Press, Washington, D.C.

FOOD AND NUTRITION BOARD, Institute of Medicine, Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc, 2001, National Academy Press, Washington, D.C.

FREWER L, LADER M. The effects of caffeine on two computerized tests of attention and vigilance. *Hum Psychopharmacol* 1991; 6: 119–128.

GONZÁLEZ-ALONSO J, HEAPS C, COYLE E. Rehydration after exercise with common beverages and water. *Int J Sports Med* 1992; 13: 399-406.

GRANDJEAN A, REIMERS K, BANNICK K, HAVEN M. The effect of caffeinated, non-caffeinated, caloric and non-caloric beverages on hydration. J Am Coll Nutr 2000; 19: 591-600.

GUDIVAKA R, SCHOELLER D, KUSHNER R, BOLT M. Single- and multifrequency models for bioelectrical impedance analysis of body water compartments. J Appl Physiol 1999; 87: 1087-96.

HARRIS J, BENEDICT F. A Biometric Study of Human Basal Metabolism. Proc Natl Acad Sci U S A 1918; 4(12): 370-373.

HEANEY R, RECKER R. Effects of nitrogen, phosphorus and caffeine on calcium balance in women. J Lab Clin Med 1982; 99: 46-55.

HESSMANN-KOSARIS A. Ein Kapitel für sich: Kaffee und Krebs. In: Kaffee: Nicht die Bohne ungesund (Hrsg). Mosaik Verlag, München, 2000; 59-62.

ISNARDY B, HERTEL A. Kaffeeanalysen mittels HPLC. Institut für Ernährungswissenschaften, Wien, 2007.

JANSSEN J, LAATZ W. Explorative Datenanalyse, Mittelwertvergleiche und t-Tests. In: Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005; 241-243, 343-345.

KAUFMANN HP, SCHICKEL R. Zur Kenntnis der Lipide der Kaffeebohne. V.: Die Lipidbestandteile des Kaffee-Getränks. In: Fette-Seifen-Anstrichmittel (Deutsche Gesellschaft für Fettforschung, Hrsg.), Hamburg, 1965; 115-120.

KLEEMAN C, CUTLER R, MAXWELL M, BERNSTEIN L, DOWLING J. Effect of various diuretic agents on maximal sustained water diuresis. J Lab Clin Med 1962; 60: 224-244.

KLEEMOLA P, JOUSILAHTI P, PIETINEN P, VARTIAINEN E, TUOMILEHTO J. Coffee Consumption and the Risk of Coronary Heart Disease and Death. Arch Intern Med 2000; 160: 3393-3400.

KOVACS E, STEGEN J, BROUNS F. Effect of caffeinated drinks on substrate metabolism, caffeine excretion, and performance. J Appl Physiol 1998; 85: 709-715.

KYLE U, BOSAEUS I, DELORENZO A, DEURENBERG P, ELIA M, GOMEZ J, HEITMANN B, KENT-SMITH L, MELCHIOR J-C, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLS A, PICHARD C. Bioelectrical impedance analysis part I: review of principles and methods. Clinical Nutrition 2004/a: 23: 1226-1243.

KYLE U, BOSAEUS I, DELORENZO A, DEURENBERG P, ELIA M, GOMEZ J, HEITMANN B, KENT-SMITH L, MELCHIOR J-C, PIRLICH M, SCHARFETTER H, SCHOLS A, PICHARD C. Bioelectrical impedance analysis part II: utilization in clinical practice. Clinical Nutrition 2004/b: 23: 1430-1450

LARSSON S, WOLK A. Coffee consumption and risk of liver cancer: a meta-analysis. Gastroenterology 2007; 132(5): 1740-1745.

LIEBERMAN HR, WURTMAN RJ, EMDE GG, ROBERTS C, COVIELLA IL. The effects of low doses of caffeine on human performance and mood. Psychopharmacology 1987; 92: 308–312.

LINDSAY J, LAURIN D, VERREAULT R, HEBERT R, HELLIWELL B, HILL G, MCDOWELL I. Risk factors for Alzheimer´s disease: a prospective analysis from the Canadian Study of Health and Aging. Am J Epidemiol 2002; 156(5): 445-453.

LÖFFLER G. Regulation des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels. In: Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, Regensburg, 2003; 531-535.

LOPEZ-GARCIA E, VAN DAM R, WILLETT W, RIMM E, MANSON J, STAMPFER M, REXRODE K, HU F. Coffee Consumption and Coronary Heart Disease in Men and Women. A Prospective Cohort Study. *Circulation* 2006; 113: 2045-2053.

MAIA L, DE MENDONCA A. Does caffeine intake protect from Alzheimer's disease? *Neurol* 2002; 9(4): 377-382.

