

Beeinflusst Musik die Fahrleistung beim Autofahren?

Kirsten Isabel Löffler¹⁾, Katharina Fella¹⁾, Alexander Mentel¹⁾, Britta Husemann¹⁾,
Bernd Rossbach¹⁾, Heiko Hecht²⁾, Stephan Letzel¹⁾

¹⁾Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin Mainz
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

²⁾Psychologisches Institut der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Zusammenfassung

90% aller Autofahrer hören beim Autofahren Musik. Dabei wird die Wirkung der Musik kontrovers diskutiert. Musik könnte einerseits leistungssteigernd und stressreduzierend wirken, indem sie in beanspruchenden Situationen entspannend wirkt und damit die negativen Auswirkungen von Stress auf die kognitive Leistungsfähigkeit reduziert. Jedoch ist auch eine entgegengesetzte Wirkung denkbar, weil Musik Aufmerksamkeitsressourcen in Anspruch nimmt, und dies dazu führen kann, dass es zu Leistungseinbußen im kognitiven Bereich kommt.

Um der Frage nachzugehen, ob Musik die kognitive Leistungsfähigkeit und das subjektive Beanspruchungserleben beeinflusst, wurde eine experimentelle Studie an 60 Probanden im Fahrsimulator durchgeführt.

Unter den gegebenen Bedingungen (junge Probanden, moderate Stresssituation, vorgegebene Musik) erwies sich die Fahrleistung im Simulator und das subjektive Befinden als stabil gegenüber der Wirkung von Musik.

Schlüsselwörter: Musik – Autofahren – Fahrsimulator – Stress – Beanspruchung

Influence of Music on driving performance and strain reaction while driving

Abstract

90% of all car drivers listen to music while driving a car. The influence of music has been discussed controversially. On one hand, music could enhance cognitive performance due to a relaxing effect in demanding situations because it reduces the negative impact of stress on cognitive performance. On the other hand, music occupies resources of alertness and could therefore lead to reduced cognitive performance.

To find out if music alters cognitive performance and subjective strain, we conducted an experimental study on 60 subjects in a driving simulator.

In this study cognitive performance or subjective strain were stable under the given study conditions (young subjects, moderate stress situation, and predetermined music).

Key words: Music – driving simulator – stress – strain – car driving

1 Einleitung

Aktivierung beschreibt einen Zustand der Leistungsfähigkeit und -bereitschaft des Menschen und kann zwischen Schlaf und Übererregung variieren. Sie ist eine notwendige Voraussetzung, um Leistung zu erbringen. Ist jedoch die Verbindung zwischen Leistung und Aktivierung nicht linear, überschreitet die Aktivierung einen kritischen Punkt, nimmt die Leistung wieder ab¹.

Diese Abnahme der Leistungsfähigkeit aufgrund zu hoher Aktivierung kann

unterschiedliche Ursachen haben (z.B. Überbeanspruchung) und vom Betroffenen auch unterschiedlich bewertet werden. Eine negative Bewertung dieses Leistungsrückgangs und die daraus resultierenden möglichen Folgen psychologischer (nicht Erreichen von Zielen, Fehler o.ä.) oder physiologischer (Herzfrequenzanstieg, Unruhe) Natur werden im Allgemeinen von den Betroffenen als Stress bezeichnet².

Beim Autofahren ist eine Abnahme der Leistung kritisch, da sie zu verminderter

Verkehrssicherheit führen kann. Dabei können sowohl die Unterforderung in monotonen Fahrsituationen wie die Überbeanspruchung durch anspruchsvolle Fahrsituationen negative Auswirkungen auf die Fahrleistung haben.

90% aller Autofahrer hören beim Autofahren Musik³. Dabei wird die Wirkung der Musik in beanspruchenden Situationen kontrovers diskutiert. Musik könnte einerseits leistungssteigernd⁴ und stressreduzierend⁵ sein, indem sie entspannend wirkt und damit die negativen Aus-

wirkungen von Stress auf die kognitive Leistungsfähigkeit reduziert. Jedoch ist auch ein Effekt in der umgekehrten Richtung denkbar, weil Musik Aufmerksamkeitsressourcen in Anspruch nimmt, und dies in beanspruchenden Situationen dazu führen kann, dass es zu kognitiven Leistungseinbußen im Sinne einer Überbeanspruchung kommt^{3, 39}.

1,5 Mrd. Personenkilometer werden in Deutschland täglich mit einem PKW zurückgelegt. 29% davon stehen in engem Zusammenhang mit der Berufsausübung (21% Arbeitswege, 8% Dienstreisen u.ä.)⁶. Im Jahr 2007 starben 4970 Personen im Straßenverkehr, 431 500 wurden verletzt⁷. Wenn Musik tatsächlich einen Einfluss auf Leistungs- und Befindlichkeitsparameter hat, so ist es von Bedeutung, die Richtung und das Ausmaß des Effektes zu kennen, um gezielt positive Auswirkungen fördern bzw. negative vermeiden zu können.

Das Ziel der hier vorgestellten experimentellen Untersuchung ist die Ermittlung des Effektes von Musik auf Fahrleistung und Beanspruchung während einer simulierten Autofahrt.

2 Methodik

Probanden:

60 Studenten der Universität Mainz wurden jeweils zur Hälfte in eine Kontroll- (KG) und eine Interventionsgruppe (IG) randomisiert. Einschlusskriterien waren: Alter zwischen 18 und 35 Jahren, Deutsch als Muttersprache, PKW-Führerschein, Immatrikulation als Student, körperliche Gesundheit und eine geringe Anfälligkeit gegenüber Simulatorkrankheit. Die Neigung gegenüber Simulatorkrankheit wurde anhand eines Fragebogens und einer Testfahrt im Fahrsimulator vor Beginn des Experimentes bestimmt. Probanden, bei denen eine Neigung zur Simulatorkrankheit festgestellt wurde, wurden von der Durchführung des Experimentes ausgeschlossen, da die Symptome der Simulatorkrankheit (Unwohlsein, Übelkeit, Schwindel) die Zielgrößen stark beeinflussen können.

Versuchsablauf:

Am Morgen des Untersuchungstages wurden von den Probanden Speichelpro-

ben zur Bestimmung des Cortisolgehaltes gesammelt (vor dem Aufstehen und 30 Minuten nach dem Aufwachen). Das Experiment wurde vormittags in der Zeit zwischen 8:00 und 12:00 Uhr am Institut für Arbeits-, Sozial- und Umweltmedizin in Mainz durchgeführt. Kurz nach dem Eintreffen wurde den Probanden eine Reihe von Fragebögen vorgelegt (siehe Erfassungsinstrumente). Nach dem Ausfüllen wurden sie gebeten, sich für 10 Minuten auf einer Liege zu entspannen, um danach erneut eine Speichelprobe zu entnehmen. Vor der Simulatorfahrt erfolgte zur Stressinduktion die Durchführung von beanspruchenden kognitiven Tests (Farbwahl-Interferenz-Test nach J.R. Stroop und ein Kurztest zur numerischen Flexibilität aus dem Wiener Testsystem).

