

EINFLUSS VON KOFFEIN AUF DIE REAKTIONSGESCHWINDIGKEIT DES MENSCHEN

Ricarda Schüler, 9_{spez}

Fach: Biologie
WOU-Lehrer: Herr Andreas Ottolinger
Fachbetreuer: Herr Harald Melzer
Schule: Goetheschule Ilmenau
Schuljahr: 2006/2007

Abgabedatum: 23.5.2007

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Eigenschaften und Vorkommen von Koffein	1
3. Biologische Wirkung	2
4. Wirkung auf die Großhirnrinde	4
5. Entwicklung eines geeigneten Messverfahrens	5
5.1. Auswahl der zu erfassenden physiologischen Größe	5
5.2. Probandenauswahl	6
5.3. Technische Realisierung	6
5.4. Testablauf	8
5.5. Vorstudie	9
6. Reaktionstest	11
6.1. Versuchsobjekte, Geräte	11
6.2. Durchführung	11
6.3. Ergebnisse	12
6.4. Ergebnisdiskussion	12
7. Zusammenfassung/Ausblick	14
Anhang	16
A. Fragebogen	16
B. Messreihen	17
Literatur	19
Selbstständigkeitserklärung	21
Danksagung	22

1. Einleitung

Im Durchschnitt trinkt jeder Deutsche vier Tassen Kaffee pro Tag. Das sind 160 Liter pro Person im Jahr [16]. Damit ist Kaffee noch vor Bier (115 Liter pro Person im Jahr 2005 [6]) das beliebteste Getränk der Deutschen Bevölkerung [16] und eine Volksdroge schlecht hin. Kaffee enthält verschiedene Stoffe, wie zum Beispiel Kohlenhydrate, Wasser, Mineral-, Aromastoffe, Eiweiße, Fette, Alkaloide und Methylxanthine. Der Inhaltsstoff, der wohl die meiste Wirkung im menschlichen Körper hat, ist ein Alkaloid – das Koffein. Auch andere beliebte Getränke enthalten Koffein, wie zum Beispiel Tee, im geringen Maße Cola und Energy-Drinks. Diese Getränke sind aber bei den 160 Litern pro Person und Jahr noch nicht einmal mit eingerechnet. Die meisten Menschen trinken Kaffee aufgrund der im Allgemeinen belebenden Wirkung oder einfach nur, um die Müdigkeit zu vertreiben und wacher zu werden.

Bei einem großen Konsum von Koffein kommt es zu Gewöhnungseffekten. Zum Beispiel braucht man morgens Kaffee, um wach zu werden oder man hat Entzugserscheinungen wie Kopfschmerzen, Erschöpfungszustände und verstärkte Reizbarkeit.

In meiner Facharbeit möchte ich untersuchen, inwiefern sich Gewöhnungseffekte objektiv messen lassen. Da eine Kaffeegewöhnung oft bereits im Jugendalter beginnt, habe ich dabei zwischen jugendlichen Kaffeetrinkern und Personen im mittleren Alter mit langfristigem Kaffeekonsum unterschieden. Es ist zu vermuten, dass langfristige Gewohnheiten zu einem anderen Wirkverhalten führen, da sich der Körper auf Gegebenheiten einstellt.

2. Eigenschaften und Vorkommen von Koffein

Koffein ist ein weißes, geruchloses, kristallines Purin-Alkaloid, der einen bitteren Geschmack aufweist. Koffein ist in siedendem Wasser und in Fett gut, in Alkohol und kaltem Wasser hingegen nur mäßig bis schlecht löslich. Deshalb geht Koffein in heißen Getränken, wie Kaffee oder Tee, praktisch sofort in Lösung.

Koffein, auch unter den Namen Methylbromin, Thein oder Guaranin bekannt, hat eine Molare Masse von 194,19 g/mol und eine Dichte von 1,23g/cm³. Die systematische chemische Bezeichnung von Koffein lautet jedoch 1,3,7-Trimethylxanthin. Die Summenformel lautet $C_8H_{10}N_4O_2$. Die Strukturformel ist in Abbildung 1 auf der nächsten Seite dargestellt [18].

Koffein kommt in verschiedenen Pflanzen vor, wie zum Beispiel im Samen des Kaffeebaumes, der Kaffeebohne, mit bis zu zwei Prozent, in Teeblätter und der Colanuss mit zwei bis vier Prozent, oder im Guaranasamen mit vier bis sechs Prozent [4]. Daher kommt Koffein in unterschiedlichen Getränken auch in verschiedener Konzentration vor. So enthält [10, S. 82]:

- Kaffee 480–800 mg/l,
- Espresso 1000–1200 mg/l,

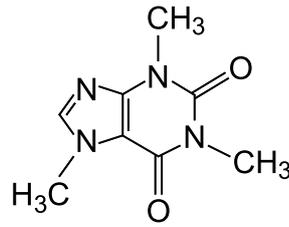


Abbildung 1: Strukturformel des Koffeins [18]

- Cola-Getränke 65–250 mg/l,
- Energy-Drinks 5–1200 mg/l und
- Kakao 10–32 mg/l.

Laut Lebensmittelverordnung dürfen in einem koffeinhaltigen Erfrischungsgetränk je nach Typ maximal 65–250 mg Koffein pro Liter vorhanden sein. Bei Energy-Drinks sind maximal 320 mg/l erlaubt. Außerdem ist gegebenenfalls eine verständliche und klare Zubereitungsanleitung gesetzlich vorgeschrieben [10, S. 81].

Im Allgemeinen wird angenommen, dass Koffein für Menschen etwa ab einer Dosis von 10g tödlich ist [10, S. 81]. Von einer niedrigen Dosis spricht man ungefähr bis 200 mg. Das entspricht etwa ein bis zwei Tassen (200–250 ml) Kaffee.

Bei täglicher Einnahme von Koffein, im Alltag meistens Kaffee, kommt es zu keinen bleibenden organischen Schäden, allerdings werden häufig Suchtsymptome bemerkt (siehe auch Abschnitt „Biologische Wirkung“).

Koffein wird schnell vom Körper aufgenommen. Schon eine halbe Stunde, nachdem der Kaffee getrunken wurde, ist die höchste Wirkung des Koffeins nachzuweisen, bei Tee dauert es etwas länger. Nach vier bis sechs Stunden ist die Hälfte wieder ausgeschieden oder verstoffwechselt. Diese Zeit ist bei Schwangeren oder Kinder deutlich erhöht. Auch Rauchen beeinflusst die Verstoffwechslung von Koffein. So wird Koffein doppelt so schnell abgebaut als bei Nichtrauchern [10, S. 81].

3. Biologische Wirkung

Koffein hat ein breites physiologisches Wirkungsspektrum. Es wirkt zum Beispiel auf die Atmung, die Durchblutung, den Stoffwechsel, die Verdauung, den Harndrang und auf das zentrale Nervensystem (ZNS).

