

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung.....	1
2. Binaural Beats.....	2
2.1 Die Geschichte der binaural Beats.....	3
2.2 Das Monroe Institute in Virginia, USA.....	5
2.3 Der OSPAN-Test.....	6
2.4 Das Arbeitsgedächtnis.....	7
2.5 Binaural Beats in der Schule.....	8
3. Das Experiment.....	9
3.1 Der Ablauf des Experiments.....	9
3.2 Die Ergebnisse des OSPAN-Tests.....	11
3.3 Die Ergebnisse des Experiments.....	12
3.4 Evaluation der Ergebnisse.....	15
3.5 Kritische Auseinandersetzung mit dem Experiment.....	16
4. Schluss.....	17

## **1. Einleitung**

Musik, sie ist ein unabdingbarer Bestandteil unserer heutigen Lebensweise. Sie ist eine strukturierte Komposition aus verschiedensten Klängen, welche zusammen eine Melodie bilden. Somit ist sie eine Kunstgattung, die durch akustische Stimulation im Gehirn, beim Menschen Emotionen, Empfindungen und Assoziationen hervorrufen kann.

Viele Schüler nutzen musikalische Untermalung beim Lernen oder für die Vorbereitung auf Leistungsnachweise. Schüler versuchen damit eine Steigerung des Konzentrationsvermögens und eine angenehme Lernatmosphäre zu schaffen, um sich besser auf Leistungsnachweise vorbereiten zu können.

Doch für viele Menschen kann dies auch negative Auswirkungen haben und sie eher ablenken, weshalb es vielen schwer fällt sich auf die Lerninhalte zu konzentrieren.

Nun soll, laut einiger Social-Media-Plattformen, nun das Phänomen der binaural Beats Abhilfe schaffen und den Zuhörer durch auditive Stimulation zur gesteigerten Konzentrationsfähigkeit bringen.

Durch ein Experiment mit einer Schulklasse möchte ich dieses Phänomen nun nachweisen.

## 2. Binaural Beats

Das Wort binaural kommt ursprünglich aus dem Lateinischen. Es wird aus dem Adjektiv binarius (übersetzt: bestehend aus zwei) und auris, (übersetzt: vom Ohr empfangen oder wahrgenommen) zusammengesetzt.

Diese Übersetzung stimmt mit der Entstehungsweise eines binaural Beats (im Folgenden auch als bB bezeichnet) überein, da diese durch zwei Trägertöne mit verschiedenen Frequenzen entstehen, die jeweils auf verschiedene Ohren gespielt werden. Der Mensch nimmt jedoch nur einen dritten Ton wahr, dessen Frequenz der Mitte der dargebotenen Töne gleichzusetzen ist. Beispielsweise, wenn einer Person ein Ton von 510 Hz auf das rechte Ohr gespielt wird und einen mit 520 Hz auf das linke, liegt der wahrgenommene Ton bei 515 Hz. Dieser fluktuiert mit einer Amplitude von 10 Hz, welche als Beat bezeichnet wird [1]. Diese Beats sind viel interessanter als gewöhnliche Töne, da gewöhnliche Töne sowohl monaural, also mit einem Ohr, als auch mit beiden Ohren wahrgenommen werden können. Binaural Beats benötigen die Zusammenarbeit beider Ohren, da sie auf Wechselwirkungen von auditiver Wahrnehmungen im Gehirn basieren. Der Frequenzunterschied darf jedoch nie mehr als 30 Hz betragen, damit der Zuhörer nicht zwei verschiedene Töne wahr nimmt. Außerdem dürfen die Frequenzen nicht 1500Hz überschreiten, da dies die Obergrenze der menschlichen Wahrnehmung darstellt und der positive Effekt sonst zunichte gemacht würde [11].

Man vermutet, dass binaural Beats sowohl das Verhalten, als auch die kognitiven Fähigkeiten eines Menschen beeinflussen können, da verschiedene Frequenzen mit speziellen Gehirnwellenschwingungen korrelieren.

Allgemein werden Rhythmen im Alpha-Bereich mit „vigilance, inhibitory processes, attention, working memory, perceptual abilities and information processing speed (Braboszcz & Delorme, 2011; Clark et al., 2004; Freunberger et al., 2011; Lachat et al., 2012; Oprisan, 2004; Palva & Palva, 2007; VanRullen & Koch, 2003)“ (Kraus, Porubanová 2015,135), also mit Wachsamkeit, hemmenden Prozessen, Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis, Wahrnehmungsfähigkeit und Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit in Verbindung gebracht.

Es wird angenommen, dass Oszillationen<sup>1</sup> in diesem Bereich indirekt die Leistungskapazität des Arbeitsgedächtnisses steigern. Dies geschieht durch das Herausfiltern von externen Störungen oder unwichtiger Informationen [4]. Eine positive Veränderung wurde bei der Gedächtnisleistung unter dem Einfluss von bB 1996 von

---

<sup>1</sup> Schwingungen

Kennerly festgestellt [2], sowie von Lane, Kasian, Owens und Marsh 1998 [3] eine verbesserte Wachsamkeit.

Durch einen Mangel an aussagekräftiger Studien und unterschiedlicher Methoden weichen die Ergebnisse der einzelnen Berichte jedoch teilweise stark ab [1]. Keine Veränderung der Herzfrequenz oder des Blutdrucks konnte beispielsweise in einem Bericht von Carter 2008 gemessen werden [5].

Ich gehe auf Grund der zahlreichen Forschungsergebnisse, die die positiven Auswirkungen von bB auf die kognitiven Funktionen bestätigen, davon aus, dass bB die Lernfähigkeit von Schülern steigern kann, insbesondere „attention [Aufmerksamkeit], auditory sequential memory [auditives sequentielles Gedächtnis], working memory [Arbeitsgedächtnis], working memory storage [Arbeitsgedächtnisspeicherung], reasoning ability [logisches Denkvermögen], cognitive processing [kognitives Denkvermögen] and hemispheric synchronization [hemisphärische Synchronisation], (Carter & Russell, 1993; Cruceanu & Rotarescu, 2013; Foster, 1990; Kennerly, 1994; McMurray, 2006)“ (Kraus, Porubanová 2015,136) und der Verbesserung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (Kraus, Porubanová 2015).