MAREN T. The additive renal effect of oral aminophylline and trichlormethiazide in man. *Clin. Res.* 1961; 9: 57.

MAUGHAN R, GRIFFIN J. Caffeine ingestion and fluid balance: a review. *J Hum Nutr Dietet* 2003; 16: 411-420.

MAUGHAN R. Nutrition in Sport, *The Encyclopaedia of Sports Medicine*, Blackwell Publishers, 2000.

MASSEY L, WISE K. The effect of dietary caffeine on urinary excretion of calcium, magnesium, sodium and potassium in healthy young females. *Nutr Res* 1984; 4: 43-50.

MAX RUBNER-INSTITUT, Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel (BfEL), BLS II.3.1, Karlsruhe.

MLADEK C, KROMIDAS S. HPLC für Neueinsteiger.

<http://www.kromidas.de/Uploads/Dokumente/HPLCfuerNeueinsteiger.pdf> [Stand: 18.01.2010]

NEUHÄUSER-BERTHOLD M, BEINE S, VERWIED S, LÜHRMANN P. Coffee Consumption and Total Body Water Homeostasis as Measured by Fluid Balance and Bioelectrical Impedance Analysis. *Ann Nutr Metab* 1997; 41: 29-36.

NKONDJOCK A, GHADIRIAN P, LUBINSKI J, LYNCH H, KIM-SING C, HORSMAN D, ROSEN B, ISAACS C, WEBER B, FOULKES W, AINSWORTH P, TUNG N, EISEN A, FRIEDMAN E, ENG C, SUN P, NAROD S. Coffee consumption and breast cancer risk among BRCA1 and BRCA2 mutation carriers. *Int J Cancer* 2006; 118(1): 103-107.

NKONDJOCK A. Coffee consumption and the risk of cancer: an overview. *Cancer Lett* 2009; 277(2): 121-125.

NUT.S <http://www.nutritional-software.at/> [Stand: 11.11.2009]

OLTERSDORF U. Ernährungsepidemiologie. Ulmer Verlag, Stuttgart, 1995.

ÖSTERREICHISCHES LEBENSMITTELBUCH 2000.

PASSMORE A, KONDOWE G, JOHNSTON G. Renal and cardiovascular effects of caffeine: a dose-response study. *Clin Sci* 1987; 72: 749-756.

PEELING P, DAWSON B. Influence of caffeine ingestion on perceived mood states, concentration, and arousal levels during a 75-min university lecture. *Advan Physiol Edu* 2007; 31:332-335.

RAGONESE P, SALEMI G, MORGANTE L, ARIDON P. A case-control study on cigarette, alcohol, and coffee consumption preceding Parkinson's disease. *Neuroepidemiology* 2003; 22(5): 297-304.

REUTER P. Springer Lexikon Medizin, Florida, 2004.

RIEDEL W, HOGERVORST E, LÉBOUX R, VERHEY F, VAN PRAAG H, JOLLES J. Caffeine attenuates scopolamine-induced memory impairment in humans. *Psychopharmacology* 1995; 122: 158–168.

RIVERA J. A brief tour of coffee's chemical composition. *Tea & Coffee Trade Journal* 2009.

ROSENGREN A, DOTEVALL A, WILHELMSEN L, THELLE D, JOHANSSON S. Coffee and incidence of diabetes in Swedish women: a prospective 18-year follow-up study. *J Intern Med* 2004; 255(1): 89-95.

ROSS G, ABBOTT R, PETROVITCH H, MORENS D, GRANDINETTI A, TUNG K, TANNER C, MASAKI K, BLANCHETTE P, CURB J, POPPER J, WHITE L. Association of coffee and caffeine intake with the risk of Parkinson disease. *JAMA* 2000; 283(20): 2674-2679.

SCHAUDER P. Erfassung und Beurteilung des Ernährungszustands. In: *Ernährungsmedizin: Prävention und Therapie* (Schauder P, Ollenschläger G, Hrsg.). Urban & Fischer, München, 1999; 11-29.

SCHLEY, G. Physiologie und Pathophysiologie. In: *Störungen des Wasser-, Elektrolyt- und Säure-Basenhaushaltes*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1981; 13-25.

SCHOFIELD W. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr* 1985; 39 Suppl 1: 5-41.

SMITH A, STURGESS W, GALLAGHER J. Effects of a low dose of caffeine given in different drinks on mood and performance. *Hum Psychopharmacol* 1999; 14: 473-482.