Koffeinhaltige Getränke enthalten jedoch in der Regel noch eine Vielzahl anderer Inhaltsstoffe, die ebenfalls eine physiologische Wirkung aufweisen und auch die Wirkung des Koffeins beeinflussen. So bewirken zum Beispiel die Gerbstoffe im Tee eine verlangsamte Aufnahme des Koffeins.

Im Verdauungssystem bewirkt Koffein eine Anregung der Darmperistaltik und der Darmentleerung. Auch wird dabei der Appetit gesteigert. Die verstärkte Fettverdauung

kommt ebenfalls vorwiegend durch eine vermehrte Ausschüttung von Gallenflüssigkeit zustande. Andererseits kann dies bei Personen mit Gallenerkrankungen zu Beschwerden führen. Generell wird der gesamte Stoffwechsel angeregt [12, S. 166–167]. In [1] wurde festgestellt, dass regelmäßiger Kaffeegenuss die Wahrscheinlichkeit, an Typ-2- Diabetes zu erkranken, um 60 Prozent senkt [1].

Eine massive Wirkung hat Koffein auf das Gefäßsystem und die Blutzirkulation. Im Allgemeinen werden die Blutgefäße erweitert und dadurch die Blutzirkulation gesteigert. Dies hat unmittelbaren Einfluss auf den Blutdruck und die Regelung der Körpertemperatur. Zusammen mit der Anregung des vegetativen Nervensystems kommt es zu einer Steigerung der Herzfrequenz und meistens auch zu einer Erhöhung des Blutdrucks [12, S. 166–167]. Deshalb sollten auch Personen mit krankhaft erhöhtem Blutdruck exzessiven Kaffeegenuss vermeiden. Bei Menschen über 65 Jahren mit normalen Blutdruck wurde hingegen bei regelmäßigen Kaffeegenuss von etwa vier Tassen täglich eine deutliche Verminderung des Risikos eines plötzlichen Herztodes festgestellt [21]. Die Erhöhung der Hirndurchblutung hat einen positiven Einfluss auf die Denkleistung. Allerdings wird dies entgegen der Wirkung im restlichen Körper auch durch eine teilweise Kontraktion der Gefäße im Gehirn erreicht. Der gleiche Effekt führt auch zu einer Linderung der vasomotorischen Kopfschmerzen, denn die Durchblutung im Gehirn normalisiert sich [12, S. 166–167].

Neben der durchblutungssteigernden Wirkung hat Koffein aber auch eine direkte Wirkung im Gehirn. Durch die Beeinflussung der Neurotransmitter im ZNS wird die geistige Leistungsfähigkeit erhöht, Stimmung und Motivation beeinflusst sowie das vegetative Nervensystem angeregt [10, S. 85]. Deutlich ist dies auch durch eine Verringerung der Ermüdung spürbar. Koffein lindert in diesem Zusammenhang sogar die Symptome der Parkinsonerkrankung [10, S. 88]. Dieses Wirkungsspektrum im ZNS ist für diese Arbeit sehr wichtig, weshalb die Wechselwirkungen mit den Neurotransmittern im folgenden Kapitel ausführlicher dargestellt werden.

Der Einfluss auf das vegetative Nervensystem ist neben der blutdruckssteigernden Wirkung und der vermehrten Verdauung auch in einer Anregung des Atemzentrums [10, S. 85] und der Steigerung des Harndrangs spürbar [12, S. 166–167]. Auch ist allgemein eine Kontraktionssteigerung bei der quergestreiften Muskulatur bemerkbar [10, S. 85].

Bei vegetativ labilen Menschen kann Koffein allerdings zu Schlaflosigkeit, innerer Unruhe, Tachykardie (Herzfrequenzsteigerung auf bis zu 100 Kontraktionen pro Minute) sowie Durchfall kommen. Bei älteren Menschen hingegen fördert Koffein entgegen der sonstigen anregenden Wirkung oft das Einschlafen [12, S. 166–167]. Allgemein sind die Nebenwirkungen, wie Schlaflosigkeit, bei jedem Menschen verschieden.

Koffein selbst wird eine analgetische Wirkung zugesprochen. Deshalb ist Koffein in Medikamenten, wie zum Beispiel in Schmerzmitteln gegen Kopfschmerzen, zur Wirkungsverstärkung enthalten [14].

Die Wirkung von Koffein wird bei einer hohen Dosis deutlich verstärkt. Meistens führt dies zu einer erhöhten Anregung des Atemzentrums sowie zu einer Erweiterung der

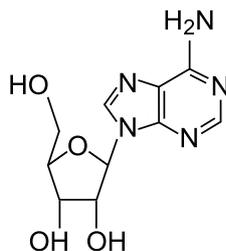


Abbildung 2: Strukturformel des Adenosin [17]. Die Ähnlichkeit mit Koffein (siehe Abb. 1 auf Seite 2) ist deutlich zu erkennen.

Nieren-, Haut- und Herzkranzgefäße. Auf die Bronchien wirkt eine hohe Koffeindosis krampflösend [10, S. 85]. Es treten häufiger auch unerwünschte Nebeneffekte wie Herzrhythmusstörungen, Zittern, Ruhelosigkeit und Gedankenjagen sowie Übelkeit und Erbrechen auf. Ab 600 mg/l besteht bei Schwangeren eine größere Gefahr einer Früh- oder Fehlgeburt [12, S. 166–167].

4. Wirkung auf die Großhirnrinde

Koffein hat viele verschiedene Wirkungsweisen und Wirkungen im menschlichen Körper, die zusätzlich von der Dosis an Koffein abhängig sind. In diesem Kapitel werden nur die für die Untersuchungen relevanten Mechanismen beschrieben.

Bei einer geringen Dosis von Koffein, das heißt bis 200 mg, wirkt Koffein hauptsächlich in der Großhirnrinde, also im Zentralnervensystem. Hier ist vor allem die Interaktion mit den Adenosinrezeptoren von Bedeutung.

Adenosin ist ein Abbauprodukt von Adenosintriphosphat (ATP), welches zur Energiespeicherung und -verteilung in Körper benutzt wird. Der Abbau von ATP zu Adenosin wird von Botenstoffen gesteuert, die die Zelle ausschüttet. Dabei gilt, je aktiver die Zelle ist, desto mehr ATP muss als Energielieferant umgesetzt werden und um so mehr Adenosin wird gebildet. Normalerweise koppelt das Adenosin an die $A_{1,-}$ $A_{2A,-}$ $A_{2B,-}$ A_3 - Rezeptoren [14]. Diese Rezeptoren gehören zu der großen Gruppe der G- Proteingekoppelten-Rezeptoren. Durch diese Ankoppelung bremst das Adenosin wiederum die Zellaktivität und schützt die Zellen damit vor Überlastung.