Nach der Stressinduktion wurden zunächst erneut eine Speichelprobe abgenommen und weitere Fragebögen zur Beantwortung vorgelegt. Danach nahmen die Probanden im Fahrsimulator Platz. Erst zu diesem Zeitpunkt erfolgte die randomisierte Gruppenzuordnung. Eine Gruppe fuhr ohne Musik, die andere Gruppe hörte bei der Autofahrt „Musik zum Autofahren“ Volume 1 – Entspannung (Deutscher Verkehrssicherheitsrat). Die Befindlichkeit wurde abgefragt, indem die Probanden gebeten wurden ihre aktuelle Befindlichkeit selbst einzuschätzen (siehe Abschnitt Erfassungsinstrumente). Während der Fahrsimulatorfahrt wurden alle 10 Minuten mit Hilfe einer kontinuierlichen Tonaufzeichnung die Frage nach der Befindlichkeit gestellt und die Antwort der Probanden elektronisch erfasst. Die Probanden wurden ebenfalls mittels der Tonaufzeichnung nach 30 und 60 Minuten erneut aufgefordert Speichelproben abzugeben. Der Fahrsimulator dokumentierte die Fahrleistung (Fahrfehler, Reaktionszeiten, Geschwindigkeit u.ä.). Die Fahrt wurde als Überlandstrecke mit Gefahrensituationen gestaltet, beispielsweise sprang ein Reh auf die Straße, ein parkender Wagen fuhr überraschend los, ein Ball hüpfte auf die Straße, die Autotür eines parkenden Fahrzeugs öffnete sich oder ein Fußgänger überquerte die Fahrbahn. Die Fahrt war für Experiment- und Kontrollgruppe identisch. Die

Fahrzeit im Simulator betrug 60 Minuten. Nach Beendigung der Fahrt wurden die Probanden erneut gebeten Fragebögen auszufüllen. Der Testleiter hatte ab Beginn der Simulatorfahrt bis nach dem Ende der Datenerhebung keinen Kontakt mehr zu den Probanden. Aus Sicherheitsgründen wurden die Probanden mit einer Kamera überwacht.

Erfassungsinstrumente:

- Fragebögen zu soziodemografischen und gesundheitlichen Angaben sowie zu Musikgeschmack und -gewohnheiten. (Einmalig vor Durchführung des Experimentes.)
- Der Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB) diente dazu die subjektive Beanspruchung in kurzen Retestintervallen zu erfassen. Die aktuelle Beanspruchung wird dabei als Teilaspekt des momentanen Befindens definiert. Eine Person kann sich dabei zwischen minimal und maximal beansprucht erleben⁸. Die Durchführung erfolgte vor und nach der Stressinduktion sowie nach der Simulatorfahrt.
- Die Fahrleistung wurde aus den Protokolldateien des Fahrsimulators berechnet. Dabei wurde zunächst eine Tauglichkeitskennzahl ermittelt. Diese ist eine Gesamtmesszahl für die Fahrleistung und setzt sich folgendermaßen zusammen: $100 / (1 + \text{Spurabweichung} + (t1/\text{Gefahrene Strecke in Kilometern}))$. Dabei entspricht $t1$ einem Gewichtungsfaktor, in den die Reaktionsgeschwindigkeit und die Anzahl der Unfälle eingehen. Zusätzlich wurde die Reaktionsgeschwindigkeit auf unerwartete Ereignisse berechnet. Die Tauglichkeitskennzahl wurde immer im Anschluss an einen bestimmten Routenabschnitt (Runde) berechnet.
- Während der Simulatorfahrt wurden die Probanden gebeten, ihre Befindlichkeit subjektiv zu bewerten und diesen Wert auf einer Skala von 0 bis 20 einzuordnen. 20 bedeutete dabei sehr gutes Befinden und 0 bedeutete extrem schlechtes Befinden.
- Der Cortisolgehalt im Speichel wurde mittels eines kompetitiven Radioimmunoassays bestimmt (Cortisol-RIA Coat-A-Count (¹²⁵I), DPC Biermann GmbH, Bad Nauheim). Die untere Nachweis-

grenze betrug 0,05 µg/dl. Die inter- und intra-Proben-Variationskoeffizienten waren deutlich unter 10% bei Konzentrationen zwischen 3,1 bis 36 µg/dl. Es wurde jeweils eine Doppelbestimmung durchgeführt.

Neben den hier dargestellten Erhebungsinstrumenten wurden physiologische Parameter wie die Herzfrequenz und Muskelanspannung gemessen. Die Ergebnisse dieser Daten werden jedoch in der vorliegenden Arbeit nicht dargestellt.

Statistische Auswertung:

Für die statistische Auswertung wurde SPSS 14.0 für Windows verwendet. Zunächst erfolgte eine explorative Datenanalyse. Aufgrund der Datenstruktur (Kategorien) und teilweise nicht normaler Verteilung wurden Gruppenunterschiede zu Beginn der Untersuchung und nach Intervention mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Test berechnet. Unterschiede im Zeitverlauf wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Matched-Pair-Test berechnet. Um eventuelle Hinweise auf kleine Gruppenunterschiede zu erhalten, wurde bei den kategorialen Parametern zusätzlich eine Varianzanalyse (ANOVA) mit Messwiederholungsdesign durchgeführt. Zur besseren Beurteilung des Einflusses der Musik auf den Cortisolgehalt im Speichel wurde eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) mit Messwiederholung mit den Kovariaten aus der Aufwach- und Stressreaktion des Speichelgehaltes berechnet. Das Signifikanzniveau wurde auf $\alpha = 0,05$ festgesetzt.

3 Ergebnisse

Kollektiv

Die Probanden waren im Durchschnitt in der Kontrollgruppe 23,1 (23) ± 3,2 (Mittelwert (Median) ± SD) Jahre alt und in der Interventionsgruppe 24,0 (24) ± 2,4. In der Kontrollgruppe waren 14 von 30 Probanden männlich und in der Interventionsgruppe 11 Probanden.

Nur jeweils 6 Probanden aus beiden Gruppen lenkten zum Untersuchungszeitpunkt täglich ein Auto. Alle anderen waren zwar im Besitz eines PKW-Führerscheins, fuhren jedoch nur gelegentlich Auto. In beiden Gruppen befanden sich jeweils 9 Probanden, die täglich oder gelegent-

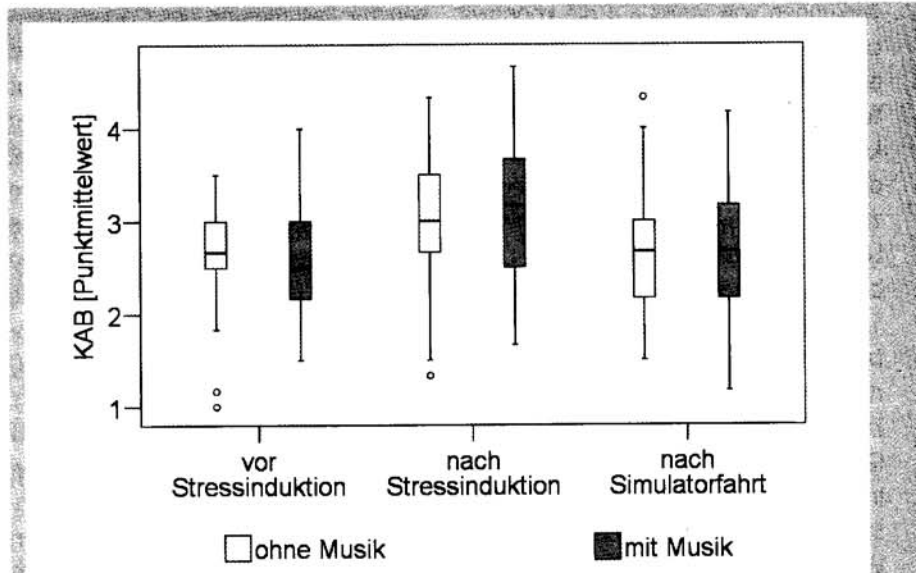


Abbildung 1: Subjektive Bewertung der aktuellen Beanspruchung [Boxplots] vor und nach Stressinduktion sowie nach der Simulatorfahrt. Kein signifikanter Gruppenunterschied. Statistisch signifikante Zunahme der Beanspruchung nach Stressinduktion im Vergleich zu beiden anderen Messzeitpunkten.

