

*Johannes Hasselhorn, Johanna Vonrhein, Juliane Rick
& Ulf Henrik Göhle*

Stressbelastung im Instrumentalunterricht

Eine empirische Pilotstudie

Stress in Instrumental Lessons – An Empirical Pilot Study

Stress is widely recognized as a decisive factor on individual learning behavior, with psychological stress already being identified as an important factor in music pedagogy. This study expands the focus on physical stress, exploring its potential effects on learning in instrumental music education. This pilot study includes three instrumental lessons (piano, cello, saxophone) each lasting up to 90 minutes. The primary method of data collection was Heart Rate Variability (HRV) using the Firstbeat® BodyGuard3 sensors to measure the autonomic nervous system's response to various instructional phases. The study differentiated between three different phases of the lessons: small talk, instructional conversation, and playing time, analyzing the effects of each phase on physical stress levels. Covariance analysis revealed systematic variations in physical stress levels corresponding to different instructional phases and times within the lessons. Both main effects (instructional phase and time) were statistically significant, demonstrating that physical stress levels varied systematically across different types of instructional interactions and progressed throughout the lessons. The findings suggest that physical stress plays a significant role in music education, akin to psychological stress. These findings underline the importance of considering physical stress management in music education to enhance educational practices and student well-being.

1. Einleitung

Stress gilt als ein wichtiger Einflussfaktor auf individuellen Lernerfolg (vgl. Karlen et al., 2021). Dieser Einfluss ist in der Regel nicht linear, sondern entsprechend des Yerkes-Dodson-Gesetzes umgedreht U-förmig (Spahn, 2010). Es braucht demnach das richtige Maß an Spannung bzw. Aufregung, um Leistung und Lernerfolg im bestmöglichen Bereich zu halten. In Bezug auf Stress kann dabei zwischen psychischem und physischem Stress unterschieden werden

(Yaribeygi et al., 2017). Psychischer Stress wurde im Zusammenhang mit musikpädagogischem Handeln bereits als wichtige Einflussgröße identifiziert, die beispielsweise bei Musiklehrkräften durch geeignete Maßnahmen (z. B. Coping-Strategien) verändert werden sollte, um die Gesundheit und die Motivation bei Lehrkräften zu erhalten und damit indirekt auch die Qualität des Musikunterrichts zu verbessern (vgl. Hofbauer, 2017). Physischer Stress wurde jedoch in der musikpädagogischen Forschung bislang noch wenig berücksichtigt, was vermutlich auch daran liegt, dass hier nur deutlich aufwändiger valide Daten erhoben werden können als das mit Selbstauskunftsfragebögen bei psychischem Stress möglich ist. Die komplexen Wechselwirkungen von physischem und psychischem Stress sind nicht immer eindeutig bestimmt, auch deswegen, weil Individuen sich an Dauerstresslevel gewöhnen können (vgl. Teager, 2010). Während sich Studien im musikalischen Kontext in der Vergangenheit zumeist auf psychischen Stress fokussierten (Halleland et al., 2009), wurde in den letzten Jahren, wohl durch die sich schnell entwickelnde Technik von tragbaren Sensoren, vermehrt über physischen Stress bei Vortrags- und Auftrittssituationen berichtet (u. a. Chanwimalueang et al., 2017; Williamon et al., 2013). Ob sich auch eine Fokussierung auf die individuelle physische Stressbelastung im Kontext von musikbezogenem Lernverhalten lohnen könnte, ist Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

2. Hintergrund

Der moderne Stressbegriff geht auf Selye (1956) zurück, der Stress als eine unspezifische physische Reaktion auf Anforderungen definiert und zwischen positivem „eustress“ und negativem „distress“ differenziert. Das häufig zitierte Transaktionale Stressmodell von Lazarus (Lazarus & Folkman, 1984) ist nach wie vor das Referenzmodell, das den Bewertungsprozess charakterisiert, der im Stresserleben stattfindet. Das ‚Transaktionale‘ in diesem Modell bezieht sich auf den fortlaufenden Austausch zwischen der Person und ihrer Umwelt, wobei Stress als Ergebnis dieses dynamischen Wechselspiels verstanden wird. Der ‚mehrstufige Bewertungsprozess‘ besteht aus der primären Bewertung, bei der ein Individuum einen Stimulus als bedrohlich, herausfordernd oder irrelevant einschätzt, und der sekundären Bewertung, bei der die verfügbaren Bewältigungsressourcen beurteilt werden. ‚Gefiltert‘ wird in diesem Kontext die Information über den Stressor durch die individuellen Bewertungsprozesse, die bestimmen, ob und wie stark eine Stressreaktion erlebt wird. Das Modell unterstreicht, wie Stress durch die Bewertung von Stressoren und die Verfügbarkeit von Bewältigungsstrategien („Coping“) beeinflusst wird, und hebt die Bedeutung dieser Prozesse für die individuelle Lern- und Anpassungsfähigkeit hervor. Da solche Prozesse am Ende in eine Neubewertung münden, kann Stress somit motivieren und Ressourcen mobilisieren, kann aber auch zu Demotivation und Vermeidungsverhalten führen (Obbarius et al., 2021).

