

Auswirkungen des Kaffeetrinkens auf die Flüssigkeitsbilanz

Olaf Adam, Walther-Straub-Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München

Bisher ging man in der Ernährungsberatung davon aus, dass der Konsum von Kaffee wegen seiner diuretischen Wirkung nicht in die Flüssigkeitsbilanz eingerechnet werden darf [2]. Im DGEInfo 4/2004 wurde eine gegenteilige Ansicht vertreten: Da Kaffeekonsum neben der Diurese auch eine erhöhte Natriumausscheidung durch die Nieren bewirkt [5], wird nur Wasser aus dem Extrazellulärraum ausgeschieden. Daraus folgert der Autor „Das Getränk Kaffee ist ein wichtiger Teil der täglichen Gesamt-Wasserzufuhr. In der Flüssigkeitsbilanz kann Kaffee in aller Regel so wie jedes andere Getränk behandelt werden.“ und „Die Geschichte vom Kaffee als Flüssigkeitsräuber beruht auf einem Irrtum, ist also eine Mär.“

Damit werden zwei Fragen aufgeworfen, zu denen aus pharmakologischer und ernährungsmedizinischer Sicht Stellung genommen wird: Kann Kaffee zur Flüssigkeitszufuhr gezählt werden? Ist Kaffee ein „Flüssigkeitsräuber“?

Auswirkungen bei ausreichendem Extrazellulärraum

Im DGEInfo werden Studienergebnisse richtig referiert, nach denen bei 12 jungen Freiwilligen, die fünf Tage lang keinen Kaffee getrunken hatten, durch Kaffeekonsum vor allem das extrazelluläre Wasser vermindert wurde, da der Kaffee zur (annähernd) isotonen Ausscheidung von Natrium und Wasser führte [6].

Der Mensch besteht zu etwa 60 % aus Wasser. Das entspricht ungefähr 40 Litern. Auf den Extrazellulärraum (Plasmawasser 5 %, interstitielles Wasser 12–15 %, transzelluläres Wasser 2–4 %) entfallen 13,3–16,8 Liter. Werden bei gut hydrierten Personen dem Extrazellulärraum 0,571 Liter entzogen, wie in dem oben beschriebenen Versuch, so ist das sicher kein Problem. Denn dies liegt innerhalb der natürlichen Schwankungsbreite des Extrazellulärraums von 3,5 Litern. Eine Änderung des intrazellulären Wassers (24,5–28 Liter), also des Zellvolumens, trat bei den Versuchspersonen durch den Kaffeegenuss nicht ein. Deshalb kam es auch zu keinem nennenswerten Einfluss auf das Renin-, Angiotensin- oder Aldosteronsystem. Die Osmolalität des Harns veränderte sich bei den Freiwilligen kaum.

Die Osmolalität, und damit das Volumen des Extrazellulärraums, wird hauptsächlich durch dessen Kochsalzgehalt bestimmt. Ein Konzentrationsunterschied von 1 mmol NaCl/l verursacht an einer Membran einen osmotischen Druckgradienten von 38,6 mmHg. Das entspricht einer Wassersäule von 52,5 cm. Bei der Wirkung des Kaffees kommt es also entscheidend auf die Natriumkonzentration im Extrazellulärraum nach dem Kaffeetrinken an. Bei den meisten der untersuchten Freiwilligen war die Ausscheidung von Wasser und Natrium isoton, die Osmolalität des Extrazellulärraums blieb unverändert. Ein entscheidender Faktor bei diesem Versuch ist sicher die relativ hohe Gesamtrinkmenge der Versuchspersonen von 1946 ml/d. Hierdurch wird eine gute Hydrierung erreicht.

Die notwendige Trinkmenge ist individuell unterschiedlich. Rechnerisch geht man von einem Bedarf zwischen 1,5 und 2,7 Litern an freiem Wasser aus. Dieser setzt sich zusammen aus Getränken (400–1350 ml), Wasser in der Nahrung (800–1000 ml) und dem Oxidationswasser aus der Verstoffwechslung der Kohlenhydrate, Fette und Proteine (300–350 ml). Die im Allgemeinen als akzeptabel angesehenen drei Tassen Kaffee täglich machen etwa 420 ml aus.