Die Zellen in der Großhirnrinde steuern auch die Übertragung der Nervenimpulse in den Synapsen. Dies geschieht durch die Ausschüttung von Neurotransmittern (zum Beispiel Dopamin und Glutamat). Wird ein Neurotransmitter aus einem Vesikel ausgeschüttet, überträgt er mit dem Erreichen des Rezeptors chemisch die Nervenimpulse. Wenn viele Neurotransmitter ausgeschüttet werden, ist die Zelle gerade sehr aktiv und die Nervenimpulsweiterleitung ist sehr schnell. Drosselt nun das Adenosin die Aktivität, wird auch die Neurotransmitterausschüttung gehemmt und damit erfolgt eine Abnahme der Geschwindigkeit der Nervenimpulsweiterleitung [10, S. 84–85].

Koffein gelangt aufgrund seiner guten Fettlöslichkeit durch die Blut-Hirnschranke in die Großhirnrinde. Dort besetzt es die Adenosinrezeptoren ohne dabei die hemmende

Dies sind zum Beispiel die Blutdruckerhöhung und die Durchblutungssteigerung, aber Verbesserungen der kognitiven Fähigkeiten.

Eine Blutdruckerhöhung findet sich nicht bei allen Probanden und ist zudem von vielen weiteren Faktoren abhängig. Die Durchblutungssteigerung ist nur relativ aufwendig messbar und wurde zudem bereits ausführlich in der Literatur untersucht, zum Beispiel in [10].

Die Verbesserungen der kognitiven Fähigkeiten ließen sich aber vermutlich über die Reaktionszeit apparativ relativ einfach messen. In der Literatur konnte hierüber trotz umfassender Recherche auch in der internationalen Fachliteratur nichts gefunden werden. Aus diesem Grunde wurde in dieser Arbeit die Reaktionsgeschwindigkeit als Zielgröße für die Koffeinwirkung ausgewählt.

5.2. Probandenauswahl

Da Nikotin die Wirkungsdauer von Koffein im Körper verkürzt wie im Gliederungspunkt 2 auf Seite 2 beschrieben, sollten die Probanden keine Raucher sein. Der umgekehrte Effekt tritt ein, wenn jemand schwanger ist. Deshalb werden auch Schwangere von der Untersuchung ausgeschlossen. Da ein Ziel der Untersuchung darin besteht, den Koffeingenuss in Abhängigkeit mit dem Alter zu klären, werden zwei Altersgruppen mit einem relativ großen Abstand gewählt. So sollten die Probanden entweder im Alter von 13-17 oder im Alter zwischen 30-45 Jahre sein. Dabei sind regelmäßige Kaffeetrinker Personen, die jeden Tag mindestens 2 Tassen Kaffee trinken. Um heraus zu finden, ob es Unterschiede zwischen diesen Leuten und Menschen, die nie oder selten Kaffee trinken, gibt, müssen die beiden nach Alter eingeteilten Probandengruppen noch nach der Häufigkeit des üblichen Kaffeegenusses unterteilt werden. Also ergeben sich vier Gruppen, welche in der nachfolgenden Tabelle dargestellt sind.

Gruppe	Alter	Koffeinkonsum
I	30–45	regelmäßig
II	30–45	nicht regelmäßig
III	13–17	regelmäßig
IV	13–17	nicht regelmäßig

5.3. Technische Realisierung

Ein geeignetes Messgerät zur Messung der Reaktionsgeschwindigkeit muss die Zeitspanne zwischen einem Signal und der Reaktion möglichst genau messen. Die Zeitspanne setzt sich aus der Aufnahme des Signals, der Verarbeitung im Gehirn, der Erregungsleitung sowie dem Ansprechen der Muskeln auf der einen Seite und dem Zeitraum, während dem die Taste gedrückt wird und das Messgerät diesen Tastendruck verarbeitet hat, auf der anderen Seite zusammen.

Koffein dockt an einen G-Protein-gekoppelten-Rezeptor an. Diese sind für die Verarbeitung von optischen Reizen sowie von Geruchsreizen zuständig. Man kann aber schlecht

genau definieren, wann ein Mensch den Geruchsreiz aufgenommen hat und wie lange der Verarbeitungsweg dauert. Deshalb sollte das Messgerät ein optisches Signal aussenden.

Folgende Eigenschaften sollte das Messgerät aufweisen:

- Es sollte zufällige optische Signale ausgeben. Reize in konstantem Zeitabstand ermöglichen dem Probanden ein rhythmisches Erfassen des Signals. Damit wäre der Zweck des Tests in Frage gestellt. Deshalb sollten die Signale durch einen Zufallsgenerator zeitlich determiniert werden.
- Das Messgerät muss den Zeitpunkt des Tastendrucks erfassen können.
- Es soll den Zeitraum zwischen dem Erscheinen des Signals und dem Tastendruck messen und abspeichern können.

Prinzipiell bestand die Möglichkeit ein Messgerät, welches den genannten Anforderungen zum großen Teil entspricht, zu suchen oder eines gemäß den Anforderungen zu entwickeln.

Ein Messgerät, welches teilweise den Anforderungen genügt, ist das Reaktionstestgerät der Polizei. Mit diesem wird normalerweise gezeigt, wie lange der Bremsweg in Abhängigkeit von der Geschwindigkeit und dem Alkoholkonsum ist. Es ist ein transportabler Koffer, der ein Gas- und ein Bremspedal besitzt. Weiterhin hat es eine kleine Leuchtdiode und einen Lautsprecher, der einen Piep-Ton erzeugt, diese geben je nach Bedarf einzeln das gewünschte Signal aus. Außerdem sind drei Anzeigen vorhanden. Die erste Anzeige zeigt die gemessene Reaktionszeit an. Die Zweite gibt die virtuelle Geschwindigkeit wieder, die man gefahren ist. Diese kann in bestimmten Abständen eingestellt werden. Von der dritten Anzeige lässt sich der virtuelle Bremsweg ablesen.

Eine Messung wird wie folgt durchgeführt:

Man drückt das Gaspedal dem Fuß nach unten. Nach einer beliebigen Zeit leuchtet die Diode und man versucht nun, so schnell wie möglich das Bremspedal mit dem gleichen Fuß zu treten. Dieses Gerät misst dabei die Zeit zwischen dem Erscheinen des Signals und dem Betätigen des Bremspedals.

Dieses Messgerät ist prinzipiell geeignet für den Versuch, aber es hat auch viele Nachteile. Einer ist, dass immer nur eine Messung durchgeführt werden kann und die Zeiten nicht automatisch gespeichert werden. Deshalb wäre der Aufwand bei der späteren Auswertung sehr groß. Außerdem stand dieses Messgerät nur für einen sehr kurzen Zeitraum zur Verfügung. Deshalb wurde dieses Gerät nicht verwendet.

