

# Effekte von Koffein auf physiologische Parameter während eines Lerntests

(J. M. Feierabend, K. Bättig)

Institut für Verhaltenswissenschaft, Eidgenössische Technische Hochschule

8092 Zürich

## Einleitung

Koffein, weltweit eine der meistkonsumierten psychotropen Substanzen wird in Nahrungsmitteln, Medikamenten, hauptsächlich aber in Getränken aufgenommen.

Neben unbestrittenen Effekten, wie etwa der diuretischen Wirkung oder Wirkungen auf isolierte Organpräparate (wobei in vielen Untersuchungen unphysiologisch hohe Dosierungen verwendet wurden) ist das gesamte Wirkungsspektrum von Koffein auf den intakten Organismus grösstenteils kontrovers. Diskutiert wird nicht nur eine Risikoerhöhung durch den Genuss von Koffein in bezug auf Krebserkrankungen (vor allem des Pankreas und der harnableitenden Organe), sondern vor allem eine Risikozunahme bezüglich Erkrankungen des kardiovaskulären Systems.

Wenig untersucht ist der Einfluss von Koffein auf das Lösen von komplexen Lernaufgaben. Psychophysiologische Studien, in denen gleichzeitig und kontinuierlich während spezifischen Verhaltensleistungen auch mehrere physiologische Parameter untersucht wurden, fehlen bis heute. Die Komplexität derartiger Experimente wird deshalb erhöht, weil Lebensstil und Persönlichkeitsprofil der Versuchspersonen sowie circadiane Einflüsse die Koffeinwirkung zusätzlich modulieren.

Im vorliegenden Experiment wurde der Einfluss von 300 mg Koffein (respektive Kontrollgaben) auf mehrere physiologische Parameter während dem Lösen einer komplexen Lernaufgabe, sowie der Einfluss dieser Behandlung auf die Leistung in den verwendeten Tests, untersucht.

## Methode

Als Versuchspersonen beteiligten sich 48 Männer im Alter zwischen 18 und 42 Jahren; sie meldeten sich auf eine Annonce in einem städtischen Anzeiger. Die Versuchspersonen wurden durch das Los vier Behandlungsgruppen zugeordnet. Alle Versuchspersonen wurden angehalten, 18 Stunden vor dem Experiment keine koffeinhaltigen Nahrungsmittel, Medikamente oder Getränke zu konsumieren. Das Experiment begann jeweils um 17:30 Uhr. Zur Kontrolle der Koffeinabstinenz wurde vorerst eine erste Speichelprobe gesammelt. Während die Versuchspersonen die Instruktionen lasen, wurden an ihnen die Transducer und Elektroden befestigt. Diese dienten der kontinuierlichen Erfassung von EKG (R-R Intervall), Pulsamplitude (Photoplethysmographie, linker Zeigefinger), EMG (M. frontalis), Atmung (strain gage) und Hautleitwert (Conductron, rechter Fuss) während der ganzen Dauer des Experimentes. Nach einer Trainingsphase absolvierten die Versuchspersonen die erste Lernaufgabe (Dauer: 30 Minuten). Unmittelbar am Ende dieser Phase bekam die Gruppe DC (N = 16) einen dl koffeinfreien Kaffee, die Gruppe CC (N = 16) erhielt einen dl koffeinfreien Kaffee plus 300 mg Koffein, die Gruppe WW (N = 8) trank einen dl warmes Wasser, wäh-

rend die Gruppe NB (N = 8) gar kein Getränk erhielt. Alle Getränke mussten innerhalb einer Minute getrunken werden. Bis zum Beginn der zweiten Lernaufgabe (29 Minuten nach der Administration) wurden die Versuchspersonen mit einem Durchstreichtest beschäftigt. Am Ende der zweiten Lernaufgabe (Dauer: 30 Minuten) wurde die zweite Speichelprobe gesammelt (60 Minuten nach Administration). Danach füllten die Versuchspersonen noch zwei Fragebogen aus, erhielten ihr Honorar mit einer Prämie für gute Testleistung und wurden entlassen.

Vom Beginn der Trainingsphase bis zum Ende der zweiten Lernaufgabe wurden alle physiologischen Messdaten mittels PCM auf Magnetband gespeichert. Diese Daten wurden später in den PDP 11/34 Laborcomputer eingelesen. Hier erfolgte die erste Datenreduktion die darin bestand, für jede Messgrösse den Mittelwert ( $\bar{x}$ ) und die Standardabweichung (SD) pro 10 Sekunden Abschnitt zu berechnen. Die Daten aus den beiden Lernaufgaben wurden zusätzlich separiert und gekennzeichnet nach Einzelversuchen (Trial) und Einzelpausen (ITI). Die nachfolgenden statistischen Auswertungen wurden im Rechenzentrum der ETHZ durchgeführt (BMDP, SPSS).

