

Andreas Voss, Martin Bogdanski, Mario Walther, Bernd Langohr, Reyk Albrecht, Georg Seifert und Mike Sandbothