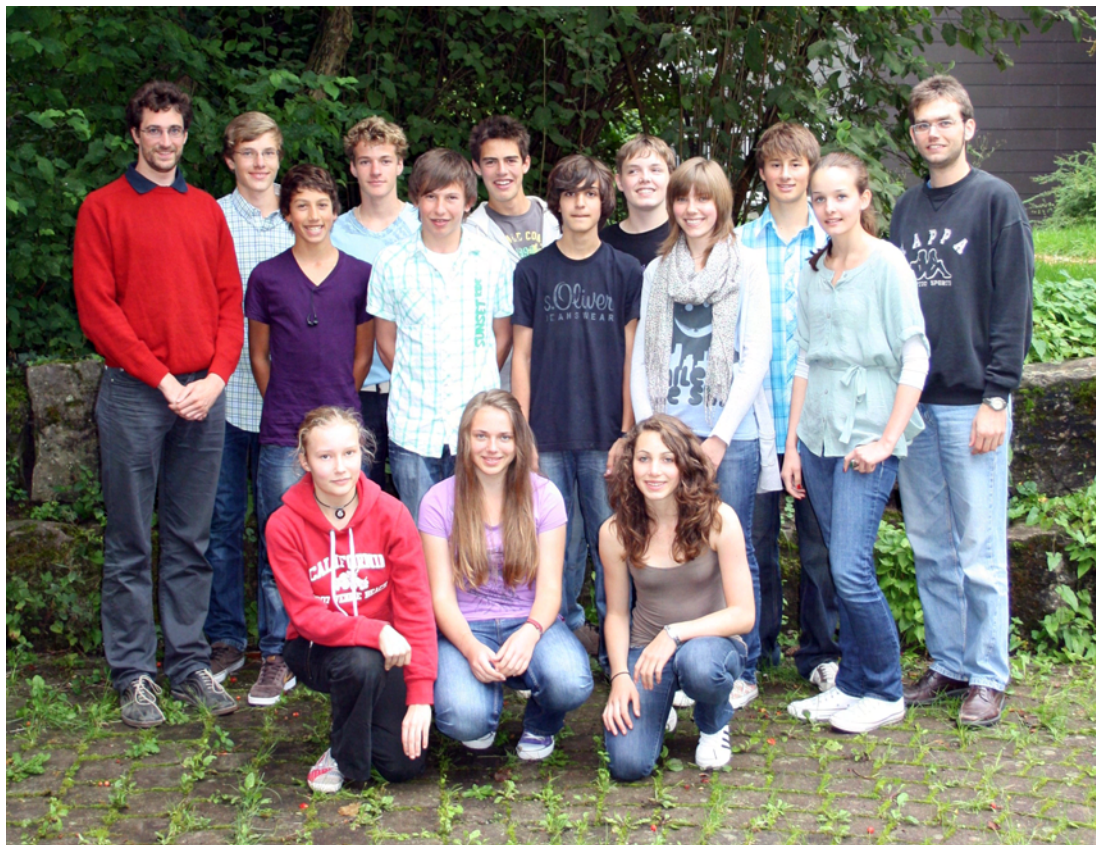


Kurs 2 – Chemie: Koffein – eine legale Droge?



Vorwort

EILEEN TREMMEL

„Ferien“ – ein Begriff, den man mit Sommer, Sonne, Strand und Meer verbindet und weniger mit Städtchen, Eckenberg und Teamarbeit. Dennoch sind wir uns sicher, dass keiner der Teilnehmer seine Erfahrungen hier, in Adelsheim, gegen einen Sonnenbrand auf der Urlaubsinsel hätte tauschen wollen.

Zwölf Teilnehmer, sich einander völlig fremd, fanden sich zusammen, um gemeinsam Neues zu erlernen und gemeinsam Zeit zu verbringen. Schnell wurden aus Fremden Freunde und bald ein eingespieltes Team. Sowohl das Zusammensitzen beim Mittagessen als auch das gegenseitige Helfen im Kursraum oder Labor hat die Gemeinschaft des Chemie Kurses ununterbrochen gestärkt. Aber trotz harter Arbeit

und Erschöpfung am Abend kam der Spaß nie zu kurz. Teepausen und eine Naschecke ließen die Motivation nicht abreißen. Auch für uns Leiter war der Sommer 2010 eine einzigartige Zeit voller Erfahrungen und Spaß.

Einleitung

JULIA BÖRNER

„Sie nennen dich im Fernseh’n liebevoll die Krönung – für mich bist du viel mehr: Dein Koffein ist die totale Dröhnung“ heißt es im Songtext „Meine heiße Liebe“ von den Wise Guys, welchen sie dem morgendlichen Kaffee widmen. „Die totale Dröhnung“ – das klingt eher nach einer Droge als einer Tasse Kaffee. Jedoch muss man zugeben, dass Kaffee wach macht und man sich nach einem kräftigen Schluck schon viel leistungsfähiger fühlt. Doch warum ist das so?



Anfangs skeptische Blicke hellten sich sehr schnell auf.

Warum macht Kaffee wach? Und was genau hat das Koffein damit zu tun? Könnte also der Morgenkaffee einfach durch ein paar Milligramm Koffein ersetzt werden und so die teure Kaffeemaschine gespart werden? Sicher eine verlockende Idee.

Doch Moment, falls Koffein wirklich wie eine Droge wirkt, hat das doch sicher auch negative Auswirkungen auf den Körper. Was passiert bei einer Überdosis? Kann Kaffee abhängig machen oder entwickelt der Körper eine Unempfindlichkeit gegenüber Koffein? Und was genau macht das Koffein eigentlich mit unserem Körper? Ist Koffein gefährlich oder sogar tödlich? Und ist Koffein nun eine Droge oder nicht? Und wenn ja, ist sie dann legal?



Gruppenarbeit bestimmte die Kursarbeit.

Um dies alles herauszufinden, haben wir nicht nur Bücher gewälzt und das Internet durch-

sucht, sondern einen ganz praktischen Versuch am menschlichen Körper durchgeführt. Unsere beiden Kursleiter, Thomas, der Viel-Kaffee-Trinker und Felix, der Kaffee-Abstinenzler, stellten sich zur Verfügung. Nun lag es an uns die Experimente zu planen und durchzuführen. Doch welche Dosis sollten wir den Beiden verabreichen? Wie sollten die Effekte gemessen werden? Was genau wollen wir eigentlich testen? Und ist es überhaupt ethisch und rechtlich vertretbar, Experimente an Kursleitern durchzuführen?

Des Weiteren mussten wir uns erst einmal die nötigen Grundlagen verschaffen: In welchen Naturprodukten kommt Koffein eigentlich vor? Wie viel können wir daraus gewinnen und vor allem wie? Gibt es ähnliche Stoffe wie Koffein und wenn ja, wie wirken diese und wodurch unterscheiden sie sich? Fragen über Fragen, keine Antworten in Sicht und Kursleiter, denen alles egal ist (siehe Informationskasten) – so präsentierte sich uns der Kurs Chemie zu Beginn. Doch genau mit dieser Einstellung (und einem Berg voller Süßigkeiten) sind wir da angekommen, wo wir heute stehen: Am Ende unserer Studie mit haufenweise Ergebnissen, die Antworten auf unsere Fragen liefern.