Die Regulation des Flüssigkeitshaushaltes erfolgt über die Nieren. Das Harnvolumen schwankt entsprechend der Flüssigkeitszufuhr zwischen 0,5 und 1,5 Litern. Zusätzlich gehen über Lunge, Haut und Faeces in aller Regel täglich 1 bis 1,2 Liter verloren. Die Nieren sind also in der Lage, Änderungen der Flüssigkeitszufuhr in einem relativ großen Bereich auszugleichen; bei ausreichender Flüssigkeitszufuhr auch den diuretischen Effekt des Kaffees. Dies geschieht innerhalb von ungefähr 24 Stunden durch das Zusammenspiel von Vasopressin (Osmoregulation) und dem Renin-Angiotensin-Aldosteronsystem (Volumenregulation). Nach Kaffeekonsum zugeführte Flüssigkeit füllt den Extrazellulärraum wieder auf und gewährleistet damit ein für die Hämoperfusion ausreichendes, tatsächlich zirkulierendes Volumen, welches in der Regel direkt mit dem Volumen des Extrazellulärraums korreliert. Für den Zellstoffwechsel ist nicht primär das Volumen des Extrazellulärraums, sondern eine adäquate Gewebepfusion wichtig. Eine zu große Einschränkung des Extrazellulärraums geht mit einer Abnahme des effektiven zirkulierenden Volumens einher und führt damit zu einer unzureichenden Versorgung der Zellen mit Nährstoffen. Regulatoren des effektiven zirkulierenden Volumens sind Renin, Angiotensin, Aldosteron, Natriuretische Peptide, Sympathisches Nervensystem und Vasopressin. Das Zusammenspiel dieser Stellgrößen ist z. B. bei Herzinsuffizienz, Hypertonie, hormonellen Erkrankungen oder schweren Flüssigkeitsbilanzen gestört.

Auswirkungen bei vermindertem Extrazellulärraum

Zwei der untersuchten Personen verspürten in dem beschriebenen Versuch [5] ein Durstgefühl. Durst tritt bei einem Flüssigkeitsdefizit von etwa 0,5 % des Körpergewichts, entsprechend 350 ml, auf. Das Urinvolumen



Foto: Dr. Kaffeeverband

Frisch geerntete Kaffeekirschen

der Probanden hatte sich durch den Kaffeekonsum um durchschnittlich 752 ml/Tag erhöht. Damit hätte eigentlich bei allen Versuchspersonen ein Durstgefühl auftreten können. Das Ergebnis zeigt die individuell große Varianz der Durstschwelle. Ältere Personen können das Gefühl für Durst so weit verloren haben, dass eine effektive Regulation des Flüssigkeitshaushaltes nicht mehr möglich ist. Die Trinkmenge ist häufig klein (marginale Flüssigkeitszufuhr) und das Extrazellulärvolumen niedrig. Ist die extrazelluläre Flüssigkeit bereits vermindert, also das effektive zirkulierende Plasmavolumen eingeschränkt, so bewirkt der Kaffeegenuss eine weitere Abnahme. Gleiches gilt für den Kaffeegenuss nach einem Flüssigkeitsverlust, verursacht z. B. durch sportliche Aktivität, eine Diarrhöe oder aber Erbrechen. Unter diesen Bedingungen ist Kaffee kein Flüssigkeitsersatz.