Im Kontext des Musikstudiums wurden das Thema Stress im Zusammenhang mit der Arbeitsbelastung von Studierenden phänomenologisch untersucht (Jääskeläinen, 2022). Andere Untersuchungen zeigen interessanterweise, dass das Musikstudium selbst als eine Ressource für psychische Gesundheit dienen kann, indem es das Selbstbewusstsein und die Selbstwirksamkeitserwartung der Studierenden steigern kann (z. B. Jian, 2022). Darüber hinaus kann psychischer Stress die Gesundheit von Musiklehrkräften negativ beeinflussen (Hofbauer, 2017). Während des Musikstudiums ist Stress zudem eine Einflussgröße für Auftrittsangst (vgl. Hasselhorn et al., 2012). Studien zu Auftrittsangst beruhen zu meist ausschließlich auf Selbstauskünften (Halleland et al., 2009), wodurch in der Regel psychischer Stress fokussiert wird.

Die bislang im Kontext von Musiklernen selten genutzte Erhebung physiologischer Daten ist vielversprechend für die Einschätzung des dynamischen Stressgeschehens und dessen Zusammenhang mit Flow und Performance-Charakteristika, was in einer Pilotstudie bei Aufführungen von Pianistinnen und Pianisten gezeigt werden konnte (Jha et al., 2022). Dabei wird in der Regel dann nicht mehr nur psychisches, sondern vor allem physisches Stresserleben in den Fokus gerückt. Dieses auch als Belastung des physischen Systems bezeichnete Phänomen wird vor allem durch das vegetative Nervensystem reguliert. Das vegetative Nervensystem, auch als autonomes Nervensystem bezeichnet, ist ein komplexes Netzwerk von Neuronen, das eine zentrale Rolle in der Regulation der unbewussten Körperfunktionen spielt. Es besteht aus zwei antagonistisch wirkenden Komponenten: dem Sympathikus und dem Parasympathikus. Der Sympathikus wird typischerweise mit der „Kampf-oder-Flucht“-Reaktion assoziiert und ist für die Mobilisierung von Körperressourcen in stressigen oder bedrohlichen Situationen verantwortlich. Er bewirkt eine Erhöhung der Herzrate, Dilatation der Bronchien und eine verstärkte Freisetzung von Glukose in den Blutkreislauf. Der Parasympathikus hingegen fördert Erholungs- und Regenerationsprozesse und ist maßgeblich an der Steuerung von Funktionen wie der Verdauung und der Reduktion der Herzfrequenz beteiligt. Diese beiden Systeme arbeiten in einem fein abgestimmten Gleichgewicht, um die Homöostase zu gewährleisten, wobei neurochemische Signalwege und Feedback-Mechanismen eine Schlüsselrolle spielen (Hottenrott, 2002). Störungen in diesem Gleichgewicht können zu verschiedenen pathophysiologischen Zuständen führen und werden in der medizinischen Forschung häufig mit einer Reihe von Erkrankungen in Verbindung gebracht (Peschel et al., 2016), insbesondere mit kardiovaskulären Erkrankungen (Poirier, 2014), aber auch mit Demenz und weiteren, psychischen Erkrankungen (Kasanuki et al., 2015).

Das im Kontext von Belastung und Leistung häufig zitierte Yerkes-Dodson-Gesetz (Yerkes & Dodson, 1908) ist zwar ein älteres Konzept, hat aber die Grundlage für viele moderne Forschungen gelegt. Es wird ein umgedreht U-förmiger Zusammenhang zwischen Belastung und Leistung bzw. Lernzuwachs angenommen, der das grobe Verhältnis zwar häufig genau genug beschreibt, im Detail