Wie *genau* wir ans Ziel gelangt sind und welche Hindernisse wir auf unserem Weg sonst noch überwinden mussten, erfahrt ihr auf den folgenden Seiten.

Egal

Unser berühmtester und meist gebrauchter Ausspruch im Chemiekurs war ganz klar und ohne Konkurrenz der Satz: „Is’ mir doch egal!“ Er wurde gerne von unseren zwei Kursleitern Felix und Thomas gebraucht, wenn wir sie etwas fragten. Dies diente allerdings immer dazu, uns zum selbständigen Lösen der Probleme aufzufordern, was meistens auch klappte. Falls wir unsere Probleme dann doch einmal nicht gelöst bekamen, gelang es uns dann schließlich doch den beiden eine vernünftige Antwort zu entlocken.



Ab und zu musste das Wissen einfach geballt vermittelt werden.

Der Chemiekurs

JAN FAUSER, MAXIMILIAN BAUR

Carmen Mandel

Carmen ist eine lebensfrohe, interessante Persönlichkeit. Sie behält immer eine positive Ausstrahlung bei und bringt somit alle zum Lachen (oder Lächeln). Wenn sie ernst ist, hat sie immer ein offenes Ohr für Probleme und ist äußerst hilfsbereit.

Julia Börner

Julia ist eine eher zurückhaltende und ruhige Person, die aber dennoch mit ihrem liebevollen Wesen alle in ihren Bann zieht. Sie arbeitet sehr gründlich und hat ein Händchen für Zeitmanagement. Außerdem lacht sie immer mit und versucht Maxi Hochdeutsch beizubringen.

Irina Drewezki

Irina war, wenn mal wieder alles drunter und drüber ging, der Ruhepol unseres Kurses. Sie verlor nie ihr Ziel vor Augen. So manche nächtliche Stunde opferte sie dem Wohlergehen unseres Kurses und arbeitete bis in die Nacht hinein an Texten. Man kann sehr gut mit ihr reden und trotz oder gerade wegen ihrer ironischen Art ist sie einfach liebenswert. Auch beim gemeinsamen Lachen und Spaß haben ist sie immer voll dabei.

Johanna Ludwig

Johanna ist eine herzliche Persönlichkeit, die durch ihr Menschenkenntnis alle, innerhalb und außerhalb des Kurses stark beeindruckt hat. Sie liebt Süßigkeiten und stellt oft sinnvolle Fragen, die alle voranbringen. Sie hat oft die Arbeitsstruktur aufrecht erhalten, auch wenn sie das manchmal beinahe überforderte.

Jens Metzger

Jens hat uns im Laufe der Akademie immer wieder beeindruckt. Durch sein wissenschaftliches Denken und seinen Fleiß hat er sehr viel auf die Beine gestellt und im Forum immer den Durchblick behalten. Auch außerhalb von fachlichen Diskussionen war er stets hilfsbereit und freundlich.

Maximilian Baur

Der sehr sympathische Schwabe outete sich schon bald als Macher. Er organisierte nicht nur die Bestellung unserer Chemie T-Shirts und sorgte durch seinen Musikgeschmack für eine ausgeglichene Arbeitsatmosphäre, sondern war auch am Pokerabend das Herz-Ass. Bei der Präsentation hatte er sich auf das Hochdeutsch einigermaßen eingelassen und auch das Armeverschränken unterlassen können.

Philipp Heizmann

Wenn jemand sang oder auf einmal eine komische Zeichnung an der Tafel war, dann war das meistens Philipp, welcher sich selber den Spitznamen „Pombär“ verlieh. Durch seine Kreativität, vor allem durch seine zum Teil eigenwillige Unterhaltung, schaffte er es immer wieder, uns zum Lachen zu bringen und so die Stimmung im Kurs aufzulockern. Auch fachlich gesehen war er immer auf der Höhe und so war er einer der unterhaltsamsten „Chemiker“.

Benjamin Hohloch

Stillschweigend, aber unglaublich schnell und viel arbeitend, wird er meistens vor seinem Computer angetroffen. Wenn er nicht dort war, dann wohl noch am ehesten beim Baseball spielen oder in der Physik-KüA. Doch auch beim Pokern war er Stammgast und konnte uns da-

bei mit seinen Bluffs öfter hinters Licht führen, als uns lieb war. Das einzig negative an seiner Laborarbeit war, dass er durch seine schnelle Arbeitsweise immer vor uns an der Wasserstrahlpumpe war und diese dann auch besetzt hielt.



Der Einsatz von Computern war selbstverständlich.

Tim Röhr

Die Sportskanone der Akademie erstaunte uns immer wieder mit seinen Fähigkeiten in nahezu allen erdenklichen Sportarten. Dabei schlug er zum Beispiel beim Baseball-Spiel gegen das TheoPrax-Team einen *home run* und sicherte dem Chemie-Team so den Sieg. Wenn wir mit ihm im Labor zusammenarbeiteten, konnten wir stets darauf bauen, dass er uns hilfreich zur Hand ging.

Philipp Merkle

Von allen im Kurs einfach nur „Dirk“ genannt, war er sicherlich eine der am besten über das Thema Bescheid wissenden Personen. Nebenbei machte er auch einfach noch viel Theater, sowohl in der gleichnamigen KüA, als auch manchmal in seinem sonstigen Auftreten. Außerdem war er oft beim Volleyballspielen anzutreffen. Seinen Charakter könnte man wohl am ehesten mit den Worten „extrovertiert“ und „einfach nett“ beschreiben, ansonsten ist er aber auch oft sehr lustig und nimmt manchmal auch wirklich kein Blatt vor den Mund, was wir sehr zu schätzen wissen.

Jonathan Dörr

Wenn er erst einmal konzentriert an etwas arbeitet, erkennt niemand, dass er sonst so ein wuseliger, supersportlicher und tänzerisch ziemlich begabter Junge ist. Bei Versuchen wie der Sublimation von Koffein war er einer der wenigen bei uns im Kurs, die ein verwertbares Ergebnis erzielten. Auch auf dem Fußballplatz war er einer der Besten. Das ansonsten einzig Auffällige war, dass er beim Essen als so ziemlich einziger nicht am alltäglichen Chemikertisch saß.

Jan Fauser

Wenn er nicht gerade dabei war Doodle Jump zu spielen, dann war uns Jan immer eine große Hilfe. Vor allem bei den Ergebnissen behielt er stets den Durchblick und ärgert gerne diejenigen, die er mag. Mit guter Laune und lustigen Sprüchen hat er uns während der harten Arbeit ständig zum Lachen gebracht. Außerhalb des Kurses und während den Pausen war er immer dabei Sport zu treiben.

Felix Gut

Ohne seine pharmazeutischen Fachkenntnisse wären wir wohl hin und wieder ziemlich aufgeschmissen gewesen und hätten noch viel länger vor dem Computer gesessen, um zu recherchieren. Nebenbei führte er uns auch noch in die bunte Musikwelt der Wise Guys ein. Wenn er nicht damit beschäftigt war, uns im Kurs zum Arbeiten zu animieren, war er oft beim Baseball und Basketball spielen anzutreffen.

Thomas Zessin

Thomas stand uns jederzeit mit seinem Fachwissen bei allen Fragen und Problemen Rede und Antwort und bewahrte uns so vor größeren Laborkatastrophen. Das einzig Verstörende an seiner Art war, dass Felix und er oft zu fachsimpeln begannen und wir dann nicht mehr ganz folgen konnten. Jedoch gelang es Thomas immer wieder, Ordnung in unsere Köpfe zu bringen.