SPSS <http://www.spss.com/de/> [Stand: 11.11.2009]

TAN E, TAN C, FOOK-CHONG S, LUM S. Dose-dependent protective effect of coffee, tea, and smoking in Parkinson's disease: a study in ethnic Chinese. *J Neurol Sci* 2003; 216(1): 163-167.

TOMCZAK J. Körperanalysen: Die bioelektrische Impedanzanalyse BIA. F.I.T. Wissenschaftsmagazin der Deutschen Sporthochschule Köln 2003; 1: 37-40.

TUOMILEHTO J, HU G, BIDEL S, LINDSTRÖM J, JOUSILAHTI P. Coffee Consumption and Risk of Type 2 Diabetes Mellitus Among Middle-aged Finnish Men and Women. JAMA 2004; 291: 1213-1219.

USDA Table of Nutrient Retention Factors, Release 5, Beltsville, 2003.

WHITING S, WHITNEY H. Effect of Dietary Caffeine and Theophylline on Urinary Calcium Excretion in the Adult Rat. J Nutr 1987; 117: 1224-1228.

WILLMORE J, COSTILL D. Physiology of sport and exercise. CHAMPAIGN, IL: Human Kinetics Publishers 2004; 481.

YEH J, ALOIA J, SEMLA H, CHEN S. Influence of Injected Caffeine on the Metabolism of Calcium and the Retention and Excretion of Sodium, Potassium, Phosphorus, Magnesium, Zinc and Copper in Rats. J Nutr 1986; 116: 273-280.



# Curriculum Vitae

---

Denise Wottawa  
Hauptstr. 26/A2/6  
2351 Wiener Neudorf  
denise.wottawa@gmx.at

Geboren am 25. Juni 1987 in Wien  
Österreichische Staatsbürgerschaft

---

## Ausbildung und Weiterbildung

- 1993-1997 Volksschule, 2514 Traiskirchen
  - 1997-2005 Gymnasium, 2500 Baden  
Juni 2005: Matura mit gutem Erfolg bestanden
  - 2005 – 2010: Universität Wien  
Diplomstudiengang Ernährungswissenschaften  
Schwerpunkt: Lebensmittelproduktion und -technologie  
Experimentelle Diplomarbeit: Einfluss der Kaffeedosis auf den Wasser- und Elektrolythaushalt
  - September 2009: Ausbildung zum Kaffee-Experten (Zertifizierung), Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung, 1130 Wien
  - Oktober 2009: Weiterbildung zum Kaffee-Sommelier (Zertifizierung), Institut für Kaffee-Experten-Ausbildung, 1130 Wien
- 

## Beruflicher Werdegang

- 08/2009      **G.L. Pharma**  
Analysen nach vorgegebenen Vorschriften, Analysen von Halbfertigprodukten und In-Prozess Kontrollen von Produkten und Rohstoffen mittels nasschemischer sowie apparativer Methoden
- 04/2009      **KiloCoach™**  
Autorin der Publikation „Evaluierung des KiloCoach™-Programms als Programm zur Gewichtsabnahme“ für das Journal Verhaltenstherapie & Verhaltensmedizin

- 04-09/2008      **Sellinnx/LGV-Frischgemüse**  
Aktive Kundenberatung, -betreuung und -aufklärung zu den Themen integrierter Gemüseanbau, AMA Gütesiegel sowie zu generellen Ernährungsempfehlungen mit besonderem Fokus auf Produkte des österreichischen Gemüseproduzenten LGV
- 09/2007  
und  
09/2006      **Engelapotheke Traiskirchen**  
Beratungsgespräche zu den Themen Ernährung, Nahrungsergänzungsmittel, Vitamin- und Mineralstoffsupplemente, Betreuung der Supradyn-Vitamin-Wochen, mischen und abfüllen verschiedener Teesorten, Salben, Cremes und Gels, Durchführung der Warenlogistik
- 07/2007      **Otto-Wagner-Spital Wien**  
Mitarbeit an der Studie „Ernährungsrisikopatienten in der geriatrischen Langzeitbetreuung“, Erhebung ernährungsrelevanter Assessments, Durchführung eines Demenztests, anthropometrische Messungen, Erfassung patientenspezifischer Daten in Form eines Anamnesebogens
- 

## **Kenntnisse und Qualifikationen**

- Umfangreiches theoretisches und praktisches chemisches Wissen
- Mikrobiologische Untersuchungen
- Statistische Auswertungen
- Ernährungsphysiologische Analysen
- Experimentelle Ernährungsforschung
- gute SPSS-Kenntnisse
- Sensorische Grundausbildung
- Methodik der Ernährungsberatung
  
- sehr gute Englischkenntnisse
- Französischkenntnisse
- gute EDV-Kenntnisse
- B-Führerschein