Die Wirkung des Kaffees kann mit der eines kaliumsparenden Diuretikums verglichen werden, da er die Konzentration von cyclischem AMP (cAMP) in der Zelle erhöht. Damit wird die Öffnungswahrscheinlichkeit der Kaliumkanäle herabgesetzt. Bei einem bereits kleinen Extrazellulärvolu-

men kann durch den Konsum von Kaffee der Flüssigkeitsmangel nicht behoben werden. Damit kann bei Personen mit marginaler Flüssigkeitszufuhr, z. B. älteren Menschen, Kaffeekonsum nicht auf die tägliche Flüssigkeitsmenge, die für eine zufriedenstellende Nierenfunktion als ausreichend erachtet wird, angerechnet werden. Ebenso ist für Sportler Kaffee als alleinige Flüssigkeitszufuhr ungeeignet.

Andererseits sind Kaffee, Tee und Kakao keine „Flüssigkeitsräuber“, da sie primär nur das Volumen des extrazellulären Wassers vermindern und keine Ausscheidung

von intrazellulärem Wasser bewirken. Das in ihnen enthaltene Coffein erhöht nicht den Wasserbedarf. Coffeinhaltige Getränke können nur bei unzureichendem Extrazellulärvolumen dieses nicht auffüllen.

Methylxanthine

Im DGEInfo [5] wird mit Recht angeführt, dass die Wirkung des Kaffees nicht lange anhält und regelmäßiger Kaffeekonsum nicht zu einer fortschreitenden Verringerung des Extrazellulärraums führt. Denn bei chronischem Gebrauch ändert sich die pharmakologische Wirkung des Coffeins.

Vorkommen und Wirkungen

Das Methylxanthin Coffein findet sich in zahlreichen Pflanzen. Im Wesentlichen nutzt der Mensch seit vielen Jahrhunderten als Genussmittel vier Pflanzen [9]:

- Der Kaffeestrauch (*Coffea arabica* und andere *Coffea*-Arten) stammt aus Äthiopien. Die Kaffe Zubereitung wurde im 15. Jahrhundert im Jemen erfunden. Mit dem Islam verbreitete sich die Kaffeekultur.

Eine Tasse enthält ungefähr 100 mg Coffein (1,3,7-Trimethylxanthin). Kaffeebohnen von *C. arabica* enthalten etwa 1 % Coffein, solche von *C. canephora* var. *Robusta* etwa die doppelte Menge.

- Der Teestrauch (*Camellia siensis*) ist als Baum in Hinterindien heimisch und wird als Strauch kultiviert. Seit dem 6. Jahrhundert wird in Ostasien Tee getrunken. Verwendet werden die Triebspitzen und jungen Blätter entweder schnell unfermentiert getrocknet (grüner Tee) oder zunächst fermentiert und dann getrocknet (schwarzer Tee). Eine Tasse Tee enthält etwa 50 mg Coffein.

- Der Cola-Baum (*Cola nitida*) stammt aus dem tropischen Westafrika. Verwendet werden die getrockneten Samen. Ein Glas Coca Cola enthält ungefähr 40 mg Coffein. Das amerikanische Urprodukt enthielt auch das mit namensgebende Cocain; dieses wurde aber bald aus der Rezeptur entfernt.

- Der Kakao-Baum (*Theobroma cacao*) ist in Mittelamerika heimisch. Verwendet werden die fermentierten und gerösteten Samen. Xocoatl, das aztekische Wort für den Kakao-Aufguss, bedeutet „Bitterwasser“. Erst das Süßen und die Zugabe von Sahne durch François-Louis CAILLER, Philippe SUCHARD, Rudolf SPRÜNGLI, Johann Jakob TOLBLER und Rudolf LINDT machten aus Kakao hergestellte Produkte zwischen 1796 und 1919 bei uns populär. Eine Tasse Kakao enthält etwa 10 mg Coffein.