Halbwertszeit

In der Biopharmazie wird unter Halbwertszeit die Zeit verstanden, die ein Stoff braucht, um im menschlichen Körper zur Hälfte abgebaut zu werden. Bei jedem Stoff gibt es verschiedene Halbwertszeiten. Bei Koffein beträgt diese Zeit fünf bis sechs Stunden^a, demnach ist nach etwa fünf Stunden die Hälfte des Koffeins abgebaut. Nach weiteren fünf Stunden ist noch mal die Hälfte des Koffeins abgebaut, es befinden sich demnach nur noch etwa 25 % der Anfangsdosis Koffein im Körper.

Die Halbwertszeit hängt von der individuellen Fähigkeit des Umbaus und der Ausscheidung eines Stoffes ab. Manche Personen haben daher eine wesentlich größere Halbwertszeit und somit auch eine höhere Konzentrationsspitze nach der Einnahme derselben Menge an Koffein als andere Personen.

^aDeutsches Ärzteblatt, 26. 10. 2006

Eileen Tremmel

Eileen war immer für uns da, zum Beispiel wenn sich Thomas und Felix mal wieder diskutierend ärgerten. Egal ob im Kurs oder außerhalb war sie unsere Ansprechpartnerin, Schwester und beste Freundin zugleich. Obwohl sie sich von den beiden Experten viele Neckereien gefallen lassen musste, hat sie stets die Nerven behalten und uns ermuntert, weiterzumachen – mit Erfolg!

Allgemeines über Koffein

JENS METZGER, TIM RÖHR

Allgemein gilt Koffein als leistungssteigernd, sowohl im Bezug auf geistige wie auch körperliche Leistung. In seiner Wirkungsweise entfaltet Koffein eine Anregung des zentralen Nervensystems, des Herzens und der Lungen, sowie der Skelettmuskeln. Dies hat zur Folge, dass ein gesteigertes Wirkungsbild erscheint. Müdigkeit verschwindet, die Lernfähigkeit und der Bewegungsdrang nehmen zu¹. Es kommt zu einer

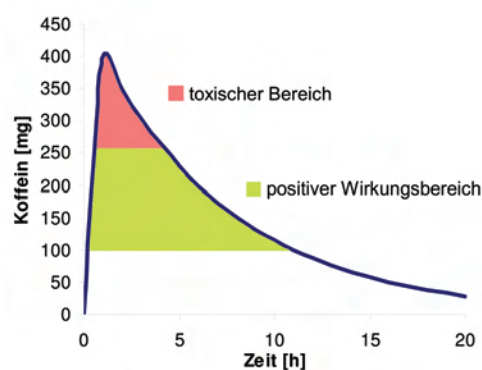
¹O. Adam, W. Forth: Coffein, *Deutsches Ärzteblatt*, 2001, 98 (48), 2816-2818

psychomotorischen Stimulation, die genauso auch bei normaler Zufuhr von Koffein zum Beispiel durch Kaffee oder sonstige Lebensmittel auftritt.

Pharmakokinetik

Allgemein beschreibt die Pharmakokinetik die Gesamtheit aller Prozesse, denen ein Arzneistoff im Körper unterliegt. Dazu gehören die Freisetzung des Stoffes (Liberation), die Aufnahme des Arzneistoffes (Absorption), die Verteilung und Anreicherung im Körper (Distribution), der biochemische Um- und Abbau (Metabolisierung) sowie die Ausscheidung (Elimination).

Im Falle des Koffeins beträgt die Bioverfügbarkeit nahezu 100 %. Diese Angabe beschreibt den prozentualen Anteil, der nach dem Passieren der Leber noch vorhanden ist. Nur fünf Prozent werden unverändert im Urin ausgeschieden, sodass 95 Prozent metabolisiert werden. Die Eliminationshalbwertszeit (siehe Informationskasten) beträgt bei Erwachsenen fünf Stunden, bei Schwangeren zehn Stunden und bei Frühgeborenen sogar 50 Stunden².



Koffeinmenge im Körper über die Zeit.

Im gezeigten Graph wird die Menge des Koffeins im Körper über die Zeit dargestellt bei der Einnahme einer 400 mg Dosis. Im toxischen Bereich ab 250 mg treten Übelkeit, motorische Unruhe und Niedergeschlagenheit auf. Die tödliche Koffeindosis ist bei erwachsenen Menschen

²O. Adam, W. Forth: Coffein, *Deutsches Ärzteblatt*, 2001, 98 (48), 2816-2818

mit fünf bis zehn Gramm erreicht³.

Nach oraler Einnahme von Koffein wird es durch die saure Lösung im Magen, die einen pH-Wert von unter drei hat, durch Protonenaufnahme hydrophil (wasserlöslich) gemacht. Damit es jedoch auch in den Zellen ankommt, muss es seine Ladung verlieren und wieder hydrophob (fettlöslich) werden. Dieser Vorgang geschieht im Darmtrakt. Das Koffein, das so zur Leber gelangt, wird von dieser entweder hydrophob belassen, damit es über den Stuhl ausgeschieden wird, oder wird hydrophil gemacht, um über die Nieren ausgeschieden zu werden, wobei dies beinahe zu 100 % der Fall ist.

Zielsetzung der Studie

CARMEN MANDEL, JONATHAN DÖRR

Am Eröffnungswochenende standen wir vor der Frage, was wir mit unserer Studie überhaupt herausfinden wollten. Wir entschieden uns dafür, vor allem die Auswirkungen von Koffein auf den menschlichen Körper zu beobachten. Mit unseren Tests untersuchten wir Folgendes:

- Macht Koffein konzentrationsfähiger und leistungsfähiger?
- Lässt es in seiner Wirkung im Lauf der Zeit nach; gibt es eine Dauerwirkung?
- Wirkt Koffein unterschiedlich bei Probanden, die daran gewöhnt sind oder nicht?
- Gibt es einen Placebo-Effekt?

Ethikkommission

PHILIPP HEIZMANN

Bevor wir mit Felix und Thomas als Probanden unsere Studie über Koffein beginnen konnten, musste noch eine Ethikkommission überzeugt werden.

Diese Kommission ist eine Gruppe, die aus meist Medizinern und Forschern, aber auch aus Juristen und Theologen besteht. Sie hat die Aufgabe, darüber zu entscheiden, ob eine Studie ethisch und rechtlich vertretbar und damit

durchführbar ist. Sie können sich entweder für eine Zusage oder eine Absage der Forschungsanfrage entscheiden, wobei bei einer Absage meist Punkte aufgeführt sind, die verbessert oder erneuert werden müssen, um von der Kommission eine Forschungszusage erhalten zu können.

Dieser Ethikkommission mussten wir als Forscher eine schriftliche Erklärung darlegen, in der unsere Versuche und unsere Forschungszwecke in allen Einzelheiten beschrieben werden.

Unsere Ethikkommission bestand aus fünf Mitgliedern: Petra, Günther, Georg (alle Naturwissenschaftler), Sebastian und Jochen (beide Laien).

Diese fünf mussten die Studienerklärung unseres Kurses unterschreiben und damit als ethisch und rechtlich vertretbar bestätigen, damit wir diese Studie durchführen können.