Für die Untersuchung wurde deshalb ein Computerprogramm benutzt, welches von meinem Vater nach meinen Anforderungen entwickelt wurde. Dieses Computerprogramm hat einen Zufallsgenerator und gibt als optisches Signal einen gelben Punkt auf einem schwarzen Hintergrund aus. Der hohe Schwarz-Gelb-Kontrast ermöglicht ein leichtes Erkennen des Signals. Bei der Messung soll der Proband die Leertaste der Tastatur drücken, sobald er den gelben Punkt sieht. Das Programm erfasst die Zeitspanne zwischen dem Signal (das Aufleuchten des gelben Punktes) und dem Anschlagen der Taste.



Abbildung 4: Die externe Zeitmessbox. Im Inneren übernimmt ein Mikrorechner die Zeitmessung.

Der Nachteil dieser computergesteuerten Lösung ist die Ungewissheit im Bezug auf die Verarbeitungszeit des Rechners sowie des Betriebssystems Windows. Schließlich ist Windows kein Echtzeitbetriebssystem, bei dem die Reaktionszeit auf ein externes Ereignis determiniert ist.

Um heraus zu finden wie gravierend diese Nachteile sind, wurde noch eine Hardware dazu gesucht, die die Zeitspanne unabhängig von dem Rechner misst. Auf diese Weise lässt sich erfassen, wie groß die Summe aus der Verarbeitungszeit und der Zeit des Erfassens des wechselnden Punktes ist.

Dieses Gerät wurde mir von der Firma SIOS Messtechnik GmbH Ilmenau zur Verfügung gestellt. Es handelt sich um eine externe Zeitmessbox, die mit dem Computerprogramm verbunden ist und von diesem gesteuert wird. Es hat eine kleine Leuchtdiode (LED), eine Taste und drei Ein- und Ausgänge, welche aber nicht benutzt wurden. Diese könnten gebraucht werden, um eine externe Lampe, eine Hupe und/oder eine externe Taste anzuschließen. Es können natürlich auch ein Fußpedal oder ein Schalter sein. Im inneren ist ein Mikrocontroller, der die Zeitmessung mit zwei Mikrosekunden Genauigkeit unabhängig vom Computer realisiert. Das Programm gibt über seinen Zufallsgenerator die Zeitabstände vor, in denen die Lampe leuchten soll, erfasst die gemessenen Zeiten und speichert diese.

Gegenüber der Lösung mit dem Computerbildschirm ist die LED, die den Lichtreiz abgibt, relativ klein und örtlich fixiert. Es ist unbekannt, ob sich dies wiederum negativ auf die Aussagekraft des Versuchs auswirken könnte. Deshalb werden beide Varianten gleichberechtigt getestet.

5.4. Testablauf

Folgender Testablauf ist ermittelt worden.

1. Die Probanden führen einen Test mit optischen Signalen mittels dem Computerprogramm und der externen Zeitmessbox durch. Dabei werden mehrere Messungen aufgenommen um eine mittlere Reaktionszeit ohne Koffeineinfluss zu ermitteln. Die beiden Geräte werden benutzt, um heraus zu finden wie gravierend die Rechnerverarbeitungszeit ist.

2. Nun sollen die Testpersonen einen Fragebogen ausfüllen. Dieser dient dazu, die Personen mit den Angaben des Alters und der Häufigkeit der Kaffeeinnahme, in die Gruppen einzuteilen. Auch soll ausgeschlossen werden, dass kein Koffein mehr im Körper zum Anfangstest vorhanden ist. Deshalb sollten die Probanden mindestens sechs, aber besser mehr als zwölf Stunden kein koffeinhaltiges Getränk zu sich genommen haben. Auch wird im Fragebogen die Müdigkeit der Testpersonen erfasst, um eventuell einen Zusammenhang zwischen dieser und der Reaktionszeitänderung zu finden. Dieser Fragebogen ist im Anhang auf der Seite 16 nachlesbar.
3. Danach trinken die Testpersonen eine Tasse Kaffee. Diese muss bei allen gleichgroß sein und exakt die gleiche Dosierung an Kaffee enthalten, um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen. Diese sind wichtig um später die Ergebnisse mit einander vergleichen zu können.
4. Die Probanden müssen nun eine 20- bis 45-minütige Pause einhalten, so dass der Kaffee seine volle Wirkung entfalten kann und das Koffein aufgenommen wird.
5. Nach dieser Pause absolvieren die Testpersonen die beiden Anfangstests noch einmal, um damit Vergleichswerte zu erhalten.

Dieser Ablauf muss bei allen Personen genau gleich sein, um gleiche Ausgangsbedingungen zu schaffen.

5.5. Vorstudie

Um heraus zu finden, wie reproduzierbar die Messungen und wie lange die Anlern- und Einstimmungszeit sind sowie um eine günstige Anzahl der optischen Signale in einer Testreihe zu ermitteln, wurden einige Vorversuche durchgeführt. Ist die Testhäufigkeit zu gering, lassen sich keine auswertbaren Durchschnittswerte der Messreihen ermitteln. Ist sie aber zu lang, belastet man die Versuchsperson unnötig und die Konzentration sinkt. So wurde ermittelt, dass man ungefähr 25–30 optische Signale gut hintereinander erfassen kann und sich damit gut auswertbare, nicht zufällige, Mittelwerte berechnen lassen.

Es zeigt sich auch, dass der Proband ungefähr zwei optische Signale braucht, um in den Test zu finden. Außer der Eingewöhnungsphase gibt es auch noch eine Lernzeit, das heißt der Proband braucht eine Weile, bis er genau weiß, wie der Test abläuft. Diese Lerneffekte treten am Anfang der Messungen auf und können da die Koffeinwirkung verdecken. Deshalb werden die ersten beiden ermittelten Werte nicht mit in die Auswertung aufgenommen. Das ist gut in der Abbildung 5 auf der nächsten Seite zu erkennen. Man kann aber auch sehen, dass es einige Messwerte gibt, die sich von den anderen Messwerten deutlich unterscheiden. Diese können zustande kommen, wenn der Proband die Taste nicht richtig herunter gedrückt hat und noch einmal drücken muss, oder er schon vorher die Taste betätigt hat und dann gleich wieder und so eine Verzögerung des Tastedrückens eintritt. Auch ist eine Ablenkung der Testperson zu diesem Zeitpunkt möglich. Messwerte, die über oder unter 200 Prozent über dem

größten Häufigkeitsbereich der Messwerte des Probanden liegen (Medianwert), wurden deshalb nicht in die Wertung aufgenommen, da sie ursächlich nicht mit der eigentlichen Reaktionszeit zusammen hängen. Solch ein Wert ist in der Abbildung 5 der 16. Messwert.