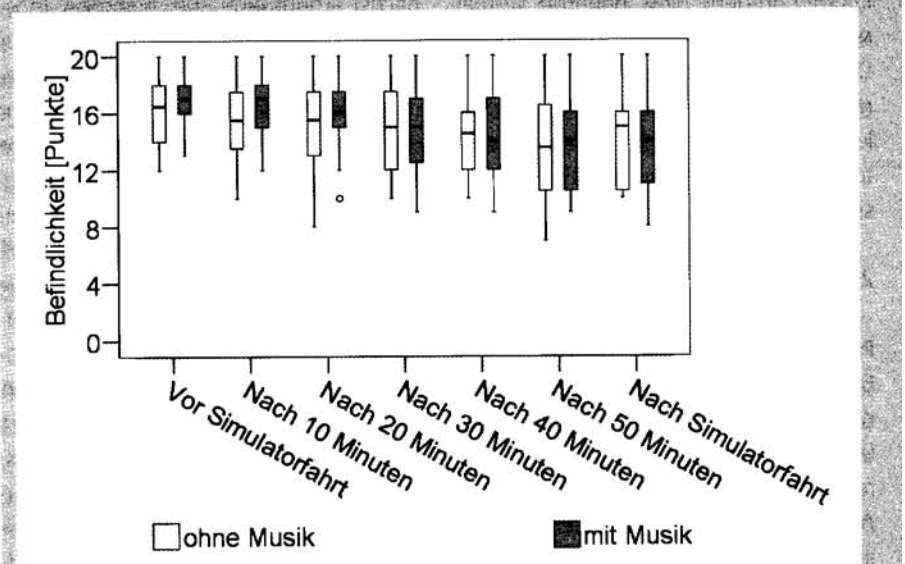


Abbildung 2: Subjektive Bewertung der aktuellen Befindlichkeit [Boxplots] vor, während und nach Simulatorfahrt. Kein signifikanter Gruppenunterschied. Statistisch signifikante Abnahme der Befindlichkeit im Verlauf der Fahrt.

lich Zigaretten rauchten. In der Kontrollgruppe waren 9 Probanden, die 2- bis 4-mal pro Woche Alkohol konsumierten und in der Interventionsgruppe 4 Probanden. Der Konsum von sonstigen Drogen wurde, abgesehen von einem Probanden in der Kontrollgruppe, verneint. Am Untersuchungstag hatten in der Kontrollgruppe 4 und in der Untersuchungsgruppe 3 Probanden bereits Nikotin konsumiert, kein Proband gab an Alkohol konsumiert zu haben.

Musikgewohnheiten

Nach Angaben im Fragebogen zu den Musikgewohnheiten teilten 27 Probanden (90%) der Kontrollgruppe mit, immer beim Autofahren Musik zu hören; in der Interventionsgruppe waren es 20 Probanden (67%). Dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant (Chi-Quadrat nach Pearson $p = 0,150$). 28 Probanden der Interventionsgruppe gaben an, dass Musik eine mittelmäßige oder große Bedeutung in ihrem Leben spiele, in der Kontrollgruppe waren es 29 Probanden.

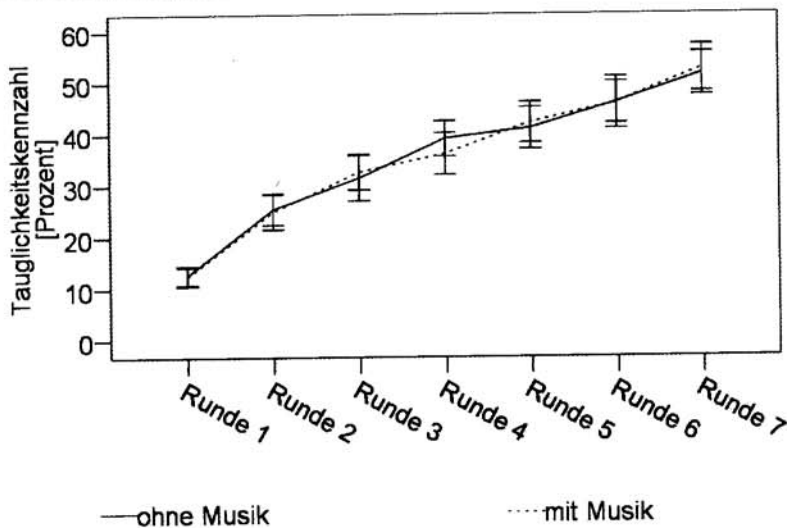


Abbildung 3: Fahrleistung anhand der Tauglichkeitskennzahl [Prozent] während der Simulatorfahrt. Kein signifikanter Gruppenunterschied. Statistisch signifikante Zunahme der Fahrleistung im Verlauf der Fahrt.

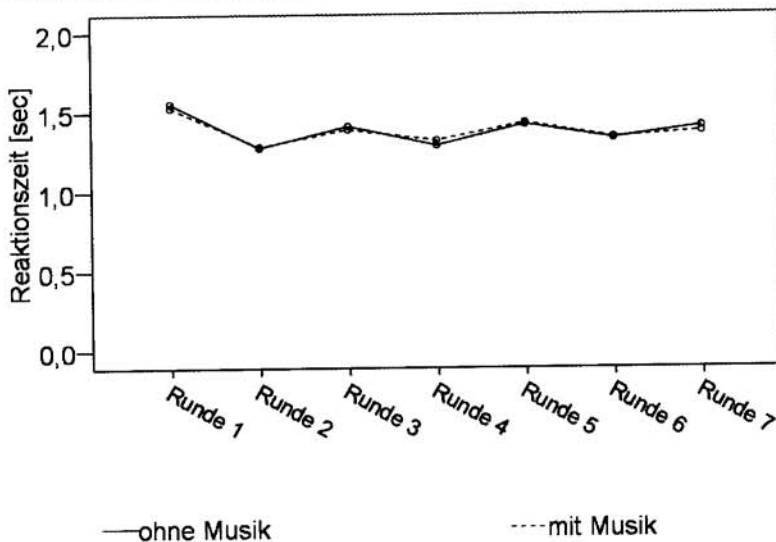


Abbildung 4: Reaktionsgeschwindigkeit [sec] während der Simulatorfahrt. Kein signifikanter Gruppenunterschied. Statistisch signifikante Abnahme der Reaktionsgeschwindigkeit Runde 1 im Vergleich zum Rest der Fahrt.

die Ausgangswerte vor der Stressinduktion. Mittels Friedman-Test konnte dieser Effekt über die Zeit nachgewiesen werden ($X^2 = 13,55$, $N = 59$ und $p < 0,001$). Mit Wilcoxon matched pair test und Bonferoni-Korrektur ($\alpha = 0,016$) wurde errechnet, welche Zeitpunkte sich signifikant voneinander unterscheiden: Es gab einen signifikanten Unterschied zwischen dem Zeitpunkt vor Stressinduktion und nach Stressinduktion ($p < 0,000$), sowie zwischen den Zeitpunkten nach der Stressinduktion und nach der Simulatorfahrt ($p = 0,001$). Gruppenunterschiede zeigten sich zu keinem Zeitpunkt, weder mit dem Kruskal-Wallis-Test noch mit einer einfaktoriellen ANOVA.