An die Methylxanthine enthaltenden Genussmittel ist der Mensch also seit langer Zeit gewöhnt. Coffein, Theophyllin und Theobromin, die drei wichtigsten Methylxanthine, kommen in den Pflanzen in unterschiedlicher Menge vor. Theophyllin und Theobromin sind nur in Spuren enthalten. Eine Ausnahme ist der Kakao, der mehr Theobromin (100 mg/Tasse) als Coffein enthält. Die Wirkungsart der drei Substanzen ist ähnlich, aber noch immer sind nicht alle Reaktionen aufgeklärt. Nachgewiesene pharmakologische Wirkungen der Methylxanthine sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Die diuretische Wirkung der Methylxanthine ist seit langem bekannt und wurde von den meisten Menschen schon selbst erlebt. Sie tritt bereits bei einer Coffein-Konzentration von 30 µmol/l ein. Die anderen Wirkungen erfordern hingegen Konzen-

Tab. 1: Nachgewiesene pharmakologische Wirkungen der Methylxanthine

Pharmakologische Wirkung	erforderliche Konzentration ($\mu\text{mol/l}$) für eine 50 %-ige Hemmung / Freisetzung	klinische Wirkung
Hemmung der Adenosin-Rezeptoren	30	Diurese, Ausscheidung von Wasser und Natrium
Hemmung der Phosphodiesterasen	700	Hemmung der Thrombozytenaggregation
Freisetzung intrazellulären Calciums in das Zytoplasma	3 000	Zittern, Unruhe, Tachykardie, Insomnie, Gedankenflucht

trationen von 700 bzw. 3 000 $\mu\text{mol/l}$. Traditionell wurde die gesteigerte Diurese mit einer Steigerung der Nierendurchblutung und einer Erhöhung der glomerulären Filtrationsrate, also hämodynamisch, erklärt. Dazu kann die vorübergehende weckaminartige Wirkung des Coffeins mit einer individuell unterschiedlichen Blutdrucksteigerung und damit erhöhter Nierendurchblutung beitragen.

Heute wird der renale Effekt von Coffein vor allem mit der antagonistischen Wirkung am Adenosin- A_1 -Rezeptor in Zusammenhang gebracht [1].

Diese Rezeptoren befinden sich an den Macula-densa-Zellen des juxtaglomerulären Apparates, der einer mindestens zweifachen Regulation unterliegt. Physiologisch bewirkt ein vermehrter Natriumstrom am distalen Ende des proximalen Tubulus (also an der Macula densa) eine Vasokonstriktion der afferenten Nierenarteriolen, die durch den Adenosin- A_1 -Rezeptor vermittelt wird. Hierdurch wird die Nierendurchblutung gesenkt, die glomeruläre Filtrationsrate vermindert, und die Natriumausschei-

dung nimmt ab. Coffein hemmt diese Rezeptoren und bewirkt damit eine gesteigerte Ausscheidung von Natrium.

SHIRLEY et al. untersuchten die intrarenalen Wirkungen des Coffeins, die für die natriuretische Wirkung verantwortlich sind [8]. Die renale Clearance von ^{51}Cr -EDTA diente als Maß der glomerulären Filtrationsrate, die renale Clearance von Lithium als Maß für den Elektrolytstrom am Ende des proximalen Tubulus. 400 mg Coffein, oral über 90 Minuten gegeben, steigerten die Natriumausscheidung bei den acht Teilnehmern von $1,00 \pm 0,25\%$ auf $1,47 \pm 0,18\%$, während sich die glomeruläre Filtrationsrate nicht änderte. Die Lithium-Clearance wurde erhöht, und es kam zu einem vermehrten Anstrom des Natriums zum distalen Tubulus. Die Autoren folgern aus diesen Ergebnissen, dass die verminderte Natriumrückresorption sowohl im proximalen wie auch im distalen Tubulus zum akuten natriuretischen Effekt des Coffeins beiträgt [8]. Die zweite Wirkung des Coffein, die Erhöhung der Konzentration an cAMP,

kann diesen Effekt unterstützen. Hierdurch kommt es zu einer verstärkten Bildung von Prostaglandin E im juxtaglomerulären Apparat und damit zu einer Vasodilatation an den zuführenden Nierenarteriolen.