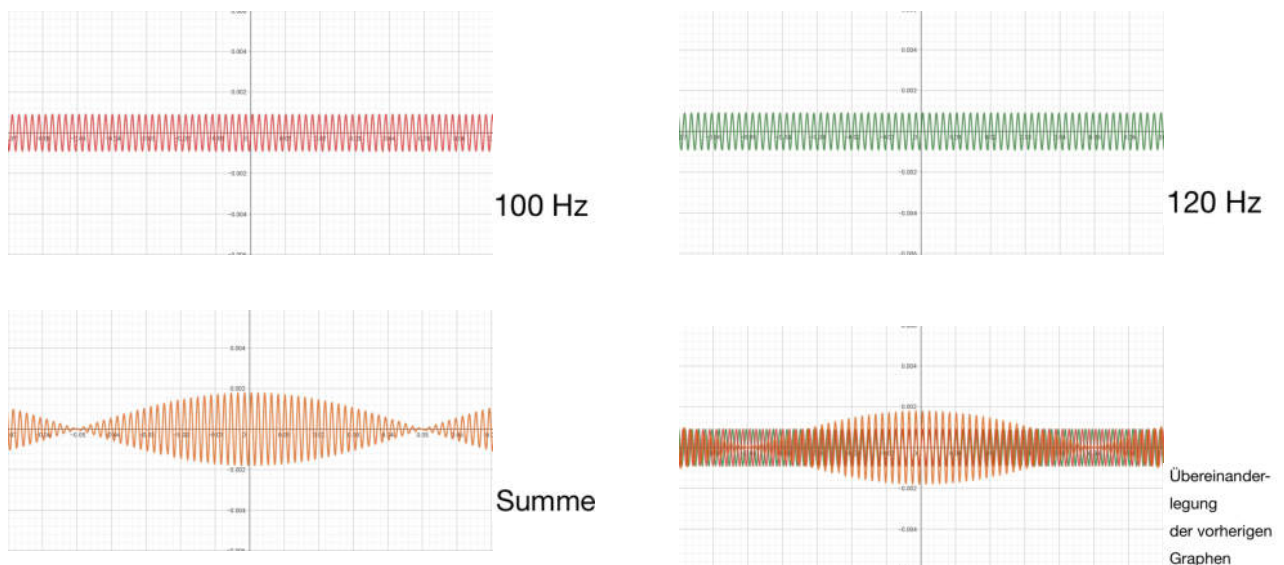


Abb. 1: Graphen der binaural Beats

## 2.1 Die Geschichte der binaural Beats

Das Phänomen der binaural Beats wurde erstmal von dem preußischen Physiker Heinrich Wilhelm Dove (1803-1879) bereits im Jahre 1839 beschrieben. Diese Klangillusion geriet jedoch für über 100 Jahre in Vergessenheit. Erst 1973 wurden diese vom amerikanischen Biophysiker Dr. Gerald Oster (1918-1993) [11] an der Mount Sinai School of Medicine in

New York erneut aufgegriffen und mit Hilfe von Elektroenzephalografie getestet. Er fand heraus, dass das Gehirn durch binaural Beats in unterschiedliche Zustände gebracht werden kann. Elektroenzephalografie, kurz EEG, ist ein „neurologisches<sup>2</sup> Diagnoseverfahren zur Erfassung von elektrischen Strömen (Potentialveränderungen) des Gehirns“ [8]. Durch die Entladung von Nervenzellverbänden entsteht eine elektrische Aktivität der Hirnrinde, die mithilfe von Elektroden auf der Kopfhaut des Patienten gemessen werden können. Die Hirnstromwellen (auch Potenzienschwankungen genannt), „welche die aggregierte elektrische Aktivität der Nervenzellen repräsentieren“ [8] können nun als Graphen dargestellt werden. Auf Grundlage dieser Graphen können nun fundierte Befunde gestellt werden, die auf Basis der Amplitude und Frequenz der graphischen Potenzienschwankungen getroffen werden können. Damit die Potenzienschwankungen die Gehirnaktivität dauerhaft messen und die elektrische Aktivität verstärken kann werden für ein gewöhnliches EEG bis zu 21 Elektroden mit einem vereinheitlichten System auf der Kopfhaut des Patienten befestigt. Der Zustand, in dem sich der Patient befindet, während die Elektroenzephalografie gemessen wurde, ist ausschlaggebend für Unterscheidung von verschiedenen Mustern (sog. Graphoelemente) [9]. Die Gamma-Wellen treten beim starker geistiger Anstrengung, beim Lernen und Situationen, die erhöhte Aufmerksamkeit benötigen, auf. Sie liegen zwischen 30 und 100 Hertz. Alpha-Wellen treten bei einem erwachsenen Menschen mit geschlossenen Augen, der wach und entspannt ist, auf. Sie weisen eine Frequenz im Bereich von acht bis dreizehn Hertz auf. Bei einem Erwachsenen mit geistiger Ertüchtigung und geöffneten Augen werden Beta-Wellen (14 - 30 Hertz) gemessen. Bei Schläfrigkeit oder beim Einschlafen werden Theta-Wellen (vier bis 7,5 Hertz) im EEG sichtbar. Delta-Wellen, die von 0,5 bis vier Hertz fluktuieren, treten nur beim Tiefschlaf auf. Diese Graphoelemente treten nur bei Erwachsenen ohne Krankheitswerte auf. Bei Babies oder Kindern in der Entwicklungsphase treten langsame und tendenziell unregelmäßige Wellen auf, die nicht mit den genannten Mustern übereinstimmen. Diese werden erst gegen Ende der Pubertät sichtbar werden. Auf Grund dessen ist in diesem Alter die Diagnostik mit einem EEG erschwert [8].

Um den Effekt von bB durch ein EEG festzustellen, müssen nun zwei Durchführungen durchlaufen werden. Je nachdem in welchem Zustand der Patient sich befindet, zeichnet das EEG verschiedene Muster auf.

In den folgenden Jahren nach der erstmaligen Erforschung durch Gerald Oster wurden weitere Studien durchgeführt, um das Gehirn auf Auswirken von bB auf Kreativität,

---

<sup>2</sup> Neurologisch bezieht sich auf alles, was das Nervensystem betrifft.

Schlafqualität und Konzentration zu untersuchen. Somit konnten immer mehr positive Auswirkungen entdeckt werden. Diese Marktlücke blieb natürlich nicht lange ungenutzt, da binaural Beats seit 1993 auch auf kommerzielle Weise genutzt wurden und Robert Allen Monroe brachte sie auf dem Markt. Er war ein Autor, Rundfunkleiter, Geschäftsmann und Gründer des Monroe Institutes [10], dessen Zweck das „globale Erwachen des menschlichen Bewusstseins“ [9] ist. Durch das von Monroe erworbene Patent für die Verwendung von binaural Beats in Musik oder Geräuschen, entwickelte sich eine neue Beliebtheit für diese Klangillusion und sie verbreitete sich rasant in den letzten Jahren über soziale Netzwerke.

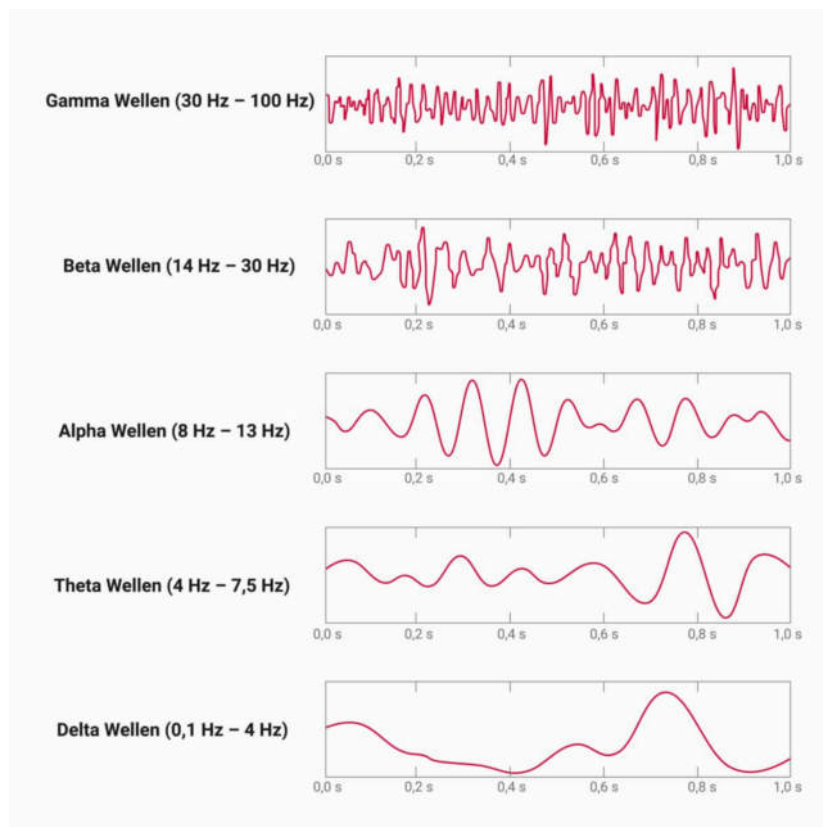


Abb. 2:<https://flexikon.doccheck.com/de/Elektroenzephalographie> (geöffnet am 04.09.2023)

## 2.2 Das Monroe Institut in Virginia, USA

Um mehr Einblicke in die Arbeit des von Monroe gegründeten Institutes zu erhalten, habe ich mich mit einem Mitarbeiter in Verbindung gesetzt. Herr Paul Citarella hat mir netterweise einen kleinen Einblick in ihr Arbeiten mit binaural Beats gegeben und einige Fragen meinerseits beantwortet.