Aktuelle Befindlichkeit

Experimental- und Kontrollgruppe unterschieden sich nicht in ihrer aktuellen Befindlichkeit vor, während und nach der Simulatorfahrt, weder mit dem Kruskal-Wallis-Test noch mit einer einfaktoriellen ANOVA. Die Befindlichkeit ist vor der Simulatorfahrt am höchsten und nimmt in beiden Gruppen kontinuierlich ab. Mittels Friedman-Test konnte dieser Effekt der Zeit nachgewiesen werden ($X^2 = 121,94$, $N = 59$ und $p < 0,000$) (Abbildung 2).

Tauglichkeitskennzahl

Experimental- und Kontrollgruppe unterschieden sich nicht in ihrer Fahrleistung während der Simulatorfahrt (ANOVA mit Messwiederholung). Dies betraf alle die Fahrleistung betreffenden gemessenen Parameter wie Tauglichkeitskennzahl, Geschwindigkeit, Reaktionsgeschwindigkeit und Spurtreue.

Die Fahrleistung ist bei Beginn der Simulatorfahrt am geringsten und nimmt in beiden Gruppen kontinuierlich zu (Abbildung 3). Beide Gruppen fuhren im Durchschnitt etwa sieben Runden. Mittels ANOVA mit Messwiederholung konnte dieser Effekt der Zeit nachgewiesen werden ($F = 185,926$, $N = 59$ und $p < 0,000$).

Reaktionsgeschwindigkeit

Experimental- und Kontrollgruppe unterschieden sich nicht in ihrer Reaktionsgeschwindigkeit auf unerwartete Ereignisse während der Simulatorfahrt (ANOVA

90% der Probanden der Experimentalgruppe und 100% der Probanden der Kontrollgruppe beschreiben, subjektiv an sich selbst Veränderungen wahrzunehmen beim Konsum von Musik, wie beispielsweise entspannende Effekte.

Musik während der Simulatorfahrt

Von den Probanden, die während der Simulatorfahrt Musik hörten, gaben 11 an, dass ihnen die Musik gar nicht oder weniger gut gefallen hat und 23 kreuzten an, diese Musik während einer realen

Autofahrt nicht freiwillig anzuhören. 16 Probanden stellten jedoch fest, dass die Musik, die während der Simulatorfahrt gespielt wurde, trotzdem entspannend wirkte.

Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung

Die erlebte Beanspruchung der Probanden war vor der Stressinduktion am niedrigsten und nach der Stressinduktion am höchsten (Abbildung 1). Nach der Simulatorfahrt erreichten die Werte nahezu

mit Messwiederholung Mittelwert \pm SEM). Die Reaktionsgeschwindigkeit ist in der ersten Runde der Simulatorfahrt am längsten und wird dann kürzer (bzw. bleibt dann gleichmäßig kürzer). Mittels ANOVA mit Messwiederholung konnte dieser Effekt der Zeit nachgewiesen werden ($F = 26,77$, $N = 59$ und $p < 0,000$) (Abbildung 4).

Cortisol im Speichel

Experimental- und Kontrollgruppe unterscheiden sich leicht in ihrer Aufwachreaktion und der Reaktion auf Beanspruchung (Stressinduktion und Simulatorfahrt). Dieser Gruppenunterschied ist jedoch nicht statistisch signifikant (ANOVA mit Messwiederholung). Mittels ANOVA mit Messwiederholung konnte ein Effekt der Zeit nachgewiesen (hauptsächlich Aufwachreaktion) werden ($F = 19,52$, $N = 35$ und $p < 0,000$) (Abbildung 5). Die Stressinduktion führte nicht zu einer Erhöhung des Cortisolgehaltes im Speichel im Vergleich zur Ruhemessung. Auch durch eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) mit Messwiederholung mit den Kovariaten aus der Aufwach- und Stressreaktion konnte kein Einfluss der Musik auf die Cortisolausschüttung im Speichel nachgewiesen werden ($F = 0,84$, $N = 35$ und $p = 0,774$).

4 Diskussion

Mit dieser Untersuchung sollte der Einfluss von Musik auf die kognitive Leistung und die Beanspruchung von Probanden während einer praxisrelevanten leistungsfordernden Situation (Autofahrt) evaluiert werden. Bei keiner der untersuchten abhängigen Variablen konnte ein Effekt durch Musik nachgewiesen werden.

Probandenauswahl

Ziel experimenteller Untersuchungen ist es, Aussagen über eine definierte Grundgesamtheit zu treffen. In dem vorliegenden Fall soll eine Aussage darüber getroffen werden, ob Musik einen Effekt auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das Beanspruchungserleben von Autofahrern hat. Da es nicht möglich ist, alle Autofahrer in einem Experiment zu betrachten, muss man sich damit behelfen eine Stichprobe zu untersuchen, also einen Teil der Gesamtpopulation. Um eine

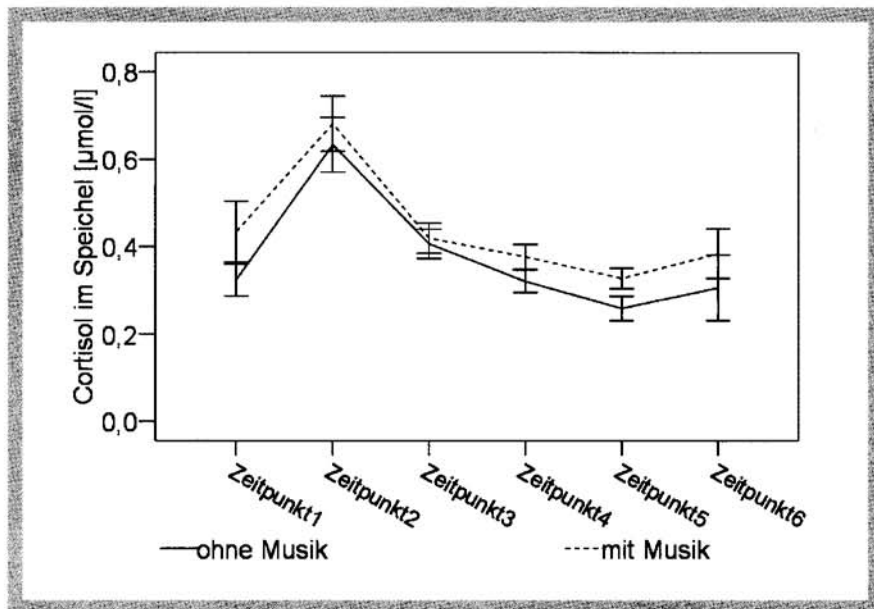


Abbildung 5: Cortisol im Speichel [mmol/L]. Zeitpunkte: 1 = morgens nach dem Aufwachen vor dem Aufstehen; 2 = 30 min nach dem Aufwachen; 3 = vor Stressinduktion und nach 10-minütiger Ruhephase; 4 = nach Stressinduktion; 5 = während der Simulatorfahrt; 6 = nach der Simulatorfahrt. Die Gruppen unterscheiden sich nicht signifikant. Die Stressinduktion führt nicht zu einer Erhöhung des Cortisolgehaltes im Speichel. Musik beeinflusst den Cortisolgehalt im Speichel ebenfalls nicht.

generelle Aussage treffen zu können, muss die Stichprobe bestimmte Merkmale erfüllen. Zwei wesentliche Merkmale einer solchen Stichprobe sind dabei die Gruppengröße (siehe Fallzahl) und die zufällige Zusammensetzung der Stichprobe. Zufällig bedeutet dabei, dass alle Teilmengen, die aus dieser Grundgesamtheit gebildet werden können, gleich wahrscheinlich sind. In der vorliegenden Untersuchung weicht die untersuchte Experimentalgruppe geplant von einer zufälligen Stichprobe aller Autofahrer ab, da eine Stichprobe untersucht wurde (Studenten der Universität Mainz im Alter zwischen 18 und 35), die bereits vorgruppiert war und sich in einigen Punkten von der Grundgesamtheit der Autofahrenden Allgemeinbevölkerung unterschied:

- Alter
- Soziale Stellung
- Bildung
- Selektion der nicht von Simulatorkrankheit betroffenen Probanden

Gründe für diese Selektion waren organisatorischer, aber auch finanzieller Natur. Dieses Vorgehen ist derzeit bei der Durchführung von wissenschaftlichen Experimenten üblich. Bei der Interpretation der Ergebnisse muss diese Selektion einschränkend beachtet werden.