jedoch mitunter zu stark vereinfachend ist. In neueren Studien im Bereich der Neurowissenschaften und Psychologie konnte unser Verständnis für das Verhältnis von Stress und Lernprozessen allerdings weiter vertieft werden. So kommt beispielsweise dem Hormon Cortisol eine besondere Rolle zu. Moderater Stress erhöht demnach die Cortisol-Produktion, was kurzfristig die Konzentration und Gedächtnisbildung unterstützen kann. Langfristig hohe Cortisolspiegel können jedoch schädlich sein und zu Gedächtnisverlust und anderen negativen Effekten führen (vgl. Ackermann et al., 2013). Darüber hinaus konnten Forschungen zur Neuroplastizität zeigen, dass Stress die Struktur und Funktion des Gehirns so beeinflussen kann, dass sich die Neuroplastizität, also die Fähigkeit des Gehirns, sich zu verändern und anzupassen, verringert. Insbesondere Dauerstress scheint in diesem Zusammenhang einen nachhaltigen Effekt auf unser Gehirn auf struktureller Ebene zu hinterlassen (Nordman et al., 2023). Dabei ist stets zu berücksichtigen, dass die Wirkung von Stress auf Lernen und Leistung stark von interindividuellen Unterschieden abhängt wie Persönlichkeit, bisherigen Erfahrungen oder genetischen Faktoren (Gibbons, 2022). Der Kontext, in dem der Stress erlebt wird, spielt ebenso eine wichtige Rolle. Stress in einer unterstützenden, kontrollierbaren Umgebung kann positive Effekte haben, während unkontrollierbarer Stress eher negative Auswirkungen zeigt (Limbachia et al., 2021). Während psychischer Stress nach wie vor überwiegend über Selbstauskunftsfragebögen gemessen wird (vgl. Crosswell & Lockwood, 2020), kommen gerade für die Messung von physischem Stress überwiegend direkt erhobene physische Daten (z.B. Herzrate, Hautleitfähigkeit, Pupillenbewegung etc.) zum Einsatz. Dadurch kann Stress im Gegensatz zum punktuellen Messen mit Selbstauskunftsfragebögen auch kontinuierlich über einen längeren Zeitraum erfasst und somit kurzfristige Veränderungen in die Untersuchungen eingebunden werden. So berichten Koevoet et al. (2023) anhand des Trackings der Pupillengröße, die den Erregungszustand des autonomen Nervensystems und damit die physische Belastung widerspiegelt, Zusammenhänge zwischen Erregungszustand und Aufgabenbewältigung. Bei einfachen Aufgaben (in dieser Studie wurde mit leichten vs. schwierigen Aufgaben des visuellen Arbeitsgedächtnisses gearbeitet) wurden eine relativ zur Basisaktivierung gesehene Steigerung der Erregung sowie eine bessere Aufgabenbewältigung festgestellt, bei schwierigen Aufgaben hingegen eine Verschlechterung. Durch relative Beruhigung in schwierigen Situationen war demgegenüber wiederum eine Verbesserung der Aufgabenbewältigung nachweisbar. Dies zeigt aus unserer Sicht, wie wichtig der jeweilige Kontext für die Bewertung von physiologischen Reaktionen erscheint.

Auch im Rahmen von instrumentalem Musikunterricht könnten solche Zusammenhänge, wie die Relativität von physischen Reaktionen zum Grad der Aufgabenschwierigkeit eine Rolle spielen. Zum Beispiel könnten verschiedene Tätigkeiten (Blattspiel vs. Improvisation oder Singen vs. Klavierspiel) als einfachere oder schwerere Aufgaben wahrgenommen werden. Ohne detaillierte Kenntnisse über die genauen Rahmenbedingungen einzelner Stunden könnten verschiedene

Unterrichtsphasen entsprechende Wahrnehmungsunterschiede darstellen. Beispielweise kann angenommen werden, dass die Kommunikation mit dem Lehrenden einen anderen Schwierigkeitsgrad aufweist als z. B. das vom Blatt Spielen eines (neuen) Stücks. Daher müssten bereits Unterrichtsphasen allein die Variation von Stresslevels erklären können.

Ziel der vorliegenden Pilotstudie war es daher, in einem explorativen Ansatz das mögliche Potenzial des Wissens um physischen Stress bzw. Belastung des vegetativen Systems für das Musiklernen abzuschätzen. Dazu sollte untersucht werden, inwiefern sich kurzfristige Veränderungen im physischen Stressverhalten durch übliche und relativ allgemeine Merkmale von Unterricht wie dem Zeitpunkt innerhalb einer Instrumentalstunde oder der inhaltlichen Phase der Unterrichtsstunde erklären lassen. Daraus ergab sich die konkrete Forschungsfrage, ob die Ausprägung physischen Stresses im Instrumentalunterricht in verschiedenen Unterrichtsphasen und zu verschiedenen Unterrichtszeitpunkten unabhängig von konkreten Personen systematisch variiert.

3. Methode

Zur Prüfung der aufgeworfenen Forschungsfrage wurden Daten in drei instrumentalen Einzelunterrichtsstunden von bis zu 90 Minuten Länge an der Hochschule für Musik und Darstellende Kunst Frankfurt am Main erhoben. Da es sich um einen Ansatz in einem bislang nicht untersuchten Feld handelte, wurden Unterrichtsstunden zu drei verschiedenen Instrumenten gewählt (Klavier, Cello, Saxophon), um mögliche Varianz zu maximieren.

Zur Messung des physischen Stresses bzw. der vegetativen Belastung wurde eine dafür gängige Methode der Messung der Herzratenvariabilität (HRV) verwendet (vgl. u. a. Hottenrott, 2002; Prinsloo et al., 2014; Vaishali et al., 2020). Dabei werden im Elektrokardiogramm die zeitlichen Abstände der sogenannten R-Zacken gemessen, auch „R-R Intervalle“ oder englisch „Interbeat-Intervalls“ (IBIs) genannt (Abb. 1).