Wirkung des chronischen Kaffeetrinkens

Chronischer Kaffeekonsum geht mit einer Änderung der renalen Wirkung des Coffeins einher, nämlich mit dem Verlust der diuretischen Wirkung. Dies wird in der im DGEInfo zitierten Studie an 18 Freiwilligen gezeigt, bei denen der mehrtägige Konsum identischer Mengen coffeinhaltiger oder coffeinfreier Getränken zu keinen Unterschieden hinsichtlich des Harnvolumens, der Osmolalität und der Elektrolytausscheidung führte [5].

Eine wichtige Wirkung des Coffeins ist die Erhöhung der Konzentration an cAMP. Coffein antagonisiert nicht nur die durch Adenosin stimulierte Hydrolyse des Phosphoinositids, sondern verstärkt auch unabhängig davon dessen Hydrolyse [7]. Diese beiden Effekte resultieren aus der unterschiedlichen akuten und chronischen Wirkung des Coffeins: Das vermehrt anfallende cAMP hemmt akut die Aktivität des Na^+/H^+ -Antiporters, chronisch erhöht es dessen Aktivität. Die Änderung bei chronischer Stimulation erfolgt sowohl durch exogen zugegebenes wie auch durch endogen gebildetes cAMP. Daher lassen sich die Effekte des Coffeins bei akuter Anwendung nicht übertragen auf die chronische Anwendung [3]. Das wird aus der im DGEInfo zitierten Studie deutlich [6]. Nach mehrtägigem Kaffeegenuss war bei den Versuchspersonen keine diuretische Wirkung des Kaffees mehr festzustellen. Bei regelmäßigem (chronischem) Kaffeekonsum kann Kaffee also zur Gesamttrinkmenge gezählt werden. Allerdings weist die Regulation der diuretischen Wirkung eine große individuelle Varianz auf, so dass man sich auf die fehlende Diurese nach chronischem Kaffeekonsum nicht verlassen kann.

Genetische Variabilität der Kaffeewirkung

Nicht zuletzt ist die von Person zu Person unterschiedliche Wirkung des Kaffees auf den CYP1A_2 -abhängigen Abbau des Coffeins zurückzuführen, der eine große individuelle Varianz aufweist [1, 2]. Personen mit genetisch

Zusammenfassung

Kann Kaffee zur Flüssigkeitszufuhr gezählt werden?

O. Adam, München

Einmaliger Kaffeekonsum hat eine eindeutige diuretische Wirkung, die fast jeder schon an sich festgestellt hat. Es kommt zur Ausscheidung von Wasser und Natrium, die bei ausreichender Flüssigkeitszufuhr, also bei einem normalen Extrazellulärvolumen ohne Bedeutung ist. Bei unzureichender Flüssigkeitsaufnahme und grenzwertig niedrigem Extrazellulärvolumen kann Kaffee des Flüssigkeitsdefizit nicht ausgleichen. Es kommt zur Einschränkung des effektiven zirkulierenden Plasmavolumens, das mit der Hämoperfusion korreliert. Die Folge ist eine Einschränkung der Versorgung der Zellen mit Nährstoffen.

Chronischer Kaffeekonsum geht mit dem weitgehenden Verlust der diuretischen Wirkung einher. Allerdings sind die individuellen Unterschiede in der erforderlichen Dosis so groß, dass man keine Grenze definieren kann, ab der Kaffee bei chronischem Konsum und marginaler Flüssigkeitszufuhr doch zur täglichen Trinkmenge gerechnet werden kann. Kaffee- und Teetrinker sollten deshalb auf eine ausreichende Flüssigkeitszufuhr achten.

Ernährungs-Umschau 52 (2005) 14–17

bedingt niedriger Enzymaktivität (slow metaboliser) sowie Säuglinge, Schwangere oder Raucher bauen Methylxanthine verzögert ab. Dies kann zu einem starken Anstieg des Coffeinspiegels durch Kumulation führen [4]. Als Folge davon ist eine Hemmung der Phosphodiesterasen oder sogar die Freisetzung intrazellulären Calciums mit den damit verbundenen Wirkungen möglich (Tab. 1). Da Gewöhnung zu höherem Konsum verleitet, sind bei disponierten Personen solche Wirkungen durchaus bei chronischem Genuss von Kaffee möglich.