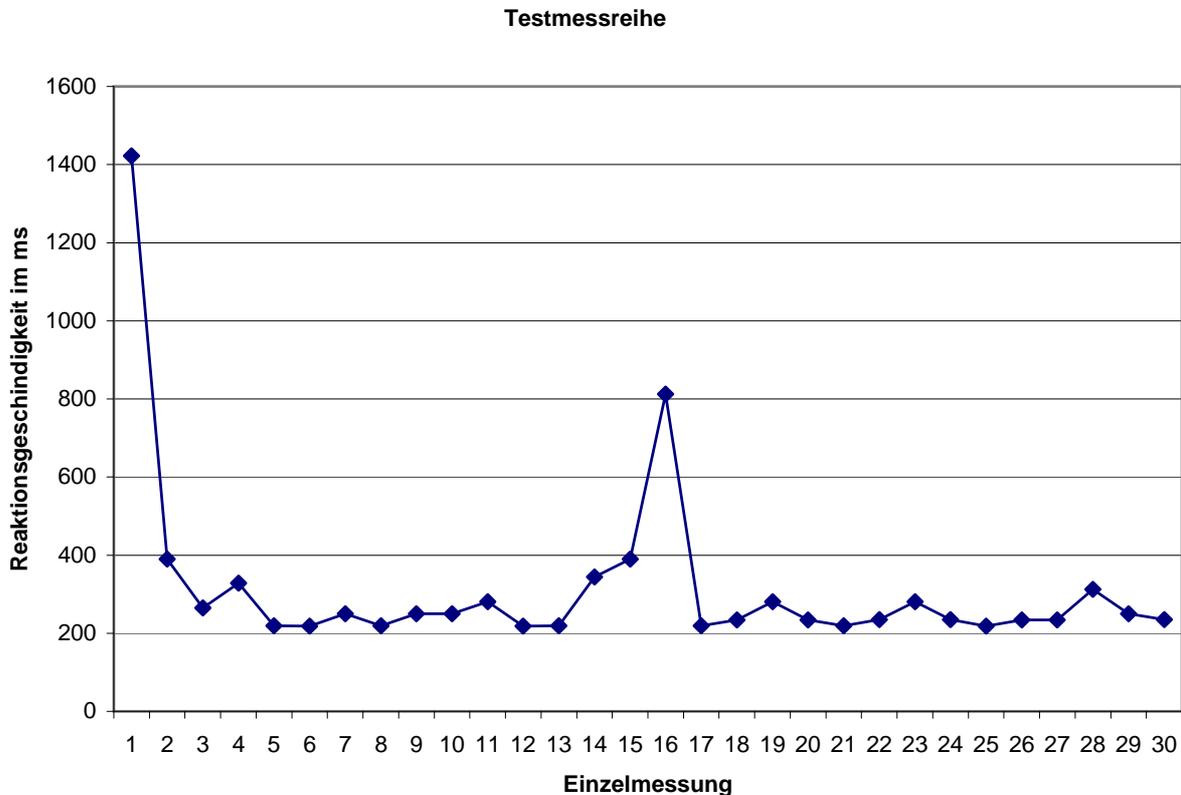


Abbildung 5: Zeitverlauf einer Messreihe

Um sicher zu stellen, dass der Reaktionstest nicht zufällige Werte misst, wurde durch Wiederholungstests die Zuverlässigkeit überprüft. Bei einer guten Reproduzierbarkeit sollten vergleichbare Reaktionszeiten auftreten. Deshalb wurde die Zuverlässigkeit vorher getestet, indem die gleiche Person den Test mehrmals hintereinander wiederholte und daher auch immer die gleichen Bedingungen herrschten. Zwischen den Tests lagen immer kleine Pausen, damit nicht irgendwann die Konzentration nachlässt. Dabei zeigte sich, dass der Proband bei der ersten Messreihe eine Durchschnittsreaktionszeit von 301,9, bei der Zweiten von 307,3 und bei der Dritten von 307,7 Millisekunden hatte. Das zeigt, dass die Messungen bei konstanten Bedingungen sehr zuverlässig sind und vorhandene Unterschiede nicht durch die Messung selbst verursacht werden.

Durch die Methode eines Vorher-Nachher-Tests sind Einflussfaktoren wie zum Beispiel die Verlangsamung der Aufnahme von Reizen im Alter ausgeschlossen. Das wird durch die Gegenüberstellung von relativen Werten erreicht. Für den Vergleich verwendet man eine Differenz zwischen den Werten vor und nach Kaffeegenuss.

Für die Auswertung wurde der Mittelwert M benutzt. Diesen berechnet man aus den einzelnen Messwerten x wie folgt [19]:

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_i$$

Da einzelne Werte mitunter sehr streuen, können mit dem Mittelwert die einzelnen Messreihen besser verglichen werden.

Um die Konstanz von Messwerten einer Messreihe einschätzen zu können, berechnet man die Standardabweichung S . Diese gibt die Streuung um den Mittelwert an. Man berechnet die Standardabweichung wie folgt [20]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=0}^{n-1} (x_i - M)^2}$$

In der Arbeit wurde die Standardabweichung verwendet, um die Konzentrationsfähigkeit der Probanden während der Messreihen zu untersuchen.

6. Reaktionstest

6.1. Versuchsobjekte, Geräte

Gruppe	Alter	Koffeinkonsum	Probandenanzahl
I	30–45	regelmäßig	7
II	30–45	nicht regelmäßig	3
III	13–17	regelmäßig	4
IV	13–17	nicht regelmäßig	7

Alle Probanden waren weder schwanger noch Raucher.

Als Messgeräte wurde jeweils das Computerprogramm ohne externe Zeitmessbox und das Computerprogramm mit externer Zeitmessbox vor und nach dem Kaffeegenuss verwendet.

6.2. Durchführung

Folgender Ablauf wurde vom Probanden bei jedem Test eingehalten:

1. Durchführung eines Reaktionszeittests mit 30 optischen Signalen mit der externen Zeitmessbox und dem Computerprogramm,
2. Ausfüllen des Fragebogens,
3. Trinken von etwa 200 ml Kaffee (entspricht ungefähr 175 mg Koffein),

4. 30 Minuten Pause,
5. Durchführung eines Reaktionszeittests mit 30 optischen Signalen mit der externen Zeitmessbox und dem Computerprogramm.

6.3. Ergebnisse

Nach Gruppen unterteilt wurden folgende Ergebnisse beobachtet:

Gruppe 1: Die regelmäßigen Kaffeetrinker der Altersgruppe 30-45 Jahre erzielten nach Kaffeegenuss im Allgemeinen eine Reaktionszeitverkürzung. Auch die durchschnittliche Streuung verringerte sich, so dass von einer Konzentrationssteigerung ausgegangen werden kann.

Gruppe 2: Bei nicht regelmäßigen Kaffeetrinkern bzw. Kaffeeabstinenten der Altersgruppe 30-45 Jahre erhöhte sich die durchschnittliche Reaktionszeit nach Kaffeegenuss geringfügig. Besonders deutlich ist dies bei der Messung mit dem Computerprogramm zu erkennen. Die Streuung hat in sehr geringem Maße abgenommen, was man aber vernachlässigen kann.