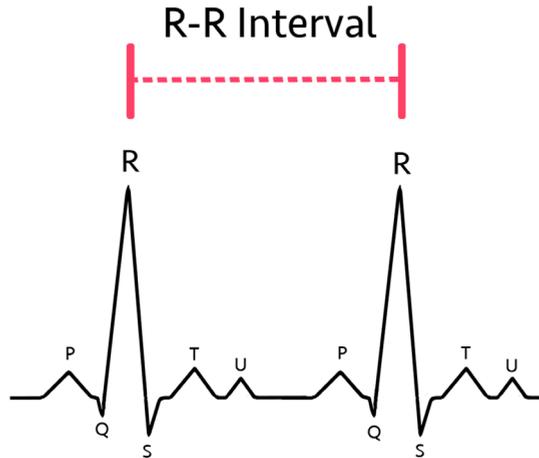


Abbildung 1: Das „R-R“-Intervall innerhalb des „PQRSTU“-Komplexes eines EKGs (aus: Patel et al., 2023, S. 2)

Die RR-Ausschläge eignen sich gut für die HRV-Messungen, da es sich um zeitlich sehr kurze Ereignisse im Millisekunden-Bereich mit höchster elektrischer Aktivität im Herzerregungszyklus handelt. Die HRV misst die Unterschiede in den Zeitintervallen der IBIs innerhalb eines definierten Zeitraums. Werte der HRV, die eine größere Variabilität zwischen den Herzschlägen anzeigen, korrespondieren in der Regel mit einem Zustand der Ruhe und Erholung, was eine stärkere Aktivität des Parasympathikus-Nervs widerspiegelt. Niedrigere HRV-Werte hingegen, die sich durch gleichmäßigere Abstände zwischen den Herzschlägen auszeichnen, deuten auf eine erhöhte Aktivierung des Sympathikus hin und sind ein Signal für stärkere Aktivierung des Sympathikus-Nervs und das, was wir alltagssprachlich als Stress und Anspannung bezeichnen (vgl. Patel et al., 2023).

Die HRV-Daten wurden in der vorliegenden Studie mittels tragbarer Firstbeat® BodyGuard3 Sensoren gemessen, die die Studierenden während der Unterrichtsstunden durchgängig trugen. Diese Sensoren messen Herzschläge ähnlich wie bei einem EKG und liefern Daten in sehr hoher Qualität, gerade im Setting von Gruppenmessungen (Bogdány et al., 2016). Da sich die HRV nur in einem Zeitintervall und nicht in einem Zeitpunkt bestimmen lässt, musste ein geeignetes Zeitintervall festgelegt werden, das einerseits groß genug war, um robust gegen Ausreißer zu sein, andererseits klein genug, um kurzfristige Schwankungen identifizieren zu können. Basierend auf bisherigen Studien zur Verlässlichkeit von Ultrakurzzeitmessungen der HRV bei kognitiven Aufgaben wurde dieses Intervall für die vorliegende Studie auf eine Minute festgesetzt (vgl. Bernardes et al., 2022). Für jede Minute innerhalb der Instrumentalunterrichtsstunden wurde daher anhand der aufgezeichneten Herzdaten jeweils als HRV-Wert der sogenannte RMSSD-Wert herangezogen, der sich bei Kurzzeitmessungen am besten eignet, um die Aktivität des autonomen Nervensystems ein-

zuschätzen (Shaffer & Ginsberg, 2017). Mit der jeweiligen Minute t , N als Anzahl der Herzschläge innerhalb von t und IBI als Abstand zwischen zwei aufeinander folgenden Herzschlägen, wird der RMSSD nach folgender Formel berechnet:

$$RMSSD(t) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N-1} (IBI_{i+1} - IBI_i)^2}{N - 1}}$$

Die RMSSD-Normwerte gesunder erwachsener Menschen im Liegen umfassen dabei einen recht breiten Korridor, der von 19–75ms reicht (Nunan et al., 2010). Da die von uns gemessenen Aktivitäten nicht mit Ruhelagen vergleichbar sind, kann nur der Verlauf bzw. die relative Änderung sinnvoll interpretiert werden. Im Leistungssport hat sich der Vergleich zu einer individuellen Baseline in der Trainingssteuerung bewährt (Carrasco-Poyatos et al., 2022). Da in der vorliegenden Studie keine diagnostischen Aussagen über individuelle Leistungen getroffen werden sollten, wurden individuelle (Baseline-)Unterschiede in den Auswertungen ausschließlich statistisch kontrolliert.

Die drei Unterrichtsstunden wurden darüber hinaus mit dem Einverständnis der Studierenden und Lehrenden audioaufgezeichnet. Die Aufzeichnungen wurden anschließend vom Beginn der Unterrichtsstunde (erster Kontakt der beteiligten Personen) in jeweils eine Minute lange Abschnitte unterteilt. Nach einer ersten Sichtung des Materials wurden drei unterscheidbare, grobe Unterrichtsphasen definiert: Smalltalk, Unterrichtsgespräch und Spielzeit. Spielzeit beschreibt dabei Zeiten, in denen das jeweilige Instrument erklingt. Unterrichtsgespräch meint verbale Interaktion, die sich auf den Unterrichtsgegenstand bezieht. Smalltalk beschreibt jede andere Art der verbalen Interaktion. Die Minutenabschnitte der Einzelunterrichte wurden anschließend dahingehend codiert, welche der jeweiligen Phasen in den Abschnitten vorherrschend war. Diese Codierung war äußerst eindeutig, zwei voneinander unabhängig arbeitende Rater erzielten eine vollständige Übereinstimmung. Die so aufbereiteten Daten wurden mithilfe der Statistiksoftware Jamovi (Version 2.2.5) statistisch ausgewertet.