Da alle Mitglieder der Kommission unterschrieben hatten, konnten wir nun fast mit unserer Testreihe beginnen.

Informed Consent

PHILIPP HEIZMANN

Durch die Ethikkommission erhielten wir die Bestätigung, dass wir unsere Studie durchführen dürfen. Aber eine Bedingung blieb: Der *informed consent*, der von den Probanden eingeholt werden musste. Der *informed consent* fasst alle Studienziele, Risiken und Versuche zusammen, um den Probanden einen Einblick in die Studie zu geben und eventuelle Fragen zu beseitigen. Bevor ein Proband die Versuche durchlaufen darf, muss dieser das *informed consent* gelesen, verstanden und unterschrieben haben, um mit seiner Einwilligung die Bestätigung der Versuche zu geben, das heißt, dass der Proband seine Einwilligung zu sämtlichen Punkten der Studie gibt. Erst wenn der Proband unterzeichnet hat, kann die Studie beginnen.

³O. Adam, W. Forth: Coffein, *Deutsches Ärzteblatt*, 2001, 98 (48), 2816-2818

Studienbeschreibung

JULIA BÖRNER, CARMEN MANDEL,
JAN FAUSER, JONATHAN DÖRR,
MAXIMILIAN BAUR, JOHANNA LUDWIG,
IRINA DREWEZKI

Unsere Studie entspricht einer Fallstudie. Im Design orientierten wir uns am Modell der Randomisierten Kontrollierten Studie (Randomised Controlled Trial, RCT). Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Verblindung. Wir entschieden uns für eine doppelte Verblindung, das heißt, dass weder die Probanden, noch die Versuchsleiter wussten, ob die Probanden Koffein oder Placebo erhalten haben. Unser Placebo bestand aus Saccharose (Puderzucker) und unser Verum aus 600 mg Koffein. Beides wurde in Hartgelatine kapseln verabreicht. Die Kapseln geschmacksneutral sind, konnten unsere Probanden keinen Unterschied zwischen Placebo und dem äußerst bitteren Koffein schmecken.

Verum und Placebo

Als Verum wird in klinischen Versuchen das wirkstoffhaltige Medikament bezeichnet. Es bildet das Gegenstück zum Placebo. Ein Placebo ist ein Arzneimittel ohne oder mit ungenügend dosiertem pharmakologischem Wirkstoff. Häufig tritt bei einem Patienten eine Wirkung ein, die durch die Erwartung einer Wirkung verursacht wird. Diese Placebos dienen als Vergleichsbasis zur signifikanten (aussagekräftigen) Auswertung von Studien oder zur unterstützenden Therapie von unheilbaren Patienten.

Anmerkung: Placebos reichen von zuckergefüllten Kapseln und Spritzen bis hin zu Scheinoperationen.

Um die Auswirkungen des Koffeins auf den Körper zu testen, haben wir folgende Versuche zusammengestellt:

Reaktionstest

Der Reaktionstest wird am Computer durchgeführt. Bei diesem Test wird die Wirkung des Koffeins auf das Reaktionsvermögen untersucht. Dabei wird die Leertaste gedrückt

gehalten und beim Erscheinen eines einzelnen gelben Kreises die Eingabetaste bestätigt. Hierbei werden die motorische Zeit, die Entscheidungszeit und die Gesamtreaktionszeit gemessen. Die Entscheidungszeit beschreibt die Zeit, die der Proband benötigt, um den gelben Kreis zu erkennen und seine Hand von der Leertaste zu nehmen. Die motorische Zeit beschreibt, wie lange der Proband braucht, um mit seiner Hand von der Leertaste bis zur Entertaste zu kommen und diese zu drücken. Die Reaktionszeit, ist die Gesamtzeit der Reaktion, d. h. motorische Zeit und Entscheidungszeit zusammen. Dieser Test wird mit dem Programm „MPU easy 1.4-2009“ durchgeführt⁴.

Verblindung

Die Verblindung verhindert in Forschungsprojekten (z. B. Studien) die Verfälschung von Daten der Probanden (Testpersonen) oder der Studienleiter und Helfer durch Erwartungswerte. Die einfache Verblindung, bei der die Probanden im Ungewissen sind, ob sie der Test- oder Kontrollgruppe angehören, soll einen Einfluss durch den Placeboeffekt verhindern. In der doppelten Verblindung werden auch die Messenden im Ungewissen belassen. Dies soll verhindern, dass ein Erwartungswert auf die Probanden übertragen wird. Bei der dreifachen Verblindung wissen auch die Auswertenden nicht, wer in der Test- und wer in der Kontrollgruppe ist, um auch hier eine Beeinflussung zu verhindern. Meistens weiß in einer Studie nur der Monitor, welche Gruppe einen Wirkstoff bekommen hat und welche nicht. Der Monitor überwacht, randomisiert, verblindet und entblindet die Studie.

Gedächtnistest

Der Gedächtnistest wird am Computer durchgeführt. Bei ihm soll die Konzentrationsfähigkeit gemessen werden. Hintereinander werden zehn Farbfelder verschiedener Farben (rot, blau,

⁴Download: http://download.chip.eu/de/MPU_easy_1.4, Lizenz: freie Demo-Version, Download am 1. August 2010

grün oder gelb) eingeblendet und die Probanden sollen sich diese in der richtigen Reihenfolge merken. Sobald die zehn Farbfelder in einer bestimmten Reihenfolge angezeigt werden, erscheint ein neues Fenster mit vier Farbkнопfen (rot, blau, gelb, grün), die die Probanden nun in der richtigen Reihenfolge anklicken müssen. Es wird die Anzahl der richtigen Eingaben (maximal zehn) gezählt, beim ersten Fehlversuch wird die Zählung gestoppt.

Randomisierte kontrollierte Studie

Eine randomisierte, kontrollierte Studie wird allgemein als das beste Studiendesign beschrieben, da es zu einem aussagekräftigen Ergebnis führt. Dabei steht randomisiert (engl. random: zufällig/wahllos) für die zufällige Einteilung der Probanden in Kontroll- und Testgruppen, um für eine ausgeglichene Verteilung von bekannten/unbekannten Einflussfaktoren (Krankheit, Umfeld, ...) zu sorgen. Kontrolliert steht für einen Vergleich zwischen Test- und Kontrollgruppen, der erst ein aussagekräftiges Ergebnis erlaubt. Die Kontrollgruppe nimmt Placebo oder einen anderen Wirkstoff ein, z. B. als Vergleich von dem besten auf dem Markt erhältlichen Wirkstoff zu dem zu untersuchenden Wirkstoff. Die randomisierte kontrollierte Studie wird in der Regel verblindet (siehe entsprechender Informationskasten).

Schreibtest

Der Schreibtest findet ebenfalls am Computer statt. Am oberen Rand des Bildschirms befindet sich eine Zeile durch die ein Buchstabenalat läuft. Die Probanden müssen diesen abtippen. Dabei werden die Anschläge pro Minute und die Rechtschreibfehler innerhalb von zwei Minuten gemessen. Dieser Test wird mit dem Computerprogramm „Tipp 10“ durchgeführt, dies ist ein 10-Finger Lernsystem⁵.