Da das Institut sich vor allem auf Meditation und Bewusstseinsenerweiterung spezialisiert hat, wird die Thematik der Verbesserung der Konzentrationsfähigkeit nur am Rande

gestreift. Jedoch ist es möglich, einige Erkenntnisse der Forschung im Gebiet Entspannung auf die Lernfähigkeit zu übertragen. Im Laufe der Jahre wurde dort festgestellt, dass Mischungen, die aus verschiedenen Beat-Frequenzen bestehen, tendenziell am effektivsten sind. Für eine Steigerung der Konzentration schlägt Herr Citarella eine Mischung aus Alpha, niedrigen Beta und Gamma Frequenzen vor, da dieser einen Zustand entspannter, fokussierter Konzentration fördert. Er warnt außerdem davor, dass binaural Beats nur unterstützender Natur sind und den mentalen Zustand einer Person verstärken können

### **2.3 Der OSPAN-Test**

Um dieses Experiment durchführen zu können, war die Erstellung eines Tests nötig, der die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (engl. working memory capacity (WMC)) prüft. Er soll also die Fähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses eines Probanden messen. Die gewählte Variante war der OSPAN-Test (engl. operation-span-task), da dieser nach den Forschungsergebnissen von Unsworth et al. zuverlässige und verwertbare Ergebnisse für die WMC hervorbringt [6]. Er ist besonders beliebt, da er ohne die aktive Beteiligung des Experimentleiters eine große Gruppe von Teilnehmern prüfen kann.

Um dies zu erreichen, muss der Proband sich Elemente merken, die mit ablenkenden Aufgaben durchsetzt sind. Darauf folgt die Wiedergabe der zu merkenden Elemente in der korrekten Reihenfolge [6].

Die Art der ablenkenden Aktivität und der zu merkenden Elemente bleibt dem Ersteller des jeweiligen Tests überlassen. Die Ablenkungsaufgaben, die sich in der Forschung bewährt haben, sind das Lesen von Sätzen (Lesespanne; Daneman & Carpenter, 1980), das Lösen mathematischer Probleme (Operationsspanne; Turner & Engle, 1989), das Zählen von Kreisen in verschiedenen Farben (Zählspanne; Case, Kurland, & Goldberg, 1982) und Beurteilen, ob Buchstaben gespiegelt werden können und sich dieser dabei optisch ändert oder nicht (räumliche Spannweite; Shah & Miyake, 1996). Zu den zu merkenden Elementen zählen Buchstaben, Wörter, Formen, Ziffern, räumliche Positionen [6].

Der genaue Ablauf des Tests wird in 3.1 Ablauf des Experiments beschrieben.

## 2.4 Das Arbeitsgedächtnis

Das Mehrkomponenten Arbeitsgedächtnis (engl. working memory) ist einer der drei Hauptbestandteile des Gedächtnisses laut des Drei-Speicher-Modells, vorgestellt von den beiden Psychologen Richard C. Atkinson und Richard M. Shiffrin: das sensorische Gedächtnis (Ultrakurzzeitgedächtnis), das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis. Es ist eine Präzisierung der Systematik des Kurzzeitgedächtnisses, welches diesen Teil des Gedächtnis als Einheit ansieht und sich nur auf eine Aufgabe konzentrieren kann. Die Psychologen Alan D. Baddeley und Graham J. Hitch stellten 1974 erstmal durch eine Reihe von Experimenten fest, dass das Arbeitsgedächtnis im Stande ist, mehrere Aktivitäten verschiedener Arten (z.B. das Auswendiglernen von Wörtern) gleichzeitig zu bewältigen. Wenn diese Aktivitäten jedoch gleicher Art sind, hat der Teil des Gedächtnisses Schwierigkeiten diese zu erfüllen. Baddeley und Hitch folgerten daraus, dass das Gedächtnis nicht aus einer Einheit besteht, sondern aus mehreren, um genau zu sein drei: der zentralen Exekutive, der artikulatorischen/phonologischen Schleife, und dem visuell-räumlichen Notizblock [12]. Ein unterstützender Mechanismus für die Speicherung verbaler und phonologischer Informationen ist die artikulatorische Schleife. Die Speicherung hängt von der persönlichen Aufnahmegeschwindigkeit ab. Die Fähigkeit, sich an Bilder zu erinnern, ist eine Funktion des visuell-räumlichen Notizblocks. Durch die strategische Zuteilung von Informationen und Aufmerksamkeit lenkt und kombiniert die zentrale Exekutive die beiden Hilfssysteme. Um Urteile über die Steuerung der Hilfssysteme zu fällen, verfügt es über ein vorübergehendes Gedächtnis. Die Wechselwirkung des Langzeitgedächtnisses steht ebenfalls unter seiner Kontrolle [12]. Die messbaren Gehirnaktivitäten (neuronales Korrelat), die mit den Prozessen der zentralen Exekutiven einhergehen, sind im präfrontalen Cortex (PFC) zu lokalisieren. Dieser Teil des Gehirn ist im vorderen Bereich des Frontallappen zu finden und ist ein Teil des Assoziationskortex<sup>3</sup>, dessen Kerngebiete unter anderem das limbische System<sup>4</sup> beinhaltet.

Wenn die Informationen des Arbeitsgedächtnisses nicht aktiv wiederholt werden, können sie innerhalb von einem Bruchteil einer Sekunde für immer verloren gehen, da das

---

<sup>3</sup> Der Assoziationskortex (auch Assoziationsfeld) ist für komplexe kognitive Funktionen zuständig ist und spielt eine wichtige Rolle bei der Integration von Wahrnehmungen, Gedanken und Erinnerungen. Der Assoziationskortex ermöglicht es, komplexe Aufgaben wie Sprache, Planung, Entscheidungsfindung und Problemlösung zu bewältigen. [14]

<sup>4</sup> Das limbische System ist ein Teil des menschlichen Gehirns, dass den Antrieb, das Lernen, Emotionen und das Gedächtnis steuert [15].



Arbeitsgedächtnis eine beschränkte Kapazität besitzt. Dabei prägen sich akustische Informationen besser ein als visuelle, da diese nicht verbalisiert werden.