4. Ergebnisse

Zur Beantwortung der grundlegenden Forschungsfrage, ob Stressverhalten systematisch mit Merkmalen des Instrumentalunterrichts kovariiert, wurde eine Kovarianzanalyse mit den RMSSD-Werten als Operationalisierung für physischen Stress als abhängige Variablen sowie der Unterrichtsphase (Smalltalk, Unterrichtsgespräch oder Spielzeit) und der Unterrichtszeit (in ganzen Minuten) als unabhängige Variablen durchgeführt. Beide Haupteffekte und die Interaktion der beiden AVn wurden berücksichtigt. Um interindividuelle Unterschiede zwischen

den drei einzelnen Unterrichtsstunden zu kontrollieren, wurde die jeweilige Stunde als Kovariate mit einbezogen.

Das Gesamtmodell konnte insgesamt 68% Varianz in den RMSSD-Werten erklären (korr. R^2). Es konnten sich beide Haupteffekte als statistisch signifikant durchsetzen (Unterrichtszeit: $F = 1.72$, $p < .05$, part. $\eta^2 = .75$; Unterrichtsphase: $F = 7.77$, $p < .01$, part. $\eta^2 = .25$), allerdings kein Interaktionseffekt. Der Einfluss der Kovariaten stellte sich ebenfalls als statistisch signifikant heraus ($F = 29.98$, $p < .01$, part. $\eta^2 = .40$). Alle signifikanten Effekte stellen große Effekte dar.

Um den Effekt der Unterrichtszeit etwas genauer zu betrachten, wurden die Variablen Unterrichtszeit und RMSSD korreliert. Es ergab sich eine Korrelation von $r = .52$ ($p < .01$) mit einer steigenden Regressionsgeraden, was bedeutet, dass die RMSSD-Werte mit Fortschreiten der Zeit innerhalb einer Unterrichtsstunde steigen (vgl. Abb. 2).

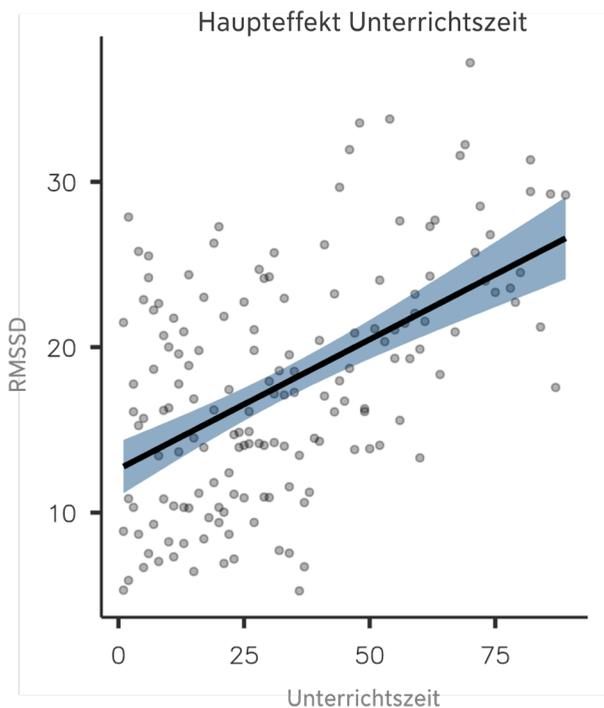


Abbildung 2: Scatterplot zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen RMSSD und Unterrichtszeit

Der Haupteffekt der Unterrichtsphase zeigte bei genauerer Betrachtung im Mittel der drei Unterrichtsstunden, dass vor allem den Smalltalk-Phasen niedrigere RMSSD-Werte zugeordnet wurden als den beiden stärker inhaltsbezogenen Phasen ($d_{\text{SmalltalkUnterrichtsgespräch}} = .26$; $d_{\text{SmalltalkSpielzeit}} = .30$), wohingegen letztere keine relevanten Mittelwertsunterschiede zeigten. Allerdings variierten die Werte zwischen den einzelnen konkreten Unterrichtsstunden teilweise sehr stark (vgl. Tab. 1).

Tabelle 1: Mittelwerte und Standardabweichungen der RMSSD-Werte nach Unterrichtsphase

	Unterrichtsphase		
	Smalltalk <i>M (SD)</i>	Unterrichtsgespräch <i>M (SD)</i>	Spielzeit <i>M (SD)</i>
Gesamt	16.3 (7.02)	18.3 (8.02)	18.3 (6.64)
Saxophonstunde	8.3 (3.74)	10.0 (2.82)	10.6 (2.49)
Cellostunde	16.2 (5.10)	23.5 (5.40)	14.8 (3.49)
Klavierstunde	22.7 (3.25)	23.8 (5.06)	22.1 (5.56)

5. Diskussion

Die Auswertung der erhobenen Daten lieferte deutliche Hinweise darauf, dass auch im instrumentalen Einzelunterricht nicht nur der häufig beforschte psychische Stress, sondern auch der in der vorliegenden Studie fokussierte physische Stress eine wichtige Rolle spielen kann. Konkret konnten systematische Kovariationen der Stresswerte mit groben Merkmalen von Instrumentalunterrichtsstunden in erheblichem Ausmaß im Rahmen einer Pilotstudie gezeigt werden. 68 % der Varianz der Stresswerte konnte mit nur drei relativ groben Variablen erklärt werden. Diese Ergebnisse sollten inhaltlich nicht überinterpretiert werden, da in dieser Pilotstudie lediglich Daten aus drei Instrumentalunterrichtsstunden berücksichtigt wurden. Bei der Interpretation der Ergebnisse ist daher besonders streng auf mögliche Konfundierungen zu achten. Die Ergebnisse machen aber dennoch deutlich, dass die vertiefte inhaltliche Beschäftigung mit Be- und Entlastung des vegetativen Systems auch für Musikunterricht lohnend sein könnte.