⁵Download: <http://www.tipp10.de>, Lizenz: GNU GENERAL PUBLIC LICENSE Version 2, June 1991

Blutdruck- und Pulsmessung

Der Blutdruck und der Puls werden mithilfe eines Oberarmmessgeräts und eines Handgelenkmessgeräts ermittelt. Dabei werden die systolischen, die diastolischen und die Pulswerte notiert (siehe Informationskasten). Beide Geräte messen oszillometrisch (siehe Informationskasten). Zu Beginn der Studie sollte das Gerät mit der niedrigsten Standardabweichung ausgewählt werden. Wie sich jedoch herausstellte, war es von Vorteil beide Geräte zu verwenden, da so mögliche Messfehler des einen Geräts durch die Messung des anderen Geräts ausgeschlossen werden konnten.



Befüllung der Hartgelatinekapselfn.

Beide Messungen werden im Sitzen vorgenommen und es sollten fünf bis zehn Minuten Ruhepause davor eingehalten werden. Vor der Messung soll man sich körperlich nicht verausgaben und jeden Tag ungefähr die gleiche Menge trinken.

Systole und Diastole

Der Herzschlag wird in verschiedene Phasen unterteilt, nämlich in Entspannungsphase, Füllungsphase, Anspannungsphase und Auswurfphase. Die Systole bildet die Anspannungs- und Auswurfphase, die auch als Kontraktion der Herzkammer bezeichnet wird. Die Diastole beinhaltet die Entspannungs- und Füllungsphase, und wird auch als Erschlaffung des Herzmuskels bezeichnet.



Der Reaktionstest wird vorbereitet.

Fragebogen

Den Fragebogen müssen die Probanden selbstständig ausfüllen, wobei sie psychische und physische Veränderungen festhalten. So wurde zum Beispiel auf geistiger Ebene nach einer gesteigerten Konzentrationsfähigkeit und auf körperlicher Ebene nach Übelkeit oder Schweißausbrüchen gefragt.

Nullwert

Der Nullwert ist der Wert, den eine Person oder eine Gruppe hat, ohne irgendeinen Stoff (ob Placebo oder Wirkstoff) eingenommen zu haben. Er wird als Vergleichswert für Studien bestimmt, um zu beweisen, ob ein Stoff wirkt oder eventuell Placebowirkungen erscheinen lässt.

Zu Beginn wurde ein Anamnesebogen ausgefüllt, in dem die Probanden Informationen über sich preisgaben, sodass wir zum Beispiel Details über Größe, Gewicht oder Krankheiten erfuhren. Dies war notwendig, um Fehldeutungen durch andere Ergebnisse zu vermeiden und diese nicht auf Koffein zurückzuführen.

Oszillometrische Messmethode

Messmethode von Blutdruckmessgeräten: Die Druckschwankungen der Pulswelle (Oszillation) werden von dem Druckwandler des Gerätes registriert und in Blutdruckmesswerte umgewandelt. Durch diese Messmethode wird Diastole und Systole gemessen.

Durchführung der Studie

IRINA DREWEZKI, JULIA BÖRNER

Bevor wir mit unserer Studiendurchführung begannen, führten wir eine Nullwertmessung durch, einen Vergleichswert für die weiteren Messungen. Anschließend waren vier Studientage eingeplant, welche alle nach demselben Schema verlaufen sollten:



Durchführung einer Blutdruckmessung.

Jeden Tag begannen wir mit den Durchführung der genannten Versuche um 9:30 Uhr. Nach der ersten und vierten Messung wurde ein Fragebogen ausgefüllt. Die Messungen wurden in der ersten Stunde im 20-Minuten Takt durchgeführt, nach dem zweiten Fragebogen haben wir nur noch in einem 30-Minuten Takt weitergemacht. Nach dem Mittagessen wurde im Stundentakt gemessen.

Messtage	Besonderheiten
Nullwerttag	Normaler Tagesablauf
Tag 1	Entfernung des Gedächtnistests wegen zu hoher Standardabweichung (siehe Informationskasten)
Tag 2	Felix musste Aussetzen wegen zu starken Nebenwirkungen
Tag 3	Normaler Tagesablauf
Tag 4	Ende der Studie für Thomas
Tag 5	Auflösung der Verblindung für Thomas; Ende der Studie für Felix
Tag 6	Auflösung der Verblindung für Felix; zweite Nullwertmessung

Ergebnisse der Studie

PHILIPP MERKLE, JAN FAUSER,
JONATHAN DÖRR, CARMEN MANDEL,
BENJAMIN HOHLOCH

Reaktionstest

Das Diagramm von Felix, in dem die beiden Nullwerte, der zweite Studientag und der dritte Studientag verglichen werden, zeigt, dass die beiden Studientage zwar beide unter denen des ersten Nullwerttages liegen, aber dass der zweite Nullwert nochmal ein ganzes Stück unter den anderen drei Werten liegt. Die von uns verabreichte Koffeindosis wirkte sich nicht signifikant auf die Reaktionszeit aus. Also müssen wir hier auf eine Gewöhnung schließen.

Standardabweichung

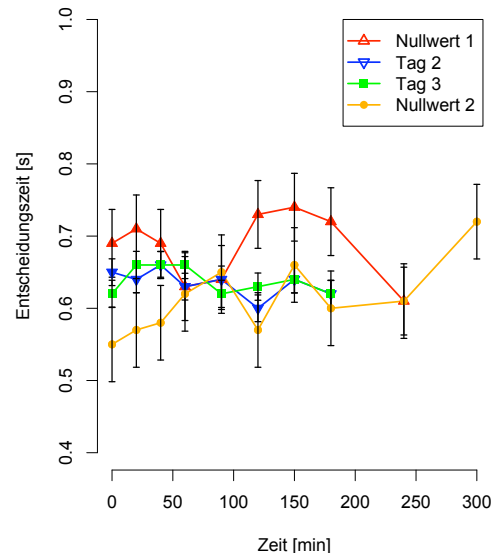
Der Bereich, in dem 66-67 % aller gemessenen Werte liegen. Die Standardabweichung dient einer signifikanten (aussagekräftigen) Auswertung. Zwei Werte sind erst dann unterschiedlich – und nicht durch Zufall zu erklären –, wenn sich deren Standardabweichungen in einem Diagramm nicht überschneiden.

Aus den Beobachtungen und den Fragebögen haben wir weitere Schlüsse gezogen. Felix musste sich einen Tag Pause gönnen. Das Koffein



Flussdiagramm unserer Studie.

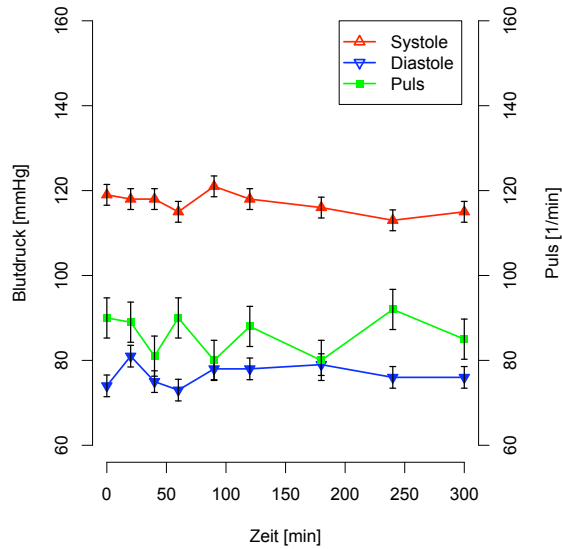
hat ihm zugesetzt und er musste sich von der hohen Dosis erholen. Danach setzte er die Studie mit einer geringeren Dosis fort. Außerdem konnte man bei beiden eine gewisse Nervosität beobachten. Ebenfalls einen starken Bewegungsdrang und Ungeduld.