Die Speichelproben wurden verdankenswerterweise im Institut für Toxikologie (ETH und Universität Zürich; Prof. Dr. Ch. Schlatter) mit der HPLC-Methode analysiert und ausgewertet.

## Resultate

Tabelle 1 zeigt die Charakteristika der Versuchspersonen, nach denen jede von ihnen vorselektiert wurde, gemittelt für jede Behandlungsgruppe. Die vier Gruppen waren in bezug auf Alter, Körpergewicht, Körperlänge und durchschnittlichem Kaffeekonsum sehr homogen. Dies wurde weiterhin dadurch belegt, dass keine dieser Variablen als Diskriminante in der Diskriminanzanalyse erschien.

TABELLE 1. CHARAKTERISTIKA DER VERSUCHSPERSONEN

| Gruppe                        |           | DC    | CC    | WW    | NB    |
|-------------------------------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| Alter<br>(Jahre)              | $\bar{x}$ | 24.8  | 24.2  | 27.0  | 25.1  |
|                               | SD        | 6.05  | 5.56  | 7.48  | 3.60  |
| Körpergewicht<br>(KG)         | $\bar{x}$ | 64.8  | 66.4  | 71.3  | 68.5  |
|                               | SD        | 8.23  | 8.06  | 8.41  | 8.33  |
| Körperlänge<br>(CM)           | $\bar{x}$ | 178.3 | 176.3 | 175.0 | 177.3 |
|                               | SD        | 6.88  | 6.21  | 4.37  | 4.83  |
| Kaffee-Konsum<br>(Tassen/Tag) | $\bar{x}$ | 1.25  | 2.50  | 0.88  | 2.13  |
|                               | SD        | 1.00  | 1.16  | 0.84  | 0.99  |

Tabelle 2 zeigt die Koffeinkonzentrationen in den Speichelproben in ppm (Mikrogramm/Milliliter). Alle Werte der ersten Probe lagen unter 0.23 ppm. Die Vorschrift kein Koffein zu konsumieren wurde demnach zufriedenstellend befolgt. Die Dosis von 300 mg Koffein ergab 60 Minuten nach der Administration eine Konzentration zwischen 2.0 und 5.2 ppm im Mittel 3.7 ppm (2. Probe). Lediglich für einen Teil der Gruppe

CC wurden 90 Minuten (N = 7) und 120 Minuten (N = 6) nach der Administration noch weitere Speichelproben gesammelt. Die Koffeinkonzentrationen im Speichel betragen im Mittel nach 90 Minuten 3.00 ppm (+ 0.8 ppm) und nach 120 Minuten 2.70 ppm (+ 1.1 ppm).

TABELLE 2. KOFFEINKONZENTRATIONEN IM SPEICHEL

| Gruppe             | DC   | CC   | WW   | NB   |
|--------------------|------|------|------|------|
| 1. Probe $\bar{x}$ | 0.20 | 0.23 | 0.21 | 0.21 |
| SD                 | 0.24 | 0.17 | 0.12 | 0.14 |
| 2. Probe $\bar{x}$ | 0.19 | 3.71 | 0.20 | 0.24 |
| SD                 | 0.20 | 1.20 | 0.11 | 0.15 |

Bei der komplexen Lernaufgabe wurde keine Verbesserung einer Leistung gefunden durch die Koffeinbehandlung. Beim Durchstreichtest wurde zwar keine Verbesserung der Gesamtleistung gefunden, jedoch zeigten die Versuchspersonen der Gruppe CC eine signifikante Erhöhung der Regelmässigkeit (Verkleinerung der Streuung) 20 Minuten nach der Koffeinadministration.

Für die physiologischen Messgrössen zeigte sich aufgrund einer schrittweisen Diskriminanzanalyse mit anschliessender Jackknife Klassifikation, dass vor der Administration von Koffein keine der untersuchten Variablen eine Gruppe klassifiziert. Nach der Administration von 300 mg Koffein wurde die Gruppe CC aufgrund der tiefen Pulsamplitude sehr gut klassifiziert.