So könnte der Haupteffekt der Unterrichtszeit, demnach Stress zu Beginn einer Unterrichtsstunde stärker ausgeprägt ist als am Ende, ein Hinweis darauf sein, dass Instrumentallehrkräfte noch besser darin geschult werden könnten, physisch gestresstes Verhalten noch schneller als bisher zu identifizieren und positiv zu intervenieren. Im Laufe der untersuchten Stunden scheint dies zwar

gelingen zu sein, aber eine physische Konstitution der Lernenden, die bereits früher weniger belastet ist, könnte sich positiv auf den Lernverlauf auswirken. Obwohl die Einzelwerte hier relativ breit streuen, zeigt das nahezu vollständige Fehlen von Messwerten im 4. und das überwiegende Fehlen von Messwerten im 2. Quadranten die erstaunliche Stabilität dieses Effekts, auch über drei unterschiedliche Instrumentalstunden hinweg, was sich in der immensen Effektgröße niederschlägt.

Der zweite Haupteffekt, der der Unterrichtsphase, ist aufgrund der großen Unterschiede zwischen den drei untersuchten Einzelunterrichtsstunden schwieriger zu interpretieren. Einerseits kann ein globaler Effekt in den Daten identifiziert werden, dass Smalltalk stressiger ist als inhaltsbezogene Aktivitäten im Unterricht. Andererseits finden Smalltalkphasen in der Regel zu Beginn einer Unterrichtsstunde statt, so auch im hier untersuchten Datensatz, wodurch diese Varianzen nicht mit Sicherheit vollständig unabhängig vom anderen Haupteffekt gesehen werden können. Worauf genau die Varianzanteile zurückzuführen sind, sollte Gegenstand weiterführender, gezielter Untersuchungen werden.

Methodisch ist anzumerken, dass die Messungen der Versuchsperson beim Saxophon im Stehen stattfanden, während die Versuchspersonen in Cello- und Klavierstunden saßen. Durch die im Stehen natürlicherweise höhere Herzfrequenz fallen hier auch die RMSSD-Werte insgesamt geringer aus, gleichzeitig blieben die bei den anderen Instrumenten beobachtbaren Effekte erhalten. Eine Limitation dieser Pilotstudie ist außerdem, dass keine Kontrollsituation existiert und die normalen Schwankungen der HRV durch Reden oder Schweigen im alltäglichen Kontext der Versuchspersonen als Vergleich dienen könnten. Für eine vertiefende Interpretation wäre es aufschlussreich, in zukünftigen Studien individuelles Üben sowie 24-Stunden-Messungen als Vergleich heranzuziehen (Heiss et al., 2021; Göhle & Schuller, 2024).

Die in dieser Pilotstudie beobachtbaren, großen interindividuellen Unterschiede gepaart mit den unerwartet eindeutigen statistischen Ergebnissen lassen allerdings den Schluss zu, dass hier systematischere Untersuchungen lohnend sein könnten. So stellt sich im Anschluss an die vorliegende Studie beispielsweise die Frage, wodurch die gefundenen interindividuellen Unterschiede zustande kommen. Wie viel Einfluss haben das individuelle Stresslevel, die zwischenmenschliche Situation im Einzelunterricht, oder auch das konkrete Instrument? Gibt es allgemeingültige Grundsätze für physisches Stresserleben im Instrumentalunterricht oder gibt es verschiedene Typen? Und vielleicht am wichtigsten: Lassen sich ähnlich wie in der Trainingssteuerung im Sport Verlaufsmessungen dazu nutzen, physischen Stress mit Qualitätsparametern von Unterricht zusammenbringen bzw. inhaltliche Entscheidungen aufgrund des aktuellen physischen Zustands treffen? Steigt bei geringerem Stress die Lernkurve am Instrument? Geht eine höhere instrumentale Qualität im Spiel mit einer größeren Entspannung einher? Gibt es Übungen, die vor instrumentalen Übeeinheiten oder dem Instrumentalunterricht eine lernförderlichere physische Konstitution herstellen

können? Die Verfolgung solcher Fragen wirkt im Anschluss an die vorliegende Pilotstudie im Sinne der musikpädagogischen Erkenntnisgewinnung überaus lohnenswert.

Die methodische Entscheidung, unterschiedliche Instrumente und Unterrichtskontexte zu untersuchen, hat die Vielfalt der musikpädagogischen Praxis widergespiegelt, aber auch die Notwendigkeit unterstrichen, zukünftige Studien noch differenzierter zu gestalten, um die beobachteten interindividuellen Unterschiede und Gemeinsamkeiten noch tiefer zu verstehen.