Gruppe 3: Auch bei den jugendlichen regelmäßigen Kaffeetrinkern konnte eine Verkürzung der durchschnittlichen Reaktionszeit nach Kaffeegenuss beobachtet werden, jedoch ist die Steigerung kleiner als in Gruppe der älteren Kaffeetrinker. Die Werte streuen mehr, so dass von einer Verschlechterung der Konzentrationsfähigkeit ausgegangen werden muss.

Gruppe 4: Jugendliche, die nicht regelmäßig Kaffee trinken, zeigten fast keine Beeinflussung durch Kaffeegenuss in Bezug auf die Reaktionsgeschwindigkeit. Die Streuung erhöhte sich auch in dieser Gruppe etwas, die Konzentration nahm ein bisschen ab.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass regelmäßige Kaffeetrinker nach Kaffeegenuss eine Reaktionsgeschwindigkeitsteigerung erzielen konnten, jedoch Personen, die unregelmäßig oder nie Kaffee trinken, eher zu einer Verlangsamung neigen. Das Alter spielte bei den regelmäßigen Kaffeetrinkern geringfügig eine Rolle. Bei den nicht regelmäßigen Kaffeetrinkern kann man bei der Messung mit der Zeitmessbox einen größeren Unterschied feststellen.

Alle beschriebenen Ergebnisse werden in den Abbildungen 6 und 7 auf der nächsten Seite verdeutlicht.

Im Anhang ab Seite 17 sind alle Ergebnisse in einer Tabelle noch einmal zusammengefasst.

6.4. Ergebnisdiskussion

Trotz einer geringen Probandenanzahl führten die Testreihen zu deutlichen Ergebnissen. Dies spricht für die Empfindlichkeit und die Eignung der Testmethode für die Bestimmung des Koffeineinflusses auf der Reaktionsgeschwindigkeit.

Änderung des Mittelwertes

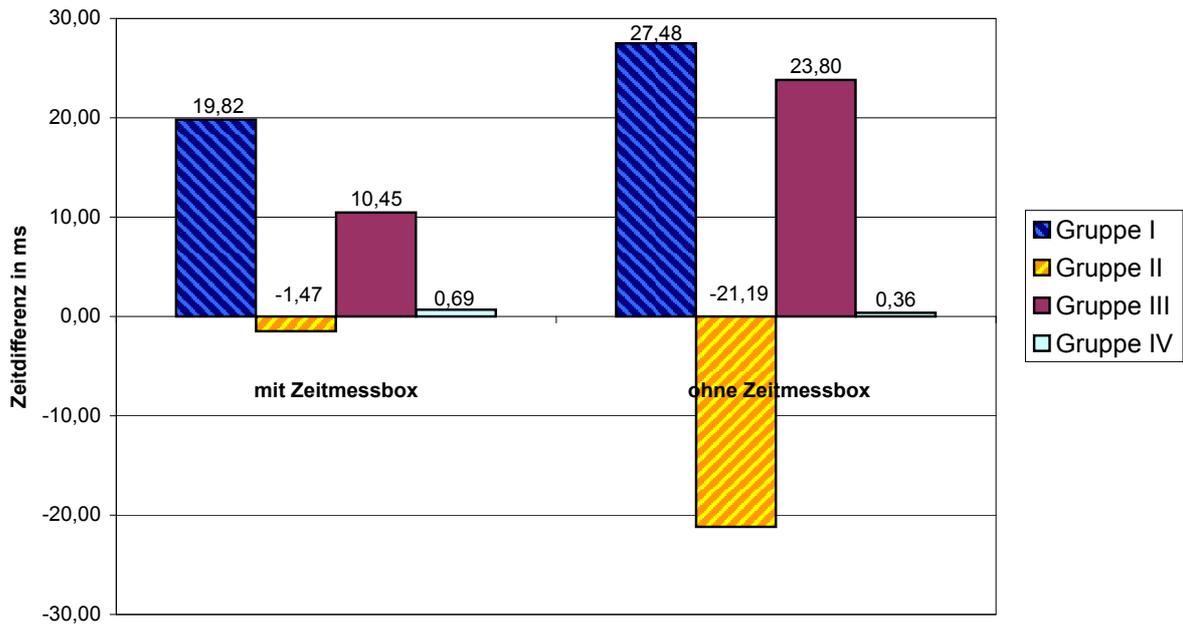


Abbildung 6: Diagramm von den erhaltenen Messergebnissen: Mittelwerte

Änderung der Streuung

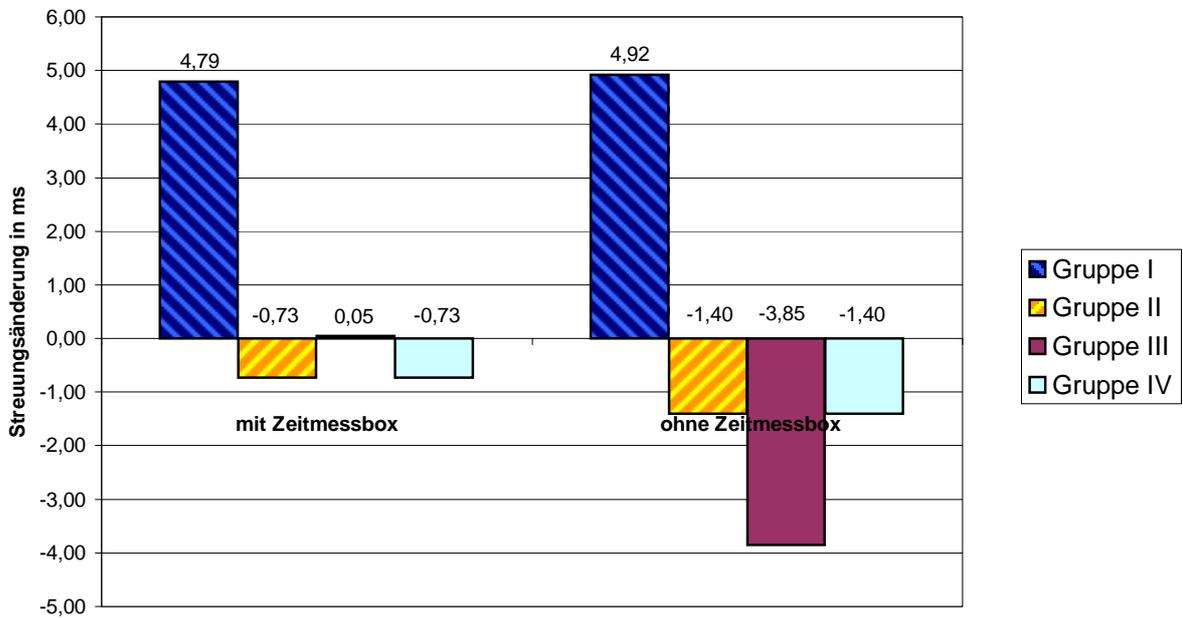


Abbildung 7: Diagramm von den erhaltenen Messergebnissen: Streuungen

Verbesserungswürdig sind die Umgebungsbedingungen. So würde ein separater Raum, in dem die Testperson allein sitzt und keine ablenkenden Gegenstände enthalten sind, den Test verbessern.