Weitere Wirkungen der Methylxanthine

Allerdings treten diese nur bei chronischem Kaffeekonsum und sehr hohen Coffein-Plasmaspiegeln auf (Tab. 1). Eine konstant erhöhte Konzentration an cAMP vermindert die Thrombozytenaggregation, womit die Abnahme des kardiovaskulären Risikos bei chronischem Kaffeekonsum erklärt wird [2]. Dieser Effekt wurde nach täglicher Einnahme von 400–600 mg Coffein über zwei Wochen beobachtet [10]. Theophyllin wirkt hier noch etwas stärker als Coffein. Intrazelluläres Calcium wird bei noch höheren Methylxanthin-Konzentrationen freigesetzt; es verursacht das Zittern und die Unruhe nach übermäßigem Kaffeegenuss. Auch die von BALLMER et al. [2] zitierten Herzrhythmusstörungen treten erst bei diesen höheren Konzentrationen auf oder bei disponierten Individuen (slow metaboliser).

Obwohl die Cholesterin steigernde Wirkung des ungefilterten Kaffees nach wie vor nicht geklärt ist, kann man sagen, dass mäßiger Coffeinkonsum mit Kaffee, Tee oder Kakao auch für ältere Personen das koronare Risiko senkt.

Wie viel Kaffee täglich getrunken werden muss, um diese Wirkung zu erzielen, ist wegen der großen individuellen Unterschiede nicht genau bekannt. Deshalb kann auch nicht exakt gesagt werden, ab welcher Dosis an Coffein die diuretische Wirkung des Kaffees beginnt und wann sie bei chronischem Gebrauch aufhört und damit der getrunkene Kaffee zur täglichen Trinkmenge gezählt werden kann.

Literatur:

1. Adam O, Forth W: Coffein. Dt. Ärzteblatt 98, A2816-A2818, 2001

2. Ballmer-Weber PE: Kaffee und Tee – unbedenkliche Muntermacher? *Aktuel Ernaehr Med* 27, 300-3003, 2002
3. Cano A, Preisig P, Alpern R.J: Cyclic adenosine monophosphate acutely inhibits and chronically stimulates Na/H antiporter in OKP cells. *J Clin Invest.* 92, 1632-1638, 1993
4. Carillo JA, Benitez J: CYP1A2 activity, gender and smoking, are variables influencing the toxicity of caffeine. *Br J Clin Pharmacol* 41, 605-608, 1996
5. DGEInfo: Bedeutung von Kaffee für den Flüssigkeitshaushalt. Ausgabe 4/2004, 58
6. Grandjean AC, Reimers KJ, Bannik KE, Haven MC: The effect of caffeinated, non-caffeinated, caloric and non-caloric beverages on hydration. *J Am College Nutr* 19, 591-600, 2000
7. Narang N, Garg LC, Crews FT: Adenosine and its analogs stimulate phosphoinositide hydrolysis in the kidney. *Pharmacology* 40, 90-95, 1990
8. Shirley DG, Walter SJ, Noormohamed FH: Natriuretic effect of caffeine: assessment of segmental sodium reabsorption in humans. *Clin Sci (Lond)* 103, 461-466, 2002
9. Starke K: Pharmakologie noradrenerger und adrenerger Systeme. In: Forth W, Henschler D, Rummel W. (Eds): Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie. Urban & Fischer Verlag, München, Jena, 175-218, 2001
10. Varani K, Protaluppi F, Gessi S, Merighi S, Onigini E, Belardinelli L, Borea PA: Dose and time effect of caffeine intake on human platelet adenosine A2A receptors. *Circulation* 102, 285-289, 2000

Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Olaf Adam

Walther-Straub-Institut der Ludwig-Maximilians-Universität München
Nussbaumstr. 26
80336 München