Musizieren ist ein tief in Leib und Physis verankerter Prozess. So ist folglich die Untersuchung physiologischer Zustände und insbesondere die Dynamik des autonomen Nervensystems in verschiedenen musikalischen Situationen ein vielversprechendes Forschungsgebiet für die Musikpädagogik, das nicht nur ein tieferes Verständnis für die komplexen Wechselwirkungen zwischen Körper, Geist und musikalischer Ausdrucksfähigkeit verspricht, sondern auch wegweisende Ansätze für eine gesundheitsbewusste und effektive Lehrpraxis bieten könnte.

Literatur

- Ackermann, S., Hartmann, F., Papassotiropoulos, A., de Quervain, D.J.-F. & Rasch, B. (2013). Associations between basal cortisol levels and memory retrieval in healthy young individuals. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 25, 1896–1907. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00440
- Bernardes, A., Couceiro, R., Medeiros, J., Henriques, J., Teixeira, C., Simões, M., Durães, J., Barbosa, R., Madeira, H. & Carvalho, P. (2022). How Reliable Are Ultra-Short-Term HRV Measurements during Cognitively Demanding Tasks? *Sensors*, 22, 6528. <https://doi.org/10.3390/s22176528>
- Bogdány, T., Boros, S., Szemerszky, R. & Köteles, F. (2016). Validation of the Firstbeat TeamBelt and BodyGuard2 systems. *Magyar Sporttudományi Szemle*, 17, 5–12.
- Carrasco-Poyatos, M., González-Quílez, A., Altini, M. & Granero-Gallegos, A. (2022). Heart rate variability-guided training in professional runners: Effects on performance and vagal modulation. *Physiology & Behavior*, 244, 113654. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2021.113654>.
- Chanwimalueang, T., Aufegger, L., Adjei, T., Wasley, D., Cruder, C., Mandic, D. P. & Williamson, A. (2017). Stage call: Cardiovascular reactivity to audition stress in musicians. *PLoS ONE*, 12(4), e0176023. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0176023>
- Crosswell, A. & Lockwood, K. (2020). Best practices for stress measurement: How to measure psychological stress in health research. *Health Psychology Open*, 7, 205510292093307. <https://doi.org/10.1177/205510292093307>
- Gibbons, C. (2022). Understanding the role of stress, personality and coping on learning motivation and mental health in university students during a pandemic. *BMC Psychol*, 10, 261. <https://doi.org/10.1186/s40359-022-00971-w>
- Göhle, U. H. & Schuller, J. C. (2024). Auf der Suche nach Evidenz in der psychomotorischen Praxis – quantitative Beobachtungsstrategien von Entspannungsverfahren. *Motorik*, 47(1), 17–25. Reinhard.

- Halleland, H. B., Harris, A., Sørnes, S., Murison, R. & Ursin, H. (2009). Subjective Health Complaints, Stress, and Coping in Orchestra Musicians. *Medical Problems of Performing Artists*, 24(2), 58–62. <http://dx.doi.org/10.21091/mppa.2009.2014>
- Hasselhorn, J., Hasselhorn, S., Altenmüller, E. & Hasselhorn, M. (2012). Aufführungsangst bei Studierenden in den Fächern Gesang und Klavier. Verändert sie sich im Laufe der Ausbildung? *Beiträge empirischer Musikpädagogik*, 3(2).
- Heiss, S., Vaschillo, B., Vaschillo, E. G., Timko, C. A. & Hormes, J. M. (2021). Heart rate variability as a biobehavioral marker of diverse psychopathologies: A review and argument for an “ideal range”. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 121, 144–155. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2020.12.004>.
- Hofbauer, V. C. (2017). *Motivation von Musiklehrern*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-658-15206-2_3
- Hottenrott, K. (2002). Grundlagen zur Herzfrequenzvariabilität und Anwendungsmöglichkeiten im Sport. In Hottenrott, K. (Hrsg.), *Herzfrequenzvariabilität im Sport – Prävention, Rehabilitation und Training* (S. 9–26). Czwalina.
- Jääskeläinen, T. (2022). Using a Transcendental Phenomenological Approach as a Model to Obtain a Meaningful Understanding of Music Students’ Experienced Workload in Higher Education. *International Journal of Education & the Arts*, 23(6). <https://doi.org/doi.org/10.26209/ijea23n6>
- Jha, S., Stogios, N., de Oliveira, A. S., Thomas, S. & Nolan, R. P. (2022). Getting Into the Zone: A Pilot Study of Autonomic-Cardiac Modulation and Flow State During Piano Performance. *Front. Psychiatry*, 13, 853733. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2022.853733>
- Jian, S. (2022). Exploring the Impact of Music Education on the Psychological and Academic Outcomes of Students: Mediating Role of Self-Efficacy and Self-Esteem. *Frontiers in Psychology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.841204>
- Karlen, Y., Hirt, C. & Stebner, F. (2021). Fähigkeitstheorien zum selbstregulierten Lernen: Die Bedeutung von impliziten Theorien und Fähigkeitsselbstkonzept für das Lernen und die akademische Leistung. *Unterrichtswissenschaft*, 49, 503–524. <https://doi.org/10.1007/s42010-021-00131-w>
- Kasanuki, K., Iseki, E., Fujishiro, H., Ando, S., Sugiyama, H., Kitazawa, M., Chiba, Y., Sato, K. & Arai, H. (2015). Impaired heart rate variability in patients with dementia with Lewy bodies: Efficacy of electrocardiogram as a supporting diagnostic marker. *Parkinsonism & related disorders*, 21(7), 749–754. <https://doi.org/10.1016/j.parkrel-dis.2015.04.024>
- Koevoet, D., Strauch, C., Van der Stigchel, S., Mathôt, S. & Naber, M. (2023). Revealing visual working memory operations with pupillometry: Encoding, maintenance, and prioritization. *WIREs Cognitive Science*, e1668. <https://doi.org/10.1002/wcs.1668>
- Lazarus, R. S. & Folkman, S. (1984). *Stress, Appraisal, and Coping*. Springer.
- Limbachia, C., Morrow, K., Khibovska, A., Meyer, C., Padmala, S. & Pessoa, L. (2021). Controllability over stressor decreases responses in key threat-related brain areas. *Communications biology*, 4(1), 42. <https://doi.org/10.1038/s42003-020-01537-5>
- Nordman, J. C., Summers, C. & Ball, K. (2023). The impact of chronic stress on neuroplasticity and abnormal behavior. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1208351>
- Nunan, D., Sandercock, G. R. H. & Brodie, D. A. (2010). A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults.