Da der Koffeinabbau im menschlichen Körper individuell verschieden sein kann, ist zu vermuten, dass bei einigen Probanden Ungenauigkeiten auftraten, da die Messungen nach festem Zeitabstand, aber nicht zum Wirkhöhepunkt, durchgeführt wurden. Außerdem kann der Proband schon bei den ersten Messreihen unter Koffeineinfluss gestanden haben, wenn die Zeit ohne Kaffee vorher nicht lang genug war.

Der große Unterschied zwischen der Koffeinwirkung auf die Reaktionsgeschwindigkeit bei koffeinabhängigen und -unabhängigen Probanden kann an der Adenosinrezeptorbelegung liegen. Bei Abhängigen sind mehr Adenosinrezeptoren gebildet worden, so konnten mehr Koffeinmoleküle andocken und mehr Transmitter ausgeschüttet werden. Bei nicht regelmäßigen Kaffeetrinkern sind nicht so viele Rezeptoren vorhanden, deshalb ist diese Wirkung nicht vorhanden. Auch vertragen die meisten Nichtabhängigen keinen Kaffee und damit könnten andere Nebenwirkungen wie größere Unkonzentriertheit oder Aufnahmestörungen eingetreten sein, welche nicht untersucht wurden.

Die Angaben der Müdigkeit zeigen keinen Zusammenhang zu der Reaktionsgeschwindigkeitsänderung. Die subjektive Einschätzung der Müdigkeit der Person ist sehr ungenau. So kann jemand, der sich ausgeschlafen fühlt, in Wirklichkeit ein dauerhaftes Schlafdefizit haben. Andere sagen, sie wären leicht müde, sind aber eigentlich ausgeruhter als die Person mit einem Schlafdefizit.

Die Auswertung der Standardabweichung zeigte keine deutlichen Unterschiede für die einzelnen Untersuchungsparameter Alter und Kaffeegewöhnung. Deutliche Unterschiede im Konzentrationsvermögen waren damit nicht feststellbar.

Ohne Zeitmessbox ist die Streuung fast immer größer, was mit großer Wahrscheinlichkeit den Einfluss des Betriebssystems zeigt. Allerdings scheint diese größere Variabilität die Aussagen des Tests nicht zu überdecken.

Die Messreihen ohne Zeitmessbox aber mit dem ortsveränderlichen Reiz zeigen dagegen bei den beiden Gruppen der regelmäßigen Kaffeetrinker deutlichere Unterschiede nach Kaffeingenuss.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass sich das Messverfahren insgesamt sehr gut zum Nachweis der Koffeinwirkung eignet. Wobei der etwas schwierigere bildschirmorientierte Ablauf trotz der größeren messsystembedingten Streuung etwas deutlicher ausfällt.

7. Zusammenfassung/Ausblick

In der Facharbeit wurde ein Messverfahren zum Test des Einflusses von Koffein auf die Reaktionsgeschwindigkeit entwickelt. Das Verfahren hat trotz der relativ geringen Probandenzahl seine Tauglichkeit bewiesen.

Es wurde zwischen regelmäßigen Kaffeekonsumenten und nicht regelmäßigen Kaffeekonsumenten unterschieden. Die Untersuchungsergebnisse junger (13-17 Jahre) und älterer (30-45 Jahre) Probanden wurde verglichen, um einen Alterseinfluss zu untersuchen.

Im Ergebnis zeigte sich, dass Koffein bei nicht Koffeingewöhnten zu keiner Steigerung des Reaktionsvermögens führt und bei den Älteren eher zu einer Verlangsamung der Reaktionsgeschwindigkeit führt. Bei regelmäßigen Koffeinkonsumenten konnte hingegen eine deutliche Erhöhung auf die Reaktionsgeschwindigkeit festgestellt werden. Bei älteren Probanden war der Unterschied prägnanter als bei den jüngeren Versuchspersonen.

Eine Abhängigkeit vom Alter wurde nicht deutlich. Es wurde lediglich die Veränderung der Reaktionsgeschwindigkeit nach Kaffeegenuss gegenüber der vor Kaffeegenuss betrachtet. Deshalb spielen altersabhängigen Einflussgrößen, wie zum Beispiel die Abnahme der Seh- und Reaktionsgeschwindigkeit, keine Rolle.

Den entwickelten Test könnte man zum Nachweis der Wirkungen anderer Drogen, wie zum Beispiel Alkohol, auf das Zentralnervensystem verwenden. Weiterhin wären Untersuchungen der Wirkung von Koffein bei Menschen mit unterschiedlichen Krankheiten mit Hilfe des Reaktionstestes machbar. Als weiterführende Untersuchung von Koffein könnte man auch in einem anderen Test probieren, die Durchblutungsverbesserung zu untersuchen, die zweifellos neben der Besetzung der Adenosinrezeptoren einen Einfluss auf das kognitive Leistungsvermögen hat.

A. Fragebogen

Nummer:

Alter:

Trinken Sie regelmäßig Kaffee oder Tee(grünen oder schwarzen)?

Ja

Nein

Wenn ja wie oft und wie viel?

.....

Wann haben Sie das letzte mal etwas koffeinhaltiges zu sich genommen?

Vor weniger als 1 Stunde

Vor 1-5 Stunden

Vor 6-12 Stunden

Vor mehr als 12 Stunden

.....

Wie müde fühlen Sie sich?

Ich bin ausgeschlafen und top fit

Ich bin leicht müde

Ich bin sehr Müde

Ich bin kurz vor dem einschlafen

.....

Sind Sie Raucher?

Ja

Nein

Sind Sie schwanger?

Ja

Nein

Abbildung 8: Musterfragebogen

B. Messreihen

Gruppe I

Probanden nummer	ΔM mit		ΔM ohne		ΔS mit		ΔS ohne		letzte Koffeinnahme vor	Müdigkeit vorher
	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox		
1	31,65	62,42	12,14	20,43	mehr als 12 h	leicht müde				
2	29,57	29,65	9,21	-5,50	mehr als 12 h	leicht müde				
3	-1,36	29,11	-3,73	10,87	mehr als 12 h	leicht müde				
4	-1,32	5,00	-0,54	10,73	mehr als 12 h	ausgeschlafen und top fit				
5	52,14	58,71	9,93	15,39	mehr als 12 h	leicht müde				
6		25,74		-12,31	6-12 h	leicht müde				
7	8,25	-18,27	1,74	-5,15	mehr als 12 h	leicht müde				
Mittelwert	19,82	27,48	4,79	4,92						