Das Arbeitsgedächtnis stellt einen fundamentalen Teil bei der Verarbeitung von neuen Informationen dar und ist somit wesentlich bei dem Lernprozess beteiligt. Auf Grund dessen wählte ich den OSPAN Test, um die Auswirkungen von binaural Beats auf die Lernfähigkeit von Schülern zu prüfen. Da ein Konzentrationstest nur die momentane Konzentrationsfähigkeit misst und kein Maß für die Fähigkeit, Informationen über einen Zeitraum zu behalten ist, kann er somit keine fundierte Aussage über die wirkliche Lernfähigkeit des Probanden treffen, die für diese Studie notwendig wäre.

## **2.5 Binaural Beats in der Schule**

Das Kinder von rund 31 Wochenstunden im Alter von 6 Jahren, bis zu 44 Stunden pro Woche bei Schülern der Altersstufe 7 bis 12 für Schule oder Hausaufgaben verbringen, ging aus einer Studie von Unicef und dem Deutschen Kinderhilfswerk aus dem Jahre 2013 hervor. Von der 9. bis zur 13. Klasse arbeiten die Schüler schon oftmals mehr als 45 Stunden wöchentlich für die Schule, was selbst das Pensum eines Vollzeitjobs mit einer 40-Stunden-Woche eines Erwachsenen übersteigt [16]. In dieser langen Zeit ist es den meisten Schülern unmöglich, die ganze Zeit konzentriert und im Unterricht mental präsent zu sein. Viele Kinder leiden unter diesen akademischen, sozialen oder verhaltensbezogenen Herausforderungen. Gegebenenfalls kann es auch zu Leistungsabfällen kommen.

Obwohl diese Probleme nicht jedes Kind auf die gleiche Weise betreffen, gibt es Aktivitäten, die durchgeführt werden können, um den Stress zu lindern und die kognitive Leistung zu verbessern. Eine Verwendung der binaural auditiven Schlagstimulation kann dabei sehr nützlich sein, um die Unaufmerksamkeit bei Kindern und Jugendlichen zu reduzieren.

Auch bei Schülern mit Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung, kurz ADHS, könnten binaural Beats eine leichte Linderung der Symptomatik hervorrufen und den Betroffenen das Lernen erleichtern.

Doch ADHS ist nicht die einzige kognitive Beeinträchtigung, die mit Hilfe des Phänomens verbessert werden kann. Laut Herrn Citarella vom Monroe Institut in Virginia, USA, sollen bB unterstützend bei der Behandlung von Depressionen sowie Schlaf- und Angststörungen eingesetzt werden können. Er ist der Meinung, dass dies nicht auf einen physischen Effekt zurückzuführen ist, den dieses Phänomen direkt auf diese

Beschwerden hat. Vielmehr bringt die Anwendung von bB, um tiefe Meditationszustände zu erreichen, alle Vorteile der Meditation zum Vorschein, ohne dass man Jahre braucht, um ein Niveau der Praxis zu erreichen, das andernfalls erforderlich wäre, um die Grundursache dieser Beschwerden zu behandeln.

Dies geschieht natürlich nicht im Umfeld der Schule, sondern mit geschulten Fachkräften mit Erfahrung. Jedoch könnte ein zusätzlicher Gebrauch von binaural Beats im Unterricht die betroffenen Schüler beruhigen und ihre Konzentrationsfähigkeit verbessern.

### **3. Das Experiment**

#### **3.1 Der Ablauf des Experiment**

Dieses Experiment wurde mit einer 10. Klasse des Ignaz-Günther-Gymnasium vom 04.07.2023 bis zum 06.07.2023, jeweils in einem Zeitraum von 45 Minuten, durchgeführt. Zuerst werden die Teilnehmer per Zufallsprinzip, in diesem Fall durch Losen, in drei, gleich große Gruppen eingeteilt.

Ihnen wird jeweils ein Ausdruck der beiliegenden Datei „W-Seminar: Experiment Protokoll“ vorgelegt. Dieser enthält eine detaillierte Anleitung über den Verlauf des Experiments und eine Tabelle, auf denen sie ihre Ergebnisse der mathematischen Aufgabe notieren.

Ihnen wird jedoch vorbehalten, was das Ziel dieses Experiments ist und was sie zu hören bekommen, da das zu einer Verfälschung des Ergebnisses führen würde.

Anschließend wird jedem Schüler ein, von der Schule gestelltes, iPad und ein Set Stereo Kopfhörer, des Typs Kopfhörer Schule (Rkop EM), ausgeteilt.

Bevor nun das Experiment durchgeführt wird, werden die Teilnehmer gebeten, falls sie an epileptischen Anfällen oder neuropsychologische Erkrankungen leiden, an diesem Experiment nicht teilzunehmen oder eine schriftliche Einverständniserklärung abzugeben. Es konnte in Untersuchungen noch nicht festgestellt werden, in wie fern auditive Stimulation Epilepsie oder sonstige neuropsychologische Erkrankungen beeinflussen, auslösen oder verschlimmern können [7].

Glücklicherweise gab es unter den Teilnehmern keinen derartigen Fall.

Nun werden die iPads der Probanden eingestellt, sodass die Nummer mit der Audiodateien korreliert: Nummer 1 bekommt keine Audiodatei, muss jedoch auch die Kopfhörer aufsetzen, Nummer 2 bekommt Musik zu hören, in diesem Fall „Highway to

Hell“ von ACDC und Nummer 3 hört binaural Beats. Damit die Teilnehmer nicht wissen, was sie nun genau hören, vor allem Nummer 1 und Nummer 3, werden nach dem Einstellen, das von mir übernommen wurde, die iPads sofort umgedreht. Die verwendeten binaural Beats waren eine Kombination aus mehreren Frequenzbereichen, die zu einem großen Teil aus Alpha-Wellen bestanden. Da der Proband nur über eine kurze Zeit binaural Beats zu hören bekommt und in diesen 15 Minuten eine sehr große Konzentrationsleistung erforderlich ist, sind Alphafrequenzen am besten geeignet, da sie am besten mit den Gehirnwellen in diesem mentalen Zustand der Konzentration korreliert. Die Lautstärke lag bei jedem iPad, unabhängig welche Gruppe, bei circa 35%. Nun wird die PowerPoint Präsentation gestartet, die beim ersten Durchlauf mit einem Testdurchlauf startet, um jegliche Missverständnisse, die fatal für diese Studie wären, vorzubeugen.

Die Probanden bekommen als zu merkende Elemente unzusammenhängende Wörter für jeweils 10s eingeblendet, die sie in der richtigen Reihenfolge nach dem Test wiedergeben müssen. Als ablenkende Aktivität ist anschließend eine mathematische Gleichung zu beurteilen, ob sie richtig oder falsch ist. Dies muss innerhalb von 20s absolviert werden. Beispielsweise könnte eine Abfolge der Aufgaben so aussehen:

$$\text{IST } (6+3)*3 = 43?$$

Igel

$$\text{IST } (5*3)-5 = 15?$$

Nachricht

$$\text{IST } (7/1)+5 = 13?$$

Bettdecke

Während die Schüler unmittelbar an dem Test teilnehmen, bekommen sie ein Blatt, auf dem sie notieren sollen, ob die Gleichung richtig oder falsch ist, um zu vermeiden, dass sich die Probanden nur auf das zu merkende Wort konzentrieren.

Diese Aufgaben werden in Sets von 7 Elementen dargestellt. Nach jedem vollständigen Set wird der Proband nach einer Wartezeit von 20 Minuten angewiesen, die zu merkenden Elemente in der richtigen Reihenfolge zu wiederholen und auf ein separates Blatt Papier zu notieren.