Wenn also die vorliegende Studie ein wie auch immer geartetes Ergebnis liefert, schließt dies natürlich nicht aus, dass es in anderen Teilpopulationen der interessierenden Gruppe, z.B. ältere Autofahrer, anders aussehen kann. Trotzdem ist es anhand der vorliegenden Studie möglich, eine Aussage darüber zu treffen, ob bei dieser untersuchten Gruppe ein Musikeffekt vorliegt und wenn ja, in welche Richtung dieser geht. D.h. ob Musik leistungsfördernd oder -senkend wirkt. Besonders interessant ist diese Aussage auch deswegen, weil diese Teilpopulation der jungen Autofahrer besonders gefährdet ist, Unfälle zu erleiden⁹.

Randomisation

Auch wenn die untersuchte Experimentalgruppe in ihrer Gesamtheit in einigen Punkten von der Autofahrenden Gesamtpopulation abweicht, die Experimental- und Kontrollgruppe unterscheiden sich nicht hinsichtlich solcher Parameter, da die Auswahl der beiden Gruppen nach identischen Kriterien erfolgte (Einschlusskriterien) und die Gruppenzuordnung nach dem Zufallsverfahren vorgenommen wurde (Randomisation). Das bedeutet, dass eventuelle Gruppenunterschiede ausschließlich zufälliger Natur sein können und nicht aufgrund

eines systematischen Fehlers vorliegen. Dies ist in der vorliegenden Untersuchung insbesondere auch dadurch gewährleistet, dass die Gruppenzuordnung weder durch den Untersucher noch für den Proband vorhersehbar war (concealment of allocation).

Verblindung

Voraussetzung dafür, dass Unterschiede zwischen Kontroll- und Untersuchungsgruppe sich nur aufgrund der Intervention (also im vorliegenden Fall der Musik) ergeben, ist die möglichst vollständige Verblindung der Intervention um Versuchsleiter- oder Placeboeffekte zu verhindern. Eine Verblindung der Probanden ist im Zusammenhang mit Musik allerdings nicht zu erreichen. Es ist aber möglich, die Versuchsleiter zu verblinden. Die Zuordnung zu Experimental- oder Kontrollgruppe geschah unmittelbar vor der Simulatorfahrt per Los, so dass alle Versuchsleitereffekte vor diesem Zeitpunkt ausgeschlossen werden konnten beziehungsweise sich zufällig auf beide Gruppen verteilen. Die Probanden fuhren den Parcours im Simulator alleine, ohne Kontakt zu einem Versuchsleiter, alle Messgrößen wurden ohne die Einflussnahme eines Versuchsleiters erhoben und demnach konnte der Einfluss des Versuchsleitereffektes auf Gruppenunterschiede reduziert werden.

Nicht auszuschließen ist dabei jedoch, dass die Probanden bereits einer generellen Beeinflussung unterliegen, also beispielsweise einer kollektiven Vorstellung, dass Musik z.B. entspannend wirken soll und diese Meinung auch Einfluss auf die Beantwortung der Fragebögen haben konnte.

Fallzahl

Bei den derzeit angewendeten statistischen Methoden kann auch bei kleinsten Effekten ein statistisch signifikantes Ergebnis erzeugt werden, wenn die Stichprobe nur groß genug gewählt wird. Dabei kann es durchaus sein, dass der statistisch signifikante Unterschied keinerlei biologische Relevanz hat. Aus diesem Grund ist bei der Planung von Studien die Fallzahlplanung ein entscheidender Schritt, um über die Qualität und Interpretierbarkeit einer Studie zu entschei-

den. Die Fallzahlplanung ist eine Kette von Überlegungen, an deren Ende die Größe des zu untersuchenden Stichprobenumfangs steht. Dabei ist ein optimaler Stichprobenumfang dann gegeben, wenn ein statistisch signifikantes Ergebnis mit großer Wahrscheinlichkeit nur dann zu erhalten ist, wenn auch ein biologisch relevanter Effekt vorliegt. Umgekehrt ausgedrückt bedeutet es, dass, wenn kein statistisch signifikantes Ergebnis erreicht wird, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch kein biologisch relevanter Einfluss der Intervention vorliegt.

Für die vorliegende Studie wurde eine Fallzahlberechnung für den primären Zielparameter Anzahl der Fehler pro Zeit (ein Teilaspekt aus der Tauglichkeitskennzahl) und den Kurzfragebogen zur Beanspruchung berechnet. Die Fallzahlberechnung konnte nicht direkt für die Tauglichkeitskennzahl vorgenommen werden, da für diese keinerlei Ergebnisse aus Voruntersuchungen oder Literatur vorliegen. Die Berechnung erfolgte mit dem Programm Power und Sample Size Calculations von Dupont¹⁰.

Messung von Fahrleistung (Tauglichkeitskennzahl)

Die Fahrt im Fahrsimulator ist in vielerlei Hinsicht einem psychomotorischen Test (z.B. aus dem Wiener Testsystem) sehr ähnlich. Unter standardisierten Bedingungen wird eine kognitive Leistung abgefordert und gleichzeitig die Ergebnisse (Anzahl der Fehler, Reaktionsgeschwindigkeit, Spurabweichungen, Fahrtgeschwindigkeit u.ä.) aufgezeichnet. Der Vorteil der Fahrsimulation ist dabei der hohe Praxisbezug und die im Vergleich zu anderen Tests nur wenig vereinfachte Testanforderung und -umgebung. Das Fahren ist dabei eine hochkomplexe kognitive Aufgabe mit Anteilen der Aufmerksamkeits- und Vigilanzmessung, jedoch spielen auch psychomotorische Leistungen sowie Entscheidungsfindung und Situationsbeurteilung eine Rolle. Der Nachteil der Fahrsimulation ist, dass es noch keine Normierung und Evaluation der verwendeten Fahrt gibt. Daher kann keine Aussage darüber getroffen werden, wie sich die Leistung in der vorliegenden Studie im Vergleich zur Norm darstellt. Da aber in dem experimentel-

len Design Kontroll- und Experimentalgruppe miteinander verglichen werden, ist eine sinnvolle Aussage darüber, ob die angewendete Musik einen relevanten Einfluss auf die Fahrleistung hatte, durchaus möglich.

Ein weiterer Nachteil der Fahrsimulation ist die Häufigkeit des Auftretens von Symptomen der Simulatorkrankheit, wie Übelkeit, Erbrechen, Schwindel und Konzentrationsstörungen, die ihrerseits die kognitive Leistungsfähigkeit beeinträchtigen können. Um die unangenehmen Symptome der Simulatorkrankheit für die Probanden zu minimieren und deren Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit und das allgemeine Befinden gering zu halten, wurden in einer Voruntersuchung Individuen, die sehr empfindlich gegenüber der Simulatorkrankheit waren, identifiziert und von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen. Die Randomisation erfolgte erst nach dieser Selektion.