TABELLE 3. PROZENT DER KORREKTEN GRUPPENKLASSIFIZIERUNGEN DER VERSUCHSPERSONEN AUFGRUND DER PULSAMPLITUDE (JACKKNIFE KLASSIFIKATION)

| Gruppe            | DC   | CC   | WW   | NB   |
|-------------------|------|------|------|------|
| Durchstreichtest: |      |      |      |      |
| 1. Drittel        | 6.3  | 56.3 | 50.0 | 12.5 |
| 2. Drittel        | 25.0 | 81.3 | 37.5 | 12.5 |
| 3. Drittel        | 31.3 | 80.0 | 37.5 | 12.5 |
| 2. Lernaufgabe:   |      |      |      |      |
| Trial             | 12.5 | 81.3 | 50.0 | 12.5 |
| ITI               | 43.8 | 62.5 | 37.5 | 0.0  |

In einer weiteren Diskriminanzanalyse mit anschliessender Jackknife Klassifikation ohne die Daten der Pulsamplitude, mit einem tieferen Niveau zum Eintritt in die Klassifikation ergab sich, dass das EMG kurz nach der Administration von Koffein und die Varianz des EKG 30 Minuten nach Administration die Gruppen noch schwach klassifizieren.

Wir fanden also lediglich zwei klare Effekte hervorgerufen durch 300 mg Koffein: Eine höhere Regelmässigkeit im Durchstreichtest und eine Abnahme der subkutanen Pulsamplitude.

Diskussion

Die wenigen und schwachen Effekte der verwendeten Dosis Koffein (die immerhin dem Koffeingehalt von 2-4 Tassen Bohnenkaffee entspricht), sind ein Hinweis dafür, dass Koffeinkonsum im üblichen Rahmen kaum messbare physiologische Veränderungen hervorruft. Immerhin senkt schon das Rauchen nur einer Zigarette die Pulsamplitude um ein mehrfaches als die in diesem Experiment verwendete Dosis Koffein.

Ebenso waren Effekte auf Verhalten mit den verwendeten Tests kaum messbar; Koffein beeinflusst zwar monotone, ermüdende Aufgaben leicht positiv, komplexe Lernaufgaben aber in keiner Weise.

Die Abnahme der Pulsamplitude könnte in der

Umlagerung des Blutvolumens begründet sein, ob dies in bezug auf Langzeiteffekte einen schädlichen Einfluss haben könnte, ist unsicher.

Summary

Effects of Caffeine on Physiological Responses during Conceptual Learning in Men

Several physiological variables were continuously monitored concomitantly to performance in a conceptual learning paradigm in 48 men before and after oral administration of 300 mg caffeine in decaffeinated coffee vehicle (N = 16) or control administrations consisting of decaffeinated coffee alone (N = 16), warm water (N = 8), or no beverage (N = 8).

In a stepwise discriminant analysis, only an increased vasoconstriction obtained from the index finger in the caffeine-treated subjects distinguished the caffeine-treated group from the control groups.

For this dose of caffeine, the R-R interval of the electrocardiogram, respiration, skin conductance change, and electromyographic response failed to differentiate the various treatment groups. Furthermore, caffeine administration did not affect conceptual learning in the test situation used although it decreased variance of performance in a continuous letter cancellation task.

Résumé

Effets de la caféine sur la réponse physiologique au cours du processus d'apprentissage chez l'homme

Différentes variables physiologiques furent mesurées en continu au cours d'expériences d'apprentissage sur un groupe de 16 personnes, avant et après la consommation de 300 mg de caféine. La caféine avait été mélangée à du café décaféiné. Les trois autres groupes de contrôle ne reçurent que du café décaféiné (N = 16), de l'eau chaude (N = 8) ou encore aucune boisson (N = 8).

L'expérience a montré que seul le groupe ayant absorbé de la caféine présentait une vasoconstriction significative au niveau de l'index. Pour cette dose de caféine, l'intervalle R-R de l'électrocardiogramme, la respiration, le changement de conductivité de la peau et l'électromyogramme ne montrèrent aucune différence entre les quatre groupes.

L'administration de caféine n'a pas modifié le comportement à l'apprentissage du groupe traité. Cependant ce dernier a montré une plus grande régularité dans l'exécution d'un test consistant à biffer sélectivement les lettres déterminées dans un ensemble de caractères.

Literatur

- (1) GILBERT, R. M. Caffeine as a drug of abuse. In R. J. Gibbins, Y. Israel, H. Kalant, R. E. Popham, W. Schmidt, and R. G. Smart (Eds.), Research advances in alcohol and drug problems (Vol. 3). New York: John Wiley & Sons, 1976.
- (2) WEISS, B., and LATIES, V. G. Enhancement of human performance by caffeine and the amphetamines. Pharmacological Reviews, 14, 1962, 1-36.

Adresse der Autoren

J. M. Feierabend und Prof. Dr. K. Bättig  
 Institut für Verhaltenswissenschaft, Abteilung für Verhaltensbiologie, ETH-Zentrum, Turnerstr Turnerstr. 1, 8092 Zürich.