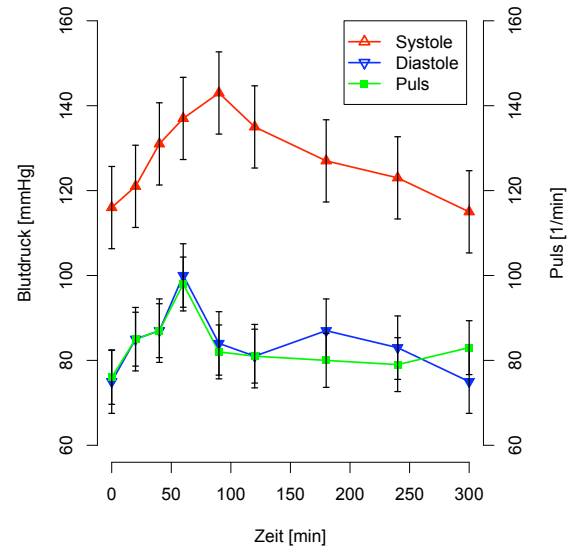
Reaktionstest, Felix.

Blutdruck

Beide Diagramme zeigen, dass sich Koffein auf den Blutdruck deutlich auswirkt. Der Nullwert hat eine geringe Standardabweichung und die Werte liegen nah beieinander. Das zweite Diagramm zeigt einen Tag an dem Thomas un-



Blutdruck und Puls, Thomas, Nullwert.



Blutdruck und Puls, Thomas, Tag 3, mit Koffein.

ter Koffeineinfluss stand. Systole, Diastole und Puls steigen vor allem in den ersten Stunden an. Danach normalisieren sich die Werte langsam wieder. Daraus schlossen wir, dass Koffein das Herz stimuliert und somit Blutdruck und Puls ansteigen lässt.

Bei Thomas war das Ergebnis etwas anders. Man sieht wie beide Nullwerte unter dem ersten Studientag mit Koffein und unter denen des Placebo-Tags liegen. Daraus ergibt sich wiederum, dass Koffein einen Placebo-Effekt hervorruft.

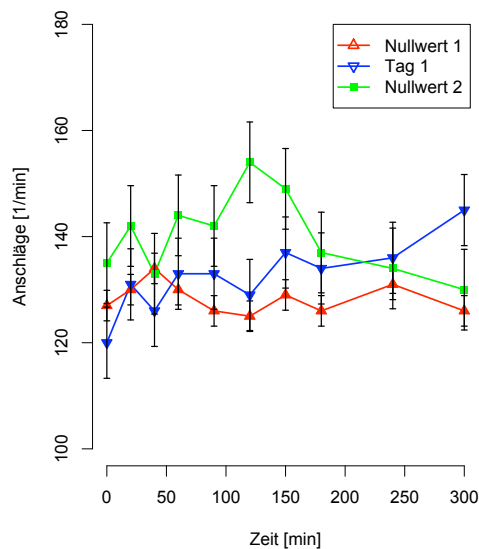
Schreibtest

Bei Felix lag der Graph der zweiten Nullwertmessung um einiges höher als der des ersten Nullwerts und des ersten Studientages. Daraus ergibt sich, dass Felix sich an den Test gewöhnt hatte.

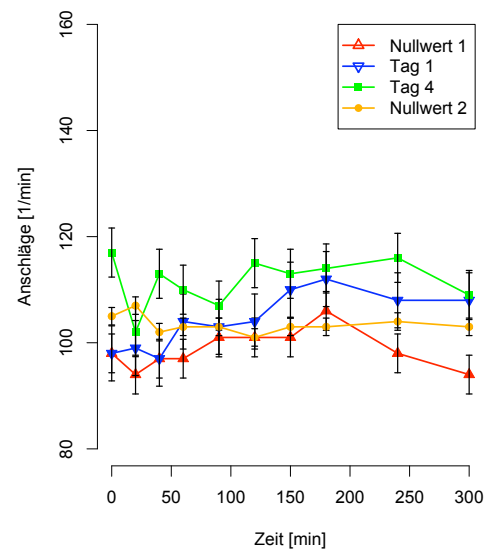
Fazit

Insgesamt konnten wir folgende Schlüsse ziehen:

- Koffein kann eine leistungssteigernde Wirkung haben. Dies kann an dem Diagramm von Thomas Schreibtest beobachtet werden.



Schreibtest, Felix.



Schreibtest, Thomas.

- Koffein kann leicht toxisch wirken und hat Nebenwirkungen.
- Koffein beeinflusst die Reaktionszeit nicht.
- Koffein hat einen Placebo-Effekt.
- Man kann sich an Koffein gewöhnen.

Dafür, dass die Studie nicht die erwarteten Ergebnisse lieferte, gibt es folgende Erklärungen. Zum Einen gewöhnten sich Felix und Thomas an die Tests, was die Ergebnisse natürlich beeinflusst hat. Zum Anderen war die verabreichte Dosis so hoch, dass vermutlich die Nebenwirkungen die positiven Wirkungen überwogen. Hätten wir zudem unsere Studie abends begonnen, so wären unsere Probanden in einem „müderen“ Zustand gewesen. Dann hätte das Koffein wahrscheinlich deutlichere Ergebnisse gezeigt.



Die Ergebnisse mussten natürlich auch zusammengefasst werden.

Probleme während der Studie

Während unserer Studie sind einige Probleme aufgetreten:

Wir mussten einen unserer Tests aus der Testreihe entfernen, da er sich als nicht signifikant erwies, weil die Standardabweichung zu groß war. Der Test wurde nicht ersetzt und nicht in die Auswertung aufgenommen.

Problematisch war die Tatsache, dass einer unserer Probanden einen Tag aussetzen musste, da die toxischen Nebenwirkungen des Koffeins so stark waren, dass er Kreislaufprobleme

bekam und eine erneute Einnahme dieser Dosis unnötig belastend gewesen wäre. Er setzte die Studie nach einem Tag Pause mit einer geringeren Dosis (400 mg) fort.

Leider konnten wir nicht alle Messungen überwachen, da wir in der KüA-Schiene beschäftigt waren oder sie nicht während des Kurses stattfanden. In diesem Fall hat unsere Schülermentorin Eileen die Überwachung der Messungen übernommen oder die Probanden selbst.

Nicht zu vergessen ist, dass es nur zwei Probanden waren, weshalb unsere Studie nur bedingt aussagekräftig ist.

Die Tatsache, dass sich unsere Probanden an die Tests gewöhnt haben und somit die Ergebnisse teilweise verfälscht wurden, ist nicht zu vernachlässigen. Dies zeigte sich bei der zweiten Nullwertmessung, da diese wesentlich besser ausfiel, als die erste und sogar besser als Messungen unter Koffeineinfluss.

Koffein – eine legale Droge?