Messung von Stress/Beanspruchung

Unter psychischer Belastung versteht man die Gesamtheit der erfassbaren Einflüsse, die auf einen Menschen zukommen und auf ihn einwirken¹¹. Die psychische Beanspruchung ist die zeitlich unmittelbar und nicht langfristige Folge der psychischen Belastung im Menschen in Abhängigkeit seiner individuellen Voraussetzungen und seinem Zustand¹¹. Die psychische Beanspruchung wurde mittels des Kurzfragebogens zur Beanspruchung gemessen⁸. Dies ist ein Testinstrument, welches zur Messung von aktueller Beanspruchung konzipiert wurde und gut evaluiert ist.

Auch im vorliegenden Experiment konnte mit diesem Instrument die aktuelle Beanspruchung gut abgebildet werden, dies zeigten die Ergebnisse der Stressinduktion¹².

Stressinduktion

Die Probanden wurden mit Hilfe des Stroop- und eines Rechentestes aus dem Wiener Testsystem ca. zwanzig Minuten psychisch beansprucht. Nach Angaben in der Literatur führt dabei der Stroop-Test zu einer erhöhten Herzfrequenz¹²⁻¹⁴, erhöhtem Blutdruck¹²⁻¹⁴ und erhöhter Cortisolausschüttung¹⁴, ebenso führt der

Rechentest zu derartigen Veränderungen¹⁵. Auch die Höhe der erreichten Beanspruchung in der vorliegenden Untersuchung gemessen mit dem Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung (KAB) ist vergleichbar mit Ergebnissen aus der Literatur^{8,16}. In diesen Untersuchungen wurde ebenso durch kognitive Tests im Experiment Stress erzeugt. Der Anstieg der KAB-Werte vom Zeitpunkt vor der Stressinduktion zu dem Zeitpunkt nach der Stressinduktion wurde statistisch signifikant. Zusätzlich ist die Höhe der Beanspruchung, die durch diese psychologischen Tests in der vorliegenden Studie verursacht wurden, vergleichbar mit Prüfungsangst bei Physikumskandidaten, Blutabnahme und psychischen Beanspruchungen vor einer chirurgischen Operation⁸. Daher kann auch von einer biologischen Relevanz des Mittelwertsunterschieds ausgegangen werden. Laut Gauter-Fleckenstein et al. (2007) weist ein KAB-Wert über drei Punkten auf eine erhöhte Beanspruchung hin. Die Probanden dieser Untersuchung erreichten nach der Stressinduktion einen Mittelwert von $M = 3,05$, der somit als erhöht interpretiert werden kann, wenn er auch nur knapp über dem Cutoff-Wert liegt¹⁷.

Allerdings kam es in der vorliegenden Studie durch die Stressinduktion nicht zu einem Cortisolanstieg. In der Literatur gibt es durchaus Studien, die mit denselben durchgeführten Tests einen Anstieg des Cortisolspiegels im Speichel erreichen konnten¹⁴, jedoch gibt es auch Studien, die nach experimenteller psychischer Belastung einen Anstieg von Herzfrequenz und Blutdruck beschrieben, nicht jedoch einen Anstieg des freien Cortisols im Speichel¹³.

Demnach ist die in dieser Studie erzielte Stressreaktion durchaus nicht ungewöhnlich, könnte jedoch dafür sprechen, dass die erzielte Höhe des Stressniveaus von mittlerem Ausmaß war und ggf. nicht hoch genug, um die kognitive Leistungsfähigkeit der jungen Probanden zu beeinträchtigen.

Kognitive Veränderungen durch Stress

Kognitive Beeinträchtigungen durch Stress wurden beschrieben¹⁸. Dabei hat Stress

einen negativen Einfluss auf Aufmerksamkeitsprozesse (Tunnel-Hypothese)^{19,20}, auf die Gedächtnisleistung²¹, Entscheidungsfindung und Beurteilung²² und psychomotorische Leistungen (Autofahren)²³. In diesen Untersuchungen stellen auch Rechentests und der Stroop-Test etablierte Verfahren zur Stressinduktion mit kognitiver Leistungsminderung dar.

Da angenommen wird, dass die Verminderung der kognitiven Leistungsfähigkeit mit der Cortisolausschüttung in der Stresssituation zusammenhängt²⁴⁻²⁶, spricht die fehlende Cortisolerhöhung durch die Stressinduktion in der vorliegenden Studie für ein zu geringes Stressniveau, um kognitive Beeinträchtigungen bei jungen Probanden zu verursachen. Eine Kontrollgruppe ohne Stressinduktion wurde in die Studie nicht integriert und für den verwendeten kognitiven Test (Fahrsimulation) steht kein Normkollektiv zu Verfügung. Daher lässt sich Stresswirkung auf die kognitive Leistung nicht genau bestimmen.

Eine mögliche Erklärung für die fehlende Cortisolerhöhung könnte sein, dass in der vorliegenden Studie, im Gegensatz zu oben erwähnten Studien, das Studienkollektiv ausschließlich aus Studenten bestand. Dieses Kollektiv ist stresserprobt, so dass die kognitive Beanspruchung für dieses Kollektiv eventuell nicht ausreichend hoch war. Schon nach wenigen Wiederholungen von Stressinduktionen mit Cortisolmessung zeigte sich, dass die Cortisolreaktion bei dem größten Teil der normalen Probanden abflachte oder ganz ausblieb²⁷.

Ein Aktivierungsniveau mit Stressreaktion und erhöhter Cortisolausschüttung ist eine Extremsituation. Sehr viel häufiger als extreme Stresssituationen liegen mittlere Aktivierungsniveaus vor, so wie sie auch bei Autofahrten gefunden werden²⁸. Insofern ist das in dieser Studie betrachtete mittlere Aktivierungsniveau von größerer praktischer Bedeutung, als eine höhere Stressreaktion mit Cortisolausschüttung, in der möglicherweise Musik eine stärkere Wirkung gezeigt hätte.

Beeinflussung von Stress durch Musik

In der vorliegenden Studie gingen wir davon aus, dass Musik eine stressreduzierende Wirkung hat. Diese Annahme

wird von zahlreichen Untersuchungen aus der Literatur unterstützt^{5, 29-32}.

Wie im vorherigen Abschnitt diskutiert, können wir in der vorliegenden Studie davon ausgehen, dass durch die Stressinduktion ein mittleres Niveau an Stress erzeugt wurde. Die Musik beeinflusste diese Stressreaktion jedoch weder in positiver noch in negativer Richtung. Aussagen über die Wirkung von Musik bei anderen Aktivierungsniveaus (z.B. extremer Stress oder Monotonie) können anhand dieser vorliegenden Studie nicht gemacht werden.

Kognitive Veränderungen durch Musik

Musik kann potentiell die kognitive Leistungsfähigkeit in eine positive und eine negative Richtung beeinflussen, wobei die stressreduzierende Wirkung von Musik nur ein Erklärungsansatz für ein immer wieder diskutiertes Phänomen ist, nämlich für die Beeinflussung kognitiver Prozesse durch Musik. Es ist durchaus auch vorstellbar, dass Musik auch andere Wirkungsmechanismen hat. Demnach ist das Vorliegen von Stress nicht zwangsläufig eine Voraussetzung für die Wirkung von Musik, sondern nur ein bisher häufig angenommener Erklärungsansatz.