Die 20 Minuten Wartezeit sind entscheidend, da laut der Vergessenskurve nach Ebbinghaus 40% des Gelernten innerhalb dieser Zeitspanne wieder vergessen wird. Wenn man nun aber eine Verbesserung der Lernfähigkeit von Schülern messen möchte, muss diese Wartezeit mit eingeplant werden, da es sonst nur ein Konzentrationstest wäre und somit keine Aussage über die wirkliche Lernfähigkeit des Probanden getroffen werden könnte.

Am Ende werden die beiden Zettel eingesammelt und zu einer propädeutischen Statistik ausgewertet.

Die Durchläufe werden insgesamt drei mal wiederholt. Dies geschieht an verschiedenen Tagen, damit die Gruppen sowohl einmal Musik, binaural Beats als auch Stille konfrontiert werden, während sie den Test machten.

Diese Durchgänge variieren jedoch von ihrem Schwierigkeitsgrad von leicht im ersten Durchgang, über mittleres Level im zweiten, bis zu schwierig im letzten Durchlauf.

In der folgenden Tabelle können die Informationen über welche akustische Unterstützung oder welcher Störfaktor, im Falle der Musik, die Gruppen in den verschiedenen Durchläufen zu hören bekamen, entnommen werden.

Durchläufe	Gruppe 1	Gruppe 2	Gruppe 3
1. Durchlauf (leicht)	nichts	Musik	binaural Beats
2. Durchlauf (mittel)	Musik	binaural Beats	nichts
3. Durchlauf (schwer)	binaural Beats	nichts	Musik

Tabelle 1: Korrelation der Durchläufe und der akustischen Untermalung der Gruppen

### 3.2 Die Ergebnisse des OSPAN-Tests

Aus den Ergebnissen des OSPAN-Test können insgesamt 3 verschiedene Punktzahlen gezogen werden.

Der erste, der sogenannte OSPAN-Score, verwendet eine absolute Scoring-Methode.

Dieser ist die Summe aller, ohne Fehler erinnerten Sets. Beispielsweise, wenn ein Proband fehlerfrei das Set mit 3 von 3 richtig erinnerten Wörtern wiedergeben kann, erhält er 3 Punkte. Wenn er jedoch das Set mit 5 von 7 richtigen Wörter abschließt, kriegt er null Punkte. Da das letzte Set fehlerhaft war, bekommt die getestete Person dafür keine Punkte.

Die zweite Punktzahl, genannt „Gesamtzahl korrekt“, ist die Zahl der richtigen Wörter, die an der richtigen Position wiedergegeben wurde. In dem zweiten vorherigen Beispiel hätte somit die Person einen Gesamt-Score 5 Punkten.

Der letzte Score setzt sich aus der Anzahl an mathematischen Fehlern und der Fehler, die während der Erinnerung an die Wörter in der richtigen Reihenfolge gemacht wurden, zusammen.

Für dieses Experiment habe ich mich für die letzte Scoring-Methode entschieden, da diese am aussagekräftigsten für die Konzentrationsfähigkeit der Schüler ist.

Mit Hilfe dieser Punktzahlen der Probanden können nun Statistiken gebildet und ausgewertet werden, die für die Bestätigung oder Widerlegung der Wirkung von binaural Beats auf das Lernverhalten von Schülern verwendet werden können.

### **3.3 Die Ergebnisse des Experiments**

Auf Grund von vorangegangenen Studien war es durchaus wahrscheinlich, dass sich in dem Experiment positive Auswirkungen auf das Lernvermögen von Schülern zeigen würden. In der Vergangenheit wurden bereits Studien, sowohl über den Effekt von binaural Beats auf die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, als auch über den Einfluss auf die Kreativität veröffentlicht. Nun war es das Ziel dieses Experiments, zu prüfen, ob sich dieser Effekt, im Kreise einer 10. Klasse eines Gymnasiums, reproduzieren lässt und es sich lohnt binaural Beats in die Lernroutine mit einzubauen.

In den beiden Gruppen war kein signifikanter Unterschied im Bezug auf Geschlecht und Alter, weshalb sie direkt miteinander verglichen werden können, ohne auf eine Rücksichtnahme auf die Faktoren achten zu müssen.

Nach einer gründlichen Auswertung der, von den Schülern ausgefüllten, Tabellen, stellte sich heraus, dass es tatsächlich einen Unterschied zwischen den Probanden mit binaural Beats und ohne gibt.

In den folgenden Diagrammen können die Ergebnisse der drei Gruppen in den verschiedenen Durchläufen entnommen werden.