JENS METZGER

Wie es schon im Programmtitel unseres Kurses hieß, widmeten wir uns auch der Frage, ob Koffein eine legale Droge ist. Kann ein Stoff, zu dem wir einen uneingeschränkten Zugriff haben und mit dem wir in vielen Situationen in Kontakt kommen, wirklich abhängig machen? Bin ich bereits auf meine morgendliche Tasse Kaffee angewiesen, oder kann ich ohne Bedenken meinen Konsum weiterführen? Um dies Alles zu klären, mussten wir uns eine genaue Definition einer Droge schaffen. Viele verschiedene Aspekte mussten berücksichtigt werden, um eine Abgrenzung zwischen Droge und Genussmittel ziehen zu können. Doch zusammen mit unseren Kursleitern sollte dies kein Problem darstellen.

Toleranzentwicklung

Der Körper kann sich bei regelmäßiger Aufnahme an manche Stoffe gewöhnen und es tritt ein so genannter Gewöhnungs- oder Toleranzeffekt ein, bei dem über einen längeren Zeitraum

gesehen die Wirkungen nachlassen. Diese Erscheinung kann ihre Ursache entweder in der Abnahme der Empfindlichkeit des Rezeptors (Abstumpfung) oder in einem vermehrten enzymatischen Umbau des Wirkstoffs haben. Der Körper reagiert auch auf unsere Koffeineinnahme. Wird diese erhöht, produziert er verstärkt Abbauenzyme, die das Koffein eliminieren sollen. So unterscheiden sich die Wirkungen des Koffeins zwischen toleranten und intoleranten Personen in ihrer Heftigkeit. Speziell bei unserer Studie war dies zu vermerken, da Felix, der Kaffeeabstinenzler, nach einer Koffeineinnahme von 600 mg verstärkt nervös auftrat und sogar am nächsten Tag nicht an den Messungen teilnehmen konnte. Dies hatte auch eine Verringerung der Dosis auf 400 mg Koffein zur Folge. Hinsichtlich darauf fielen Thomas Reaktionen milder aus und ein Herabsetzen der Dosis war nicht nötig. So konnten wir auf die besagte Toleranz bei Koffein schließen.

Psychische und physische Auswirkungen

Viele Drogen haben Auswirkungen auf den Körper und auf die Psyche. Die angebliche Steigerung der Herzaktivität durch Koffein konnten wir dadurch nachweisen, dass der Blutdruck, hier sowohl systolischer als auch diastolischer Druck, sowie der Puls innerhalb der ersten Stunde um ca. 30 mmHg anstieg und sich von den Vergleichswerten, die ohne Koffeineinnahme aufgezeichnet wurden, abhoben. Bei Beobachtungen der Probanden stellten wir außerdem fest, dass nach dem Koffeinkonsum ein gesteigerter Bewegungsdrang und Nervosität herrschte, die sich vor allem durch zitternde Hände äußerte. Jedoch blieb uns eine signifikante Auswirkung des Koffeins auf die Reaktionszeit der Probanden aus.

Entzugerscheinungen

Das Absetzen von Koffein kann Entzugerscheinungen hervorrufen, wobei ein stark ausgeprägter, regelmäßiger Konsum voraus gehen muss. Es handelt sich dabei um Erscheinungen wie Kopfschmerzen, die nach erneuter Koffeineinnahme sofort verschwinden.

Suchtpotential

Hiermit wird die Eigenschaft einer Substanz bezeichnet, die eine Person zur erneuten Aufnahme bewegt. Es wird zwischen körperlicher und psychischer Abhängigkeit unterschieden. Bei Koffein gibt es kein Suchtpotential, da es keine Entzugerscheinungen hervorruft, die eine Person zur Wiederaufnahme zwingt. Es kann jederzeit abgesetzt werden. Hinzu kommt, dass Koffein, anders als Drogen wie Heroin, keine Rückfallgefahr für den Menschen birgt. Während ein Drogenabhängiger, der eine lange Entzugsphase durchlaufen hat, nach Einnahme des Stoffes sofort rückfällig wird, kann man nach Absetzen des Koffeinkonsums diese Substanz wieder zu sich nehmen, ohne eine Abhängigkeit zu verspüren.

Gefahr für die Allgemeinheit

Werden die Menschen durch eine Substanz so beeinflusst, dass sie zu Mitteln greifen würden, die ihnen und Anderen Schaden zufügt, so besteht eine Gefahr für unsere Gesellschaft. Auch kann die Abhängigkeit die sogenannte Beschaffungskriminalität zur Geldbeschaffung nach sich ziehen – abgesehen von der Kriminalität des illegalen Drogenhandels. Da Koffein wie bereits erwähnt keine Abhängigkeit erzeugt, sind auch schwerwiegende, negative Einflüsse auf die Allgemeinheit auszuschließen.

Gefahr für körperliche Unversehrtheit

Drogen im Normalverständnis der Bevölkerung, wie zum Beispiel Heroin, greifen bestimmte Bereiche des Körpers an. Lebenswichtige Organe, darunter Herz, Lungen und das Gehirn, werden von ihnen stark geschädigt. Bei Koffein tritt bei alltagsüblichen Dosen keine schädigende Wirkung für den Körper auf, so dass der Koffeinkonsum ohne Konsequenzen für die körperliche Unversehrtheit erfolgen kann. Ausnahmen gelten nur für Personengruppen mit krankhaften Veränderungen des Herz-Kreislauf-Systems.

Aspekte wie die Toleranzentwicklung und Auswirkungen auf den Körper sind bei Koffein nicht gleichbedeutend mit weiteren Merkmalen einer Droge, sodass wir zum Entschluss

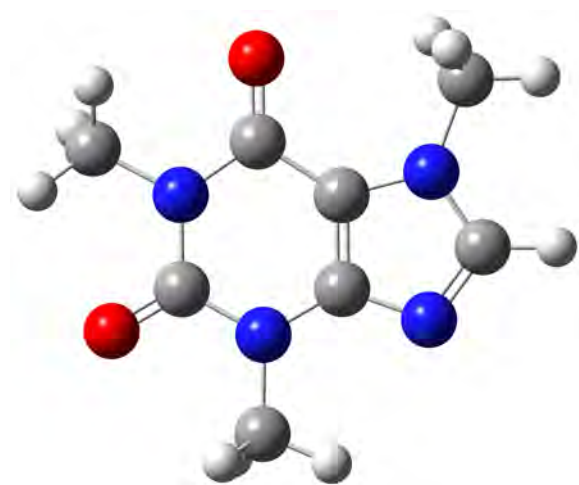
gekommen sind, dass Koffein keine Droge im allgemein verstandenen Sinne ist. Es ruft weder eine Abhängigkeit hervor, noch besteht durch Koffein eine Gefahr für uns selbst oder die Allgemeinheit.

Laborversuche

CARMEN MANDEL, JAN FAUSER,
PHILIPP MERKLE, MAXIMILIAN BAUR

Sublimation von Koffein

Einen praktischen Versuch im Labor durften wir bereits am Eröffnungswochenende durchführen. Wir hatten gelernt, dass Koffein sublimiert werden kann und diese Eigenschaft wollten wir auch in einem praktischen Versuch testen. Wir erhitzen Instant Kaffeepulver um das darin enthaltene Koffein zu sublimieren und an einem Uhrglas aufzufangen. Unser Ziel war es das kristalline Koffein daraufhin unter dem Mikroskop zu betrachten.



Koffein, ein Methylxanthin.