Musikwirkung über Entspannung

Positiv auf die kognitive Leistungsfähigkeit könnte Musik sich aufgrund des entspannenden Effektes auswirken, wie bereits mehrfach in vorherigen Abschnitten angeklungen ist. Wie könnte man sich nun erklären, dass Musik entspannt, also Stress und seine Folgen reduziert?

Nach der Filtertheorie der Aufmerksamkeit können gleichzeitig dargebotene sensorische Reize nicht gleichzeitig, sondern immer nur nacheinander wahrgenommen werden. Da die Aufmerksamkeitskapazität begrenzt ist, müssen die ankommenden Reize gefiltert werden. Treffen mehr Reize ein als Verarbeitungskapazität vorhanden ist, so führt dies dazu, dass einige Reize eliminiert werden und nicht mehr bewusst wahrgenommen oder weiterverarbeitet werden können. Je mehr also Musik oder ein anderer Stimulus in den Mittelpunkt der Aufmerksamkeit gerückt wird, desto weniger Raum bleibt für die Wahrnehmung von Stress oder Schmerz³³.

Wenn Musik über diesen Mechanismus stressreduzierend wirkt, ist anzunehmen, dass die Wirksamkeit am besten dann erreicht werden kann, wenn die Musik gezielt dazu benutzt wird, die Aufmerksamkeit weg von Stressoren zu lenken. Nach der Untersuchung von Pelletier sprechen für diesen Zusammenhang die Tatsachen, dass Musik dann besser wirkt, wenn zusätzlich ein Suggestionenverfahren angewendet wird, wenn Einzelbetreuung im Vergleich zu Gruppeninterventionen durchgeführt wird (Versuchsleitereffekt) und wenn musikalisch vorgebildete Personen Musik zum Entspannen anwenden. Musik würde also über diesen entspannenden Mechanismus nur dann leistungssteigernd wirken, wenn dadurch von Stimuli abgelenkt werden kann, die einen negativen Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit haben (z.B. Stress). Ansonsten würde sie eher negative Folgen für kognitive Prozesse haben, da sie Aufmerksamkeitsressourcen besetzt.

Musikwirkung über Aufmerksamkeitsteilung

Da Musik Aufmerksamkeitsressourcen in Anspruch nimmt, entweder um diese wahrzunehmen und zu verarbeiten, oder auch um diese aus dem Bewusstsein auszublenden, könnte Musik nach Broadbent negative Folgen für kognitive Prozesse haben. Diese Annahme wird durch verschiedene Untersuchungen unterstützt, in denen die kognitive Leistung sich aufgrund von Musik verschlechtert^{3, 34}.

Sonstige mögliche Wirkmechanismen

Musik spielt eine besondere Rolle im Bereich der höheren Hirnfunktionen. Die Verarbeitung von Musik in unserem Großhirn gleicht in auffallender Weise anderen höheren Hirnleistungen, wie beispielsweise räumlich-konstruktivem Denken³⁵. Dabei werden durch den Konsum von Musik Neuronen in bestimmten komplexen Mustern angeregt und zwar in ähnlichen Mustern, wie sie auch bei anderen kognitiven Leistungen nachweisbar sind. Die Idee kam dabei auf, dass das Abrufen solcher Abfeuerungsmuster durch den Konsum von Musik zur Verbesserung von kognitiven Leistungen in anderen Bereichen führen könnte.

Voraussetzung für diesen Effekt wäre, dass die Musik ausreichend komplex sein müsste und in der Lage wäre, diese hoch komplexen Abfeuerungsmuster im Gehirn zu provozieren. Diese Überlegung konnte auch experimentell bestätigt werden (sog. „Mozarteffekt“)^{4, 35}. Bei einer Wiederholung des Experimentes mit besserem Studiendesign wurde jedoch der Mozarteffekt stark relativiert; dabei war auch bei einfach strukturierter Musik ein kurz anhaltender leicht positiver Effekt auf Leistungen im räumlich-konstruktiven Denken nachweisbar³⁶.

Art der verwendeten Musik

Es ist gut vorstellbar, dass die Auswahl der Musik einen entscheidenden Einfluss darauf hat, ob Musik einen Effekt zeigt. In der vorliegenden Studie wurde nach den Empfehlungen von La Motte³⁷ eine einfache, nicht zu komplexe Musik in gut hörbarer Lautstärke zur Entspannung ausgewählt. Nach den genannten Untersuchungen hat sich gezeigt, dass zu komplexe Musik die Fahrleistung beim Autofahren beeinträchtigt. Dies gilt insbesondere, wenn sie in zu geringer Lautstärke abgespielt wird. Dies fordert hohe Konzentration, so dass kognitive Ressourcen des Fahrers beansprucht werden, die eigentlich für die Fahraufgabe zur Verfügung stehen sollten. Auch Musik mit Text fordert im Vergleich zur Instrumentalmusik mehr Aufmerksamkeitsressourcen. Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, in einer kognitiv beanspruchenden Situation die Wirkung von Musik zu evaluieren. Wir wählten einfache Kompositionen zur Entspannung, unter der Vorstellung, dass eine entspannende Wirkung der Musik ggf. einen positiven Einfluss auf die kognitive Leistungsfähigkeit der Probanden haben könnte. Jedoch wäre es auch vorstellbar gewesen, dass in einer sehr beanspruchenden Situation sogar die einfache entspannende Musik zuviel Aufmerksamkeit auf sich zieht und damit die Fahrleistung beeinträchtigt. Wir verwendeten „Musik zum Autofahren, Volume I, Entspannend“ vom Deutschen Verkehrssicherheitsrat. Nach Untersuchungen von Haak und Kollegen³⁸ zeigten die Probanden während der Anwendung dieser Musik während der Fahrt gute Fahrleis-

tungsparameter und über zwei Drittel von ihnen beurteilte im Anschluss an das Experiment die Musik als zum Autofahren geeignet.

Musikwirkung in der vorliegenden Studie

In der vorliegenden Studie hatte die verwendete Musik keinen Effekt, weder auf die Beanspruchung oder das Befinden, noch auf die Fahrleistung oder den Cortisolspiegel in der induzierten moderaten Stresssituation. Aufgrund der vorher durchgeführten Fallzahlabschätzung und einer im Nachhinein durchgeführten Poweranalyse kann angenommen werden, dass eine eventuell vorhandene relevante Musikwirkung mit großer Wahrscheinlichkeit nachweisbar wäre (Power 0,87).

5 Limitationen

Die vorliegende Studie hat zwei wesentliche Limitationen, zum einen die Auswahl der Probanden und zum anderen die fehlende Kontrollgruppe in Bezug auf die Wirkung der Stressinduktion auf die kognitive Leistung.

Da die betrachtete Probandengruppe (auch wenn sie von der interessierenden Gesamtpopulation abweicht) von besonderem Interesse ist, weil junge Erwachsene besonders gefährdet sind im Straßenverkehr Unfälle zu verursachen, und da in dieser praxisrelevanten Situation im Allgemeinen ein mittleres Beanspruchungsniveau vorherrscht, kann trotz dieser Einschränkungen eine sinnvolle und interessante Schlussfolgerung aus den vorhandenen Daten abgeleitet werden.

6 Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie wurde anhand eines komplexen Versuchs die Wirkung von Musik auf die Beanspruchung und die kognitive Leistungsfähigkeit bei einer simulierten Autofahrt untersucht. Unter den gegebenen Bedingungen (junge Probanden, moderate Stresssituation, vorgegebene Musik) zeigte die Musik keinen Effekt auf die Zielgrößen.