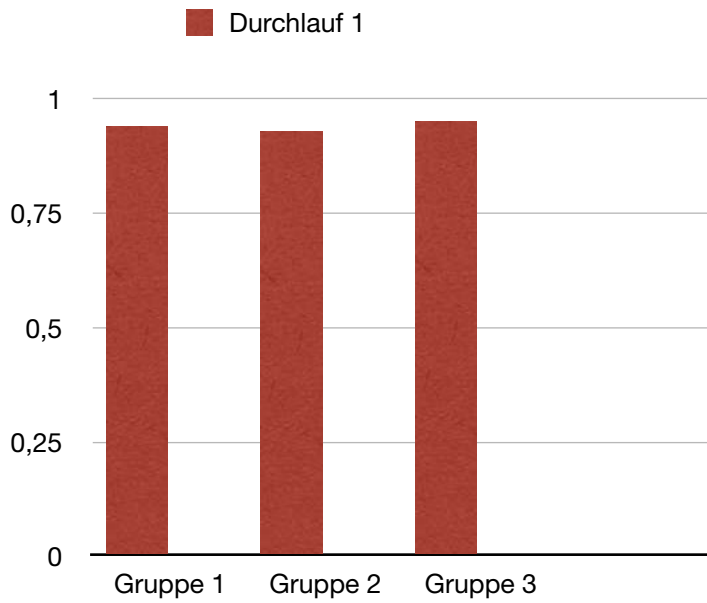


Abb 3: Ergebnisse der Gruppen in dem ersten Durchlauf

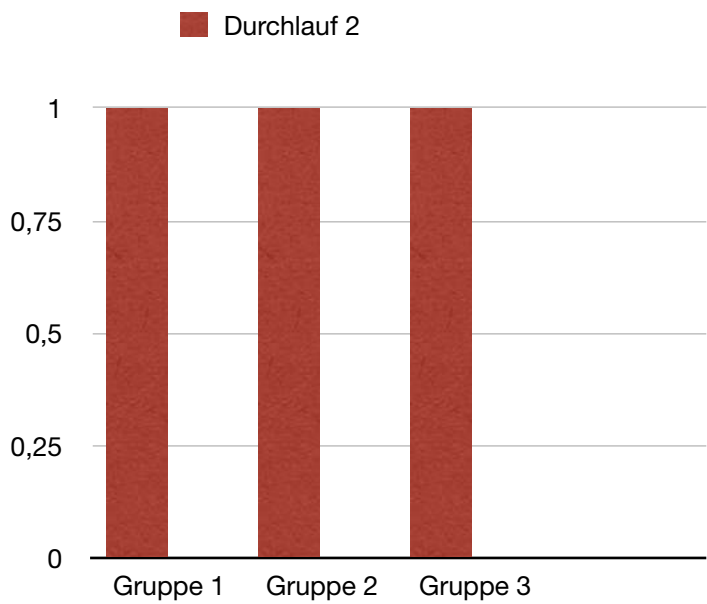


Abb. 4 Ergebnisse der Gruppen im zweiten Durchlauf

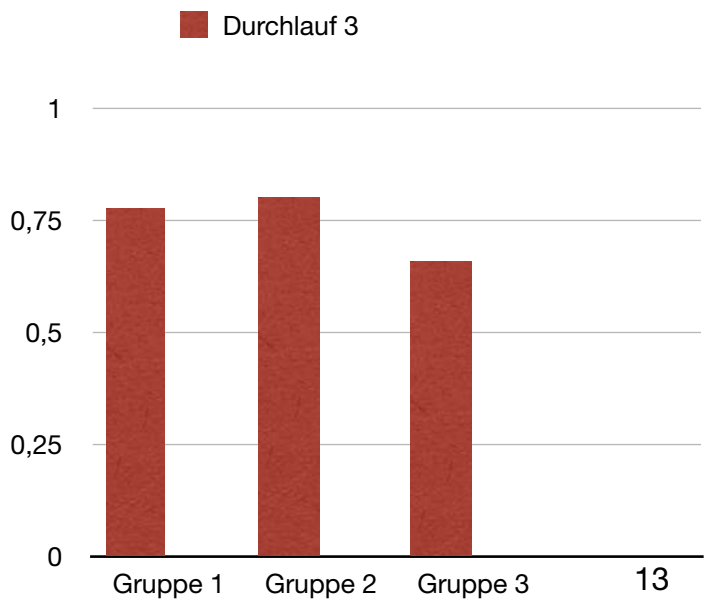


Abb. 5: Ergebnisse der Gruppen im dritten Durchlauf

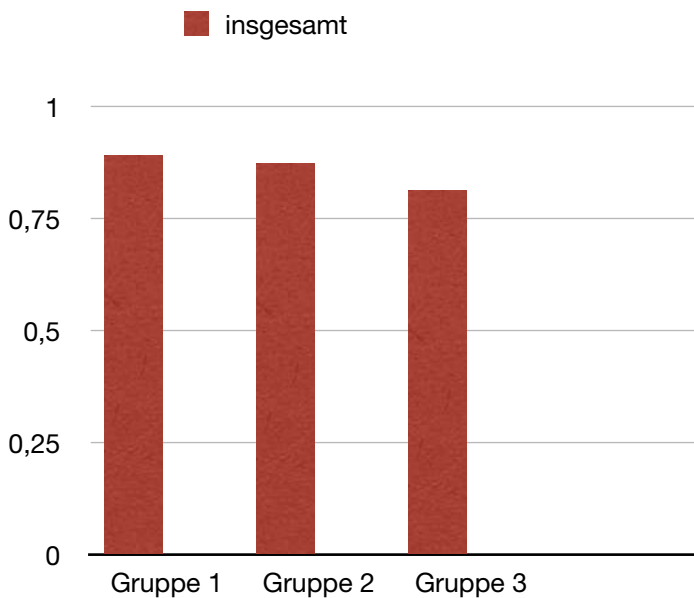


Abb. 6: arithmetischer Mittelwert der Ergebnisse der Gruppen insgesamt

Der Prozentsatz des Durchschnitts, auch arithmetischer Mittelwert, der Ergebnisse der einzelnen Gruppen kann durch das Addieren der erzielten Prozentsätze der jeweiligen Gruppen in den zugehörigen Durchgängen, welche durch die Anzahl der Durchläufe geteilt wird, berechnet werden.

Da die Gruppen in den unterschiedlichen Durchläufen verschiedene akustische Beschallung zu hören bekommen haben, zeigt das folgende Diagramm die Ergebnisse der einzelnen Durchgänge in Verbindung mit der auditiven Stimulation.

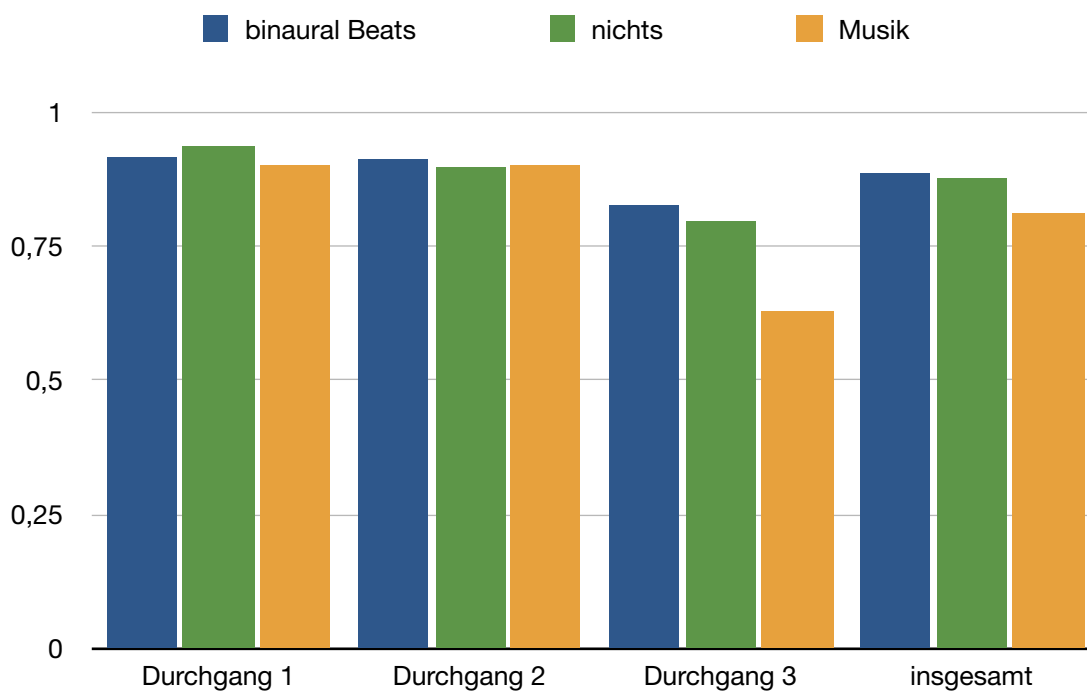


Abb. 7: Ergebnisse in Verbindung mit der akustischen Stimulation

	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3	Arithmetischer Mittelwert
binaural Beats	91,67 %	91,42 %	82,65 %	88,58 %
nichts	93,88 %	90 %	80 %	87,96 %
Musik	90,48 %	90,48 %	62,86 %	81,27 %

Tabelle 2: prozentuale Ergebnisse in Verbindung mit der akustischen Stimulation

Im ersten und leichtesten Durchgang liegt die Gruppe, welche keine auditive Stimulation zu hören bekommen hat, vorne. Dieser Vorsprung erübrigt sich jedoch umgehend im zweiten Durchlauf, da dort die binaural Beats etwas angestiegen sind und bessere Ergebnisse erzielen konnten, als die beiden anderen Gruppen mit Musik oder ohne jegliche Beschallung. Im letzten, somit auch schwersten Durchgang ist ein eindeutiger Unterschied der Gruppen zu erkennen. Die Gruppe mit Musik hat deutlich schlechter abgeschnitten als binaural Beats und ohne Akustik. Im einem Unterschied von 19,79% zwischen Musik und binaural Beats ist die Steigerung der Konzentrationsfähigkeit durch bB an diesem Versuchsdurchgang am deutlichsten zu erkennen.

Insgesamt wird deutlich, dass binaural Beats durchaus leichte Auswirkungen auf die Leistungen der Gruppen hat und die Ergebnisse um rund 0.60% im Vergleich zu keiner akustischen Stimulation steigern konnte.