- Pacing and Clinical Electrophysiology*, 33, 1407–1417. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.2010.02841.x>
- Patel, S., Wang, M., Guo, J., Smith, G. & Chen, C. A. (2023). Study of R-R Interval Transition Matrix Features for Machine Learning Algorithms in AFib Detection. *Sensors*, 23, 3700. <https://doi.org/10.3390/s23073700>
- Peschel, S. K. V., Feeling, N. R., Vogeles, C., Kaess, M., Thayer, J. F. & Koenig, J. (2016). A systematic review on heart rate variability in Bulimia Nervosa. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, 63, 78–97. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.01.012>
- Poirier, P. (2014). Exercise, heart rate variability, and longevity: the cocoon mystery? *Circulation*, 129(21), 2085–2087. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.114.009778>
- Prinsloo, G. E., Rauch, H. G. L. & Derman, W. E. (2014). A Brief Review and Clinical Application of Heart Rate Variability Biofeedback in Sports, Exercise, and Rehabilitation Medicine. *The Physician and Sportsmedicine*, 42(2), 88–99. <https://doi.org/10.3810/psm.2014.05.2061>
- Obbarius, N., Fischer, F., Liegl, G., Obbarius, A. & Rose, M. (2021) A Modified Version of the Transactional Stress Concept According to Lazarus and Folkman Was Confirmed in a Psychosomatic Inpatient Sample. *Front. Psychol.*, 12, 584333. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.584333>
- Selye, H. (1956). Endocrine reactions during stress. *Anesthesia & Analgesia*, 35(3), 182–193.
- Shaffer, F. & Ginsberg, J. P. (2017). An Overview of Heart Rate Variability Metrics and Norms. *Front. Public Health*, 5, 258. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00258>
- Spahn, C. (2010). Psychosomatische Medizin und Psychotherapie. In C. Spahn, B. Richter & E. Altenmüller (Hrsg.), *Musikermedizin – Diagnostik, Therapie und Prävention von musikerspezifischen Erkrankungen* (S. 135–186). Schattauer.
- Teager, A. J. (2010). *Examining the Effect of Detached Mindfulness, Habituation, and Suppression on Intrusive Thoughts following Exposure to Stress*. University of Manchester.
- Vaishali, B., Amalan, S., Preejith, S., Joseph, J. & Sivaprakasam, M. (2020). *HRV based Stress Assessment of Individuals in a Work Environment*. <https://doi.org/10.1109/MeMeA49120.2020.9137299>
- Williamson, A., Aufegger, L., Wasley, D., Looney, D. & Mandic, D. P. (2013) Complexity of physiological responses decreases in high-stress musical performance. *Journal of The Royal Society Interface*, 10, 20130719. <https://doi.org/10.1098/rsif.2013.0719>
- Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P. & Sahebkar, A. (2017). The impact of stress on body function: A review. *EXCLI journal*, 16, 1057–1072. <https://doi.org/10.17179/excli2017-480>
- Yerkes, R. M. & Dodson, J. D. (1908). The relation of strength of stimulus to rapidity of habit-formation. *Journal of Comparative Neurology and Psychology*, 18, 459–482.

Johannes Hasselhorn

johannes.hasselhorn@fau.de

<https://orcid.org/0000-0003-3384-224X>

Johanna Vorrhein
johanna.vorrhein@fau.de

Juliane Rick
rick.juliane@aol.de

Ulf Henrik Göhle
Henrik.Goehle@hfmdk-frankfurt.de
<https://orcid.org/0000-0002-0898-082X>