Gruppe II

Probanden nummer	ΔM mit		ΔM ohne		ΔS mit		ΔS ohne		letzte Koffeinnahme vor	Müdigkeit vorher
	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox	Zeitmessbox		
8	-5,61	-11,71	-3,67	-3,67	mehr als 12 h	leicht müde				
9	0,32	-35,71	-2,70	-15,56	mehr als 12 h	leicht müde				
10	5,00	-16,14	1,98	-2,42	mehr als 12 h	leicht müde				
Mittelwert	-1,47	-21,19	-2,01	-7,21						

Gruppe III

Probanden nummer	ΔM mit Zeitmessbox	ΔM ohne Zeitmessbox	ΔS mit Zeitmessbox	ΔS ohne Zeitmessbox	letzte Koffeinnahme vor	Müdigkeit vorher
18	4,14	19,80	-14,60	-1,98	6-12 h	leicht müde
19	17,54	41,01	-11,42	-3,30	6-12 h	leicht müde
20	1,46	21,92	21,92	1,46	mehr als 12 h	leicht müde
21	18,67	12,46	4,28	-11,60	mehr als 12 h	sehr müde
Mittelwert	10,45	23,80	0,05	-3,85		

Gruppe IV

Probanden nummer	ΔM mit Zeitmessbox	ΔM ohne Zeitmessbox	ΔS mit Zeitmessbox	ΔS ohne Zeitmessbox	letzte Koffeinnahme vor	Müdigkeit vorher
11	13,56	9,98	5,17	8,30	mehr als 12 h	ausgeschlafen und top fit
12	-19,68	-17,35	-8,18	-8,58	mehr als 12 h	ausgeschlafen und top fit
13	5,85	-0,14	0,44	-0,29	mehr als 12 h	ausgeschlafen und top fit
14	-6,18	1,58	-5,75	-19,69	mehr als 12 h	leicht müde
15	4,00	-2,73	-2,64	8,50	mehr als 12 h	ausgeschlafen und top fit
16	-5,71	5,17	-2,02	7,97	mehr als 12 h	leicht müde
17	18,88	6,00	15,22	-6,04	mehr als 12 h	leicht müde
Mittelwert	0,69	0,36	-0,73	-1,40		

Literatur

- [1] BARCLAY, Laurie: Coffee Consumption May Reduce Risk for Type 2 Diabetes. In: *Diabetes Care* 29 (2007)
- [2] BOXTEL, M.P. van ; SCHMITT, J.A. ; BOSMA, H. ; JOLLES, J.: The effect of habitual caffeine use on cognitive change: a longitudinal perspective. In: *Pharmacol Biochem Behav* 75 (2003)
- [3] DUINEN, H. van ; LORIST, M.M. ; ZIJEDWIND, I.: The effect of caffeine on cognitive task performance and motor fatigue. In: *Psychopharmacology* 180 (2005)
- [4] ELBERT, Thomas ; ROCKSTROH, Brigitte: *Psychopharmakologie - Anwendung und Wirkungsweise von Psychopharmaka und Drogen*. Göttingen : Hogrefe Verlag für Psychologie, 1993
- [5] HEATHERLEY, S.V. ; HANCOCK, K.M. ; ROGERS, P.J.: Psychostimulant and other effects of caffeine in 9- to 11-years-old children. In: *J Child Psychiatry* 47 (2006)
- [6] JOST, Sebastian. *Deutschlands Bierverbrauch*. http://www.welt.de/wams_print/article722162/Deutschlands_Bierverbrauch.html 01.04.2007
- [7] JUDELSON, D.A. ; AMSTRONG, L.E. ; SÖKMEN, B. ; ROTI, M.W. ; CASA, D.J. ; KELLOGG, M.D.: Effect of chronic caffeine intake on choice reaction time, mood and visual vigilance. In: *Physiol Behav* 85 (2005)
- [8] KLINKE, Rainer (Hrsg.) ; SILBERNAGL, Stefan (Hrsg.): *Lehrbuch der Physiologie*. New York, Stuttgart : Georg Thieme Verlag, 2001
- [9] KOURTIDOU-PAPADELI, C. ; PAPADELIS, C. ; LOUIZOS, A.L. ; GUIGA-TZAIMPIRI, O.: Maximum cognitive performance and physiological time trend measurements after caffeine intake. In: *Brain Res Cogn Brain Res* 13 (2002)
- [10] MARCUS, Anke: *Der Effekt von Coffein auf die Autoregulation von retinalen Arteriolen*, Dissertation, 2004
- [11] MERTENS, Sascha. *Molekül des Monats: Coffein*. <http://www.chemieonline.de/campus/mdm/coffein/index1-6.php> 02.01.2007
- [12] MUTSCHLER, Ernst: *Arzneimittelwirkungen*. Stuttgart : Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1996
- [13] NAGEL, Jens: *Der Effekt von Coffein auf die Autoregulation von retinalen Arteriolen; Verhaltensphysiologische und neurochemische Untersuchungen zur Rolle von Adenosin im Nukleus akkumbens der Ratte*, Dissertation, 2003
- [14] NIEBER, Karen ; FELKE, Sandra ; SCHMALZ, Anke: Coffein: Genussmittel und Arzneistoff. In: *Pharmazeutische Zeitung* 152 (2007)
- [15] SCHMIDT, Robert F. ; SCHAIBLE, Hans-Georg (Hrsg.): *Neuro- und Sinnesphysiologie*. Berlin, Heidelberg : Springer, 2001

- [16] WIEDEMANN, S. *Die Welt des Kaffees - das Wissenswerte über ihn.*
<http://www.kaffeeseiten.de/site/kaffeewissen.php> 11.03.2007
- [17] WIKIPEDIA. *Adenosine.* <http://en.wikipedia.org/wiki/adenosine>
19.01.2007
- [18] WIKIPEDIA. *Koffein.* <http://de.wikipedia.org/wiki/koffein> 19.01.2007
- [19] WIKIPEDIA. *Mittelwert.* <http://de.wikipedia.org/wiki/Mittelwert>
19.01.2007
- [20] WIKIPEDIA. *Standardabweichung.*
<http://de.wikipedia.org/wiki/Standardabweichung> 19.01.2007
- [21] WOOD, Shelley: Caffeine May Protect Against CVD Death in Older Subjects Without Hypertension. In: *AM J Clin Nutr* 85 (2007)
- [22] ZILLES, Karl ; REHKÄMPER, Gerd: *Funktionelle Neuroanatomie.* Berlin, Heidelberg : Springer, 1998

Ich versichere, dass ich die vorliegende Facharbeit ohne fremde Hilfe verfasst und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Ilmenau, den 21. Mai 2007

Ich möchte mich bei meinem Vater bedanken, der für mich das Computerprogramm nach meinen Anforderungen entwickelt hat und mich bei der ganzen Arbeit unterstützt hat.

Auch bedanke ich mich bei allen Personen, die sich bereit gestellt hatten die Test durchzuführen, auch wenn sie dafür zuweilen ein kleines Opfer bringen mussten.

Zudem möchte ich mich bei Herrn Ottolinger und Herrn Melzer für die Betreuung bedanken.