### 3.4 Evaluation der Ergebnisse

Das Ziel dieser Studien war es, den Effekt von binaural Beats auf die Lernfähigkeit und auf die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses zu beobachten. Wie vorangegangene Studien bereits gezeigt haben, können binaural Beats Auswirkungen auf die Aufmerksamkeit, das auditive sequentielle Gedächtnis, die Arbeitsgedächtnisspeicherung, das logisches Denkvermögen, das kognitive Denkvermögen und auf die hemisphärische Synchronisation haben [4].

Die Ergebnisse der Probanden zeigen, dass Hinweise auf dieses Phänomen durchaus auch in dieser Studie nachweisbar waren.

Der Anstieg der Punkte im letzten Versuchsdurchgang ist der markanteste Unterschied zwischen den einzelnen auditiven Stimulationen. Da dieser Durchlauf, der im Bezug auf den Anspruch der zu merkenden Wörter und der Schwierigkeitsgrad der mathematischen Aufgaben, der schwierigste war, lässt es darauf schließen, dass binaural Beats in



komplexen Situationen, die eine starke Konzentrationsleistung fordern, unterstützen wirken und eine positive Veränderung der Lernfähigkeit bei Schülern ausrufen.

Bei den ersten beiden Versuchsdurchläufen lag der Schwierigkeitsgrad deutlich niedriger, was sich ebenfalls in den erzielten Punkte und dem Unterschied zwischen den einzelnen akustischen Faktoren widerspiegelt.

Dadurch lässt annehmen, dass binaural Beats ihre optimale Wirkung eher bei komplexen Aufgaben, die eine hohe Konzentrationsfähigkeit voraussetzen, erreichen können.

Aufgaben mit einem niedrigeren Schwierigkeitsgrad konnten von den Schülern einfacher bearbeitet werden, unabhängig von der akustischen Stimulation.

Einen Hinweis auf die Verbesserung der Konzentrationsleistung von Schüler durch binaural Beats sind ebenfalls die Prozentzahlen der durchschnittlich erzielten Punktzahlen.

Die Ergebnisse meines Experiments deuten darauf hin, dass binaural Beats sich positiv auf die Informationsspeicherung und -verarbeitung auswirken, was sich durch eine erhöhte Konzentrationsfähigkeit erklären lässt.

In Folge dieses Experiments wäre es interessant zu sehen, welche Ergebnisse bei Menschen mit Gedächtnis- oder anderen kognitiven Defiziten, älteren Menschen oder Personen ohne Hochschul- oder Universitätserfahrung erzielt werden. Es ist wichtig, dass jede zusätzliche Forschung in diesem Bereich in einer möglichst heterogenen Population durchgeführt wird, um externe Validität zu gewährleisten.

### **3.5 Kritische Auseinandersetzung mit dem Experiment**

Durch die kritische Betrachtung des Experiments, kommen einige Punkte zu Tage auf, die bei einer Wiederholung des Experiments verbessert werden müssten, um eine höhere Reliabilität der Ergebnisse zu garantieren.

Einer der schwerwiegenden Kritikpunkte dieses Experiments ist die geringe Anzahl an verfügbaren Probanden. Da diese Experiment im Rahmen des W-Seminar, also der Schule durchgeführt wurde, war es zeitlich und organisatorisch nicht möglich das Experiment mit mehr Probanden durchzuführen. Das Experiment erfordert minimal drei Schulstunden, die an drei Tagen möglichst direkt hintereinander durchgeführt werden sollten, was im schulischen Rahmen mit mehr Probanden nicht realisierbar gewesen wäre.

Ein Experiment mit mehr Schülern hätte ein verlässlicheres und genaueres Ergebnis

hervorgebracht, welches außerdem dazu führen würde, dass das Ergebnis wahrscheinlich wiederholbarer gewesen wäre.

Ein weiteres Problem, das sich leider dezent negativ auf die Verlässlichkeit der Ergebnisse auswirkt, ist die variable Uhrzeit. Leider war es aufgrund des Stundenplans der 10. Klasse nicht möglich die Experimentdurchgänge alle um eine konstante Uhrzeit durch zu führen. Der erste und letzte Durchlauf fand von 11.55 Uhr bis 12.35 Uhr statt, während der zweite Versuchsdurchgang von 7.50 Uhr bis 8.35 Uhr durchgeführt wurde.

Durch diese Inkonsistenz der Zeit kommt es zu Abweichungen in den Ergebnissen, die durch der Müdigkeit der Teilnehmer resultieren. Am Morgen ist ein Großteil der Schüler leistungsfähiger und konzentrierter, als wenn sie einen ganzen Vormittag in der Schule verbracht haben.

#### **4. Schluss**

Die vorherig dargelegten Ergebnisse zeigen, dass binaural Beat Frequenzen, die den Alpha-Bereichen der Gehirnaktivität entsprechen, einen kurzen, jedoch begünstigten Effekt auf das Arbeitsgedächtnis hatten. Die erzielten Punktezahlen deuten darauf hin, dass binaural Beats die Lernfähigkeit der Schüler in komplexen Situationen, die eine starke Konzentration erfordern, signifikant verbesserten. Die Studie legt nahe, dass sich binaural Beats positiv auf die Speicherung und Verarbeitung von Informationen auswirken, was zu einer erhöhten Konzentration führt.

Weitere Forschung wäre interessant, um die Auswirkungen auf Personen mit Gedächtnis- oder kognitiven Defiziten, ältere Menschen oder Personen ohne College- oder Universitätserfahrung zu untersuchen und mit den gesammelten Daten zu vergleichen.

**Danksagung:**

Ich möchte mich ganz herzlich bei der Klasse 10c des Ignaz-Günther-Gymnasiums bedanken, die sich als Probanden für das Experiment zur Verfügung gestellt haben und mich tatkräftig unterstützt haben. Außerdem wäre dieses Unterfangen nicht ohne unseren Schulpsychologen, Herr M. Thoma, möglich gewesen, welcher mir vor allem bei der Erstellung des OSPAN-Tests und des Experiment Protokolls behilflich war. Des Weiteren bin ich sehr dankbar für die Beratung und Unterstützung bei der Umsetzung des Experiments durch Herrn Dr. T. Grillenbeck und Herrn Dr. med. C. Lill. (Psychologe für Kinder und Jugendliche), sowie für die Informationen, bereitgestellt von Herrn P. Citarella (Mitarbeiter des Monroe Instituts).