Der Versuch scheiterte bei fast allen Gruppen, weil zu viel Wasser in der Kaffeelösung enthalten war und durch dessen Verdampfung die Bildung von den Koffeinkristallen verhindert wurde. Zudem erhitzen manche Gruppen das Kaffeepulver zu stark, sodass es verbrannte. Bei einer Gruppe kristallisierte das Koffein, zwar nicht am Uhrglas, aber auf dem restlichen Kaffeepulver, so dass wir es doch betrachten konnten. Gleichzeitig sublimierten wir auch

Theophyllin und Theobromin, um die Kristalle der Methylxanthine, zu denen alle drei Stoffe zählen, vergleichen zu können. Die Uhrgläser mit den resublimierten Kristallen haben wir anschließend unter dem Mikroskop untersucht. Dabei konnte man erkennen, dass die Kristalle



der verschiedenen Methylxanthine unterschiedliche Größen aufwiesen. Koffein bildet die größten Kristalle, die von Theophyllin sind etwas kleiner und Theobromin bildet die kleinsten Kristalle innerhalb dieser drei Stoffe.



Bei der Laborarbeit ergänzten wir unser Wissen über Koffein.

Koffeingehaltsbestimmung von koffeinhaltigen Getränken (Kaffee und Energydrinks)

Wir wollten den Koffeingehalt von Kaffee bestimmen. Durch Zugabe von Kupfersulfat zum Kaffee wurden störende Begleitstoffe unter Erwärkung gebunden, mit einer Kaliumhexacya-

noferat(II)-Lösung ausgefällt und abfiltriert. Mit Hilfe von 20 %iger Schwefelsäure haben wir das Filtrat – ebenfalls unter Erwärmung – protoniert und es gekühlt mit Iodlösung versetzt, um das Koffeinperiodid in einem Filtertiegel zu sammeln. Der Koffeinperiodidniederschlag wurde in einem Gemisch aus 25 ml Methanol und 25 ml Wasser gelöst. Von dieser Methanol-Wasser-Lösung haben wir den Koffeingehalt photometrisch bestimmt (siehe Informationskasten).



Mit der Nutsche wird der Koffeinperiodidniederschlag von löslichen Verunreinigungen getrennt.

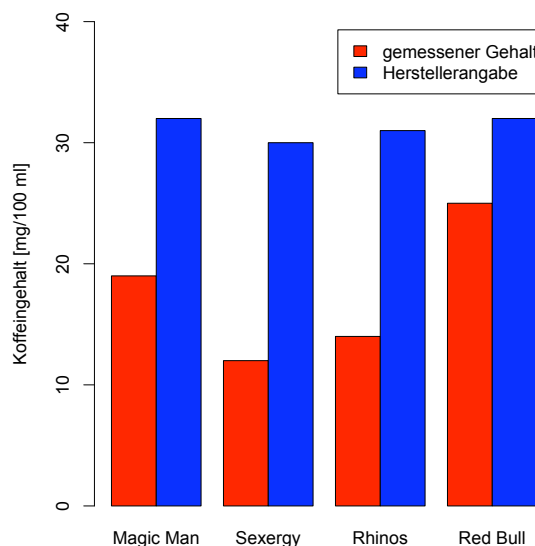
Photometrie

Analysemethode, bei der eine Gehaltsbestimmung über die Messung von Strahlung erfolgt. Koffein wird bei einer Wellenlänge von 465 nm vermessen, was blauem Licht entspricht. Die Lichtabschwächung beim Probendurchgang (Extinktion) wird bei verschiedenen Koffeinkonzentrationen gemessen und somit eine Kalibriergerade erstellt. Nun kann die Absorption einer unbekannten Koffeinprobe gemessen werden. Über die Kalibriergerade kann der Gehalt berechnet werden.

Die unterschiedlichen Ergebnisse beim gleichen Kaffee liegen daran, dass die verschiedenen Gruppen unterschiedlich sauber gearbeitet haben, an Messfehlern oder ungelösten Rückständen im Filtertiegel.

Nr.	Extinktion [au]	Koffeingehalt [$\frac{\text{mg}}{\text{l}}$]
1	0,522	654,4
2	0,269	373,3
3	0,191	286,7
4	0,190	285,6

Mit diesem Verfahren haben wir auch den Koffeingehalt von diversen handelsüblichen Energydrinks, namentlich Red Bull, Magic Man, Rhinos und Sexergy bestimmt. Hier mussten wir zuerst noch die Kohlensäure ausschütteln, weil diese bei dem weiteren Verfahren gestört hätte. Den ersten Schritt zur Bindung der störenden Begleitstoffe und der Ausfällung konnten wir bei den Energydrinks auslassen.



Ergebnisse der Koffeingehaltsbestimmung von Energydrinks.

Unsere Ergebnisse liegen deutlich unter den Angaben auf den Verpackungen. Das liegt nicht daran, dass die Herstellerangabe zum Koffeingehalt falsch sind, sondern wahrscheinlich an Fehlern von uns, wie beispielsweise Messfehlern, Rückständen im Filtertiegel oder daran, dass nicht das ganze Koffeinperiodid gelöst wurde.

	Extinktion [au]	Messung [$\frac{\text{mg}}{100 \text{ ml}}$]	Angabe [$\frac{\text{mg}}{100 \text{ ml}}$]
Magic Man	0,069	19	32
Sexergy	0,016	12	30
Rhinos	0,031	14	31
Red Bull	0,111	25	32

Schlusswort

JULIA BÖRNER

Nach zwei Wochen harter Arbeit ist der Chemiekurs kein zusammengewürfelter Haufen von chaotischen Hobbychemikern mehr, sondern eine eingespielte, disziplinierte, laborerfahrene, koffein- und kaffeespezialisierte Gruppe, der alles egal ist – mit ein paar Ausnahmen, wie z. B. unsere zwei fantastischen Kursleiter, Felix und Thomas, und unsere bezaubernde Schülermentorin, Eileen.

Den dreien möchten wir an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank aussprechen:

Obwohl sie uns immer fest im Griff hatten, schafften sie es unter anderem mit Tee und Süßigkeiten trotz des anspruchsvollen Themas eine lockere Atmosphäre zu erzeugen. Aber auch fachlich ließen sie uns nicht zu kurz kommen: Felix ersparte uns mit seinem pharmazeutischen Fachwissen so manche Internetrecherche und labortechnische Katastrophen wurden durch Thomas praktische Kompetenz größtenteils verhindert. Nicht zu vergessen ist auch unsere Schülermentorin Eileen, die, egal ob im Kurs oder außerhalb, unsere Ansprechpartnerin, Schwester und beste Freundin zugleich war. Vielen lieben Dank dafür!

Zurück zu uns Teilnehmern: in diesen zwei Wochen haben wir jede Menge Erfahrungen gemacht, die uns auf unserem weiteren Lebensweg sicher hilfreich sein werden. Allein die Laborarbeit war ein einmaliges Erlebnis, das wir nicht so schnell vergessen werden und so ziemlich jeder aus unserem Kurs müsste nun in der Lage sein, eine klinische Studie durchzuführen. Jedoch sind es nicht nur die fachlichen Kompetenzen, von denen wir profitiert haben, sondern auch die zwischenmenschlichen und emotionalen Erfahrungen werden uns noch lange in Erinnerung bleiben.

Also, egal ob komplizierte Fachtexte, toxische Chemikalien, unvollständige *informed consents*, desinteressiert wirkende Kursleiter oder Süßigkeitenmangel an einem Sonntag – nach den zwei Wochen Science Academy im Kurs Chemie werden wir mit allem fertig.