Förderung

Das Forschungsprojekt wurde finanziell von der KSB-Stiftung Frankenthal unterstützt.

Literatur

- 1 Yerkes RM, Dodson JD. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 1908. 18: 459–482
- 2 Lazarus RS, Folkman S. Stress, appraisal, and coping. Springer, New York, 1984
- 3 Brodsky W. The effects of music tempo on simulated driving performance and vehicular control. *Transportation Research*, 2002. 4(4): 219–241
- 4 Rauscher FH, Shaw GL, Ky KN. Listening to Mozart enhances spatial-temporal reasoning: Towards a neurophysiological basis. *Neuroscience Letter*, 1995. 1985(44–47)
- 5 Pelletier CL. The Effects of Musik on Decreasing Arousal Due to Stress – A Meta-Analysis. *Journal of Music Therapy*, 2004. 41(3): 192–214
- 6 Follmer R. Mobilität in Deutschland, infas Institut für angewandte Sozialwissenschaft GmbH und Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Editor. 2004, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen
- 7 Erstmals weniger als 5000 Verkehrstote im Jahr 2007. Statistisches Bundesamt, 2008
- 8 Müller B, Basler HD. KAB Kurzfragebogen zur aktuellen Beanspruchung. Beltz Test Manual. Weinheim, 1993, Beltz Test GmbH
- 9 Löffler KI et al. Risiko Arbeitsweg – Zielgruppenorientierte Risikofaktoren von Wegeunfällen und mögliche Präventionsstrategien. *Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed.*, 2007
- 10 Dupont WD, Plummer Jr WD. Power and sample size calculations for studies involving linear regression. *Control Clin Trials*, 1998. 19(6): 589–601
- 11 Nachreiner F, Schultetus W. Normung im Bereich der psychischen Belastung – die Normen der Reihe DIN EN ISO 10075. *DIN-Mitteilungen*, 2002. 81(8): 519–533
- 12 Benschop RJ et al. Cardiovascular and immune responses to acute psychological stress in young and old women: a meta-analysis. *Psychosom Med*, 1998. 60(3): 290–296
- 13 Caudell KA, Gallucci BB. Neuroendocrine and Immunological Responses of Women to Stress. *West J Nurs Res*, 1995. 17(6): 672–692
- 14 Moberg E et al. Acute mental stress impairs insulin sensitivity in IDDM patients. *Diabetologia*, 1994. 37(3): 247–251
- 15 Chafin S et al. Music can facilitate blood pressure recovery from stress. *British Journal of Health Psychology*, 2004. 9: 393–403
- 16 Kellner O. Die Abhängigkeit der Stressreaktion und der psychosomatischen Anfälligkeit von der Kontrollüberzeugung., in *Fachbereich Psychologie 1987*, Phillips-Universität: Marburg
- 17 Gauter-Fleckenstein B et al. Evaluation von subjektiver Beanspruchung bei Patientinnen mit elektiven gynäkologischen Operationen. *Anaesthesist*, 2007. 56: 562–570
- 18 Staal MA. Stress, Cognition, and Human Performance: A Literature Review and Conceptual Framework, M.F. Ames Research Center, California, Editor. 2004, National Aeronautics and Space Administration
- 19 Baranski JV et al. Effects of modafinil on cognitive and meta-cognitive performance. *Human Psychopharmacology: Clinical and Experimental*, 2004. 19(5): 323–332
- 20 Braunstein-Bercovitz H, Dimentman-Ashkenazi I, Lubow RE. Stress affects the selection of relevant from irrelevant stimuli. *Emotion*, 2001. 1(2): 182–92
- 21 Ashcraft MH, Kirk EP. The Relationships Among Working Memory, Math Anxiety, and Performance. *Journal of Experimental Psychology*, 2001. 130(2): 224–237
- 22 Baradell JG, Klein K. Relationship of life stress and body consciousness to hyper-vigilant decision making. *Journal of Personality and Social Psychology*, 1993. 64: 267–73
- 23 Matthews G. Towards a transactional ergonomics for driver stress and fatigue. *Theoretical Issues in Ergonomic Science*, 2002. 3: 1–17
- 24 Wolf OT et al. The relationship between stress induced cortisol levels and memory differs between men and women. *Psychoneuroendocrinology*, 2001. 26(7): p. 711–720
- 25 Takahashi T et al. Social stress-induced cortisol elevation acutely impairs social memory in humans. *Neuroscience Letters*, 2004. 363(2): 125–130
- 26 Newcomer JW et al. Decreased Memory Performance in Healthy Humans Induced by Stress-Level Cortisol Treatment. *Arch Gen Psychiatry*, 1999. 56(6): 527–533
- 27 Kirschbaum C et al. Persistent high cortisol responses to repeated psychological stress in a subpopulation of healthy men. *Psychosom Med*, 1995. 57(5): 468–474
- 28 Bornemann E. Untersuchungen über den Grad der geistigen Beanspruchung. 1942 [cited 2008 09.07.2008]; Available from: <http://www.springerlink.com/content/p070824542526047/fulltext.pdf>
- 29 Allen K et al. Normalization of Hypertensive Responses During Ambulatory Surgical Stress by Perioperative Music. *Psychosom Med*, 2001. 63(3): 487–492
- 30 Khalfa S et al. Effects of Relaxing Music on Salivary Cortisol Level after Psychological Stress. *Ann NY Acad Sci*, 2003. 999(1): 374–376
- 31 Salamon E et al. The effects of auditory perception and musical preference on anxiety in naive human subjects. *Medical Science Monitor*, 2003. 9(9): 396–399
- 32 Hirokawa E, Ohira H. The Effects of Musik Listening after a Stressfull Task on Immune Functions, Neuroendocrine Responses, and Emotional States in College Students. *Journal of Music Therapy*, 2003. XL(3): 189–211
- 33 Broadbent DE. Perception and Communication. 1958, London: Pergamon Press
- 34 Gembris H, de la Motte-Haber H, Rötter G. Musikhören und Verkehrssicherheit. 1985, Berlin: Verlag der Technischen Universität Berlin
- 35 Rauscher FH, Shaw GL, Ky CN. Music and spatial task performance. *Nature*, 1993. 365(6447): 611–611
- 36 Wilson TL, Brown TL. Reexamination of the Effects of Mozart's Music on Spatial-Task-Performance. *The Journal of Psychology*, 1997. 131(4): 365–370
- 37 de la Motte-Haber H. Musikhören beim Autofahren, ed. *Schriften zur Musikpsychologie und Musikästhetik*. Vol. 4. 1990, Frankfurt am Main: Verlag Peter Lang GmbH
- 38 Haak S, Rötter G. Ideale Musik zum Autofahren? Eine Untersuchung am Beispiel von zwei Produktionen., in *Musikhören beim Autofahren: 8 Forschungsberichte*, de la Motte-Haber H und Rötter G, Editors. 1990, Lang: Frankfurt. 59–76
- 39 Dey M, Gschwend B, Baumgartner T, Jäncke L, Jäncke P (2006). Effekte von Musik auf das Fahrverhalten. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 1, 32–36

Die Autoren

Dipl.-Psych. Kirsten Isabel Löffler

Katharina Fella

Dr. med. Alexander Mentel

Dr. med. Britta Husemann

Dr. rer. nat. Bernd Rossbach

Univ.-Prof. Dr. Heiko Hecht

Univ.-Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Stephan Letzel

Kontaktadresse

Britta Husemann

Obere Zahlbacher Str. 67, 55131 Mainz

Telefon: 06131/3933001

E-Mail: husemann@uni-mainz.de