## **Referenzen**

- [1] Vernon, D., Peryer, G., Louch, J. and Shaw, M. (2014) Tracking EEG changes to alpha and beta binaural beats. *International Journal of Psychophysiology*, 93 (1). pp. 134-139. ISSN 0167-8760.
- [2] Kennerly, R. (1996). An empirical investigation into the effect of beta frequency binaural beat audio signals on four measures of human memory. *Hemi-Synch Journal*, 14(3), 1-4.
- [3] Lane, J. D., Kasian, S. J., Owens, J. E., & Marsh, G. R. (1998). Binaural auditory beats affect vigilance performance and mood. *Physiology & Behavior*, 63(2), 249-252.
- [4] Jakub Kraus, Michaela Porubanová (2015), The effect of binaural beats on working memory capacity, *57(2)*, 135-145
- [5] Carter, C. (2008). Healthcare performance and the effects of the binaural beats on human blood pressure and heart rate. *Journal of Hospital Marketing & Public Relations*, 18(2), 213- 219.
- [6] Unsworth, N., Heitz, R. P., Schrock, J.C., Engle, R. W. (2005) An automated version of the operation span task, *Behavior Research Methods* , 37 (3), 498-505
- [7] Bear, D. M. (1979). Temporal lobe epilepsy: A syndrome of sensory-limbic hyperconnection *Cortex*, 15(3), 357-384.
- [8] <https://flexikon.doccheck.com/de/Elektroenzephalographie>, geöffnet am 31.07.2023

- [9] <https://www.monroeinstitute.org/pages/our-purpose> geöffnet am 01.08.2023
- [10] <https://archive.org/details/robert-a.monroe-bio>, geöffnet am 01.08.2023
- [11] Oster, Gerald (September 1973), Auditory Beats in the Brain, SCIENTIFIC AMERICAN  
S.94
- [12] <https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/arbeitsgedaechtnis>, geöffnet am 06.08.2023
- [13] <https://flexikon.doccheck.com/de/Arbeitsgedächtnis>, geöffnet am 06.08.2023
- [14] <https://flexikon.doccheck.com/de/Assoziationskortex>, geöffnet am 06.08.2023
- [15] [https://flexikon.doccheck.com/de/Limbisches\\_System](https://flexikon.doccheck.com/de/Limbisches_System), geöffnet am 01.09.2023
- [16] <https://www.unicef.de/informieren/aktuelles/presse/-/schule-ist-vollzeitjob-fuer-kinder/276448>, geöffnet am 25.10.2023

# Anhang:

## Durchlauf 1:

### mathematische Gleichungen:

<b>Nummer 1</b> (nichts)	7 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 49P): <b>46P</b>
<b>Nummer 2</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>39P</b>
<b>Nummer 3</b> (binaural beats)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>40P</b>

### Wörter:

<b>Nummer 1</b> (nichts)	7 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 49P): <b>46P</b>
<b>Nummer 2</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>37P</b>
<b>Nummer 3</b> (binaural beats)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>37P</b>

### insgesamt:

<b>Nummer 1</b> (nichts)	7 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 98P): <b>92P</b>
<b>Nummer 2</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 84P): <b>76P</b>
<b>Nummer 3</b> (binaural beats)	6 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 84P): <b>77P</b>

## Durchlauf 2:

### mathematische Gleichungen:

<b>Nummer 1</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>42P</b>
<b>Nummer 2</b> (binaural beats)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>35P</b>
<b>Nummer 3</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>35P</b>

### Wörter:

<b>Nummer 1</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 42P): <b>34P</b>
<b>Nummer 2</b> (binaural beats)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>29P</b>
<b>Nummer 3</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>28P</b>

### insgesamt:

<b>Nummer 1</b> (Musik)	6 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 84P): <b>76P</b>
<b>Nummer 2</b> (binaural beats)	5 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 70P): <b>64P</b>
<b>Nummer 3</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 70P): <b>63P</b>

## Durchlauf 3:

### mathematische Gleichungen:

<b>Nummer 1</b> (binaural beats)	7 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 49P): <b>38P</b>
<b>Nummer 2</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>28P</b>
<b>Nummer 3</b> (Musik)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>23P</b>

### Wörter:

<b>Nummer 1</b> (binaural beats)	7 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 49P): <b>43P</b>
<b>Nummer 2</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>28P</b>
<b>Nummer 3</b> (Musik)	5 Teilnehmer mit je 7 zu erreichenden Punkten (insgesamt 35P): <b>21P</b>

### insgesamt:

<b>Nummer 1</b> (binaural beats)	7 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 98P): <b>81P</b>
<b>Nummer 2</b> (nichts)	5 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 70P): <b>56P</b>
<b>Nummer 3</b> (Musik)	5 Teilnehmer mit je 14 zu erreichenden Punkten (insgesamt 70P): <b>44P</b>

# W-Seminar: Experiment Protokoll

## (1. DURCHFÜHRUNG)

Datum: \_\_\_\_\_

Zahl der Teilnehmer: \_\_\_\_\_

### 1. Begrüßung + Sicherheitshinweise

Hallo und herzlich Willkommen zu einem kleinen Experiment im Rahmen des W-Seminars der Q11.

Vielen Dank, dass Du sich zu der Teilnahme an diesem Experiment entschieden hast.

Ich, als Leiter dieses Experiments, werde dich nun durch diesen Test begleiten.

Um gewährleisten zu können, dass jeder Teilnehmer dieses Experiments in jeder Gruppe die gleiche Behandlung unter den gleichen Bedingungen erhält, wird Euch nun dieser Text vorgelesen.

Warnhinweise: Falls Du unter epileptischen Anfällen oder Ähnlichem leidest, oder Trigger jeglicher Art bei Euch durch Töne ausgelöst werden, bitte ich Euch dringlich an diesem Test nicht teilzunehmen.

Zusätzlicher Hinweis: Ich bitte dich während des Tests den Raum nicht zu verlassen. Falls es zu einem Notfall kommen sollte, ist es Euch natürlich gestattet den Test zu verlassen. Es sollte jedoch vermieden werden, da dies die Ergebnisse dieses Tests verfälschen kann.

### 2. Einführung zum Test

Jeder bekommt nun ein iPad mit einem Kopfhörer angeschlossen. Diese iPads sind bereits passend eingestellt und sollten nicht verändert werden. Bitte die iPads umgekehrt vor Euch hin und setzt die Kopfhörer auf, schaltet die Tablets unter keinen Umständen aus! Die Lautstärke ist ebenfalls schon passend eingestellt. Das iPad einfach nicht verändern und umgedreht vor euch hinlegen.

Ihr bekommt nun ein vorgefertigtes Blatt, auf dem Ihr eure Ergebnisse notieren sollt.

Bitte überprüfe, ob vor dir ein Blatt und ein Stift griffbereit liegen. Wenn ja, können wir fortfahren.

Ablauf des Tests: Es werden nun an der Wand vor Euch abwechselnd eine einfache mathematische Gleichung und danach nach 20s ein Wort gezeigt. Du beurteilst nun, ob diese mathematische Gleichung richtig oder falsch ist und notieren die Antwort auf dem bereitgestellten Zettel. Danach wird ein beliebiges Wort für 10 Sekunden eingeblendet. Diese eingeblendeten Wörter musst Du am Ende dieses Tests in der richtigen Reihenfolge wiedergeben. Um Euch diesen Ablauf zu verdeutlichen wird nun ein kleiner Testdurchlauf starten.

### 3. PowerPoint Präsentation mit dem Test

### 4. Einsammeln der bearbeiteten Blätter und iPads

### 5. Unterricht für 15 Minuten

### 6. Austeilen der 2. Blätter für die Wiedergabe der zumerkenden Wörter in der richtigen Reihenfolge

### 7. Bearbeitungszeit: 5 Minuten

### 8. Einsammeln

UNTERSCHRIFT: \_\_\_\_\_

<b>Wörter in richtiger Reihenfolge</b>	
<b>1.</b>	
<b>2.</b>	
<b>3.</b>	
<b>4.</b>	
<b>5.</b>	
<b>6.</b>	
<b>7.</b>	



<b>mathematische Gleichungen:</b>	<b>Richtig</b>	<b>Falsch</b>
<b>1.</b>		
<b>2.</b>		
<b>3.</b>		
<b>4.</b>		
<b>5.</b>		
<b>6.</b>		
<b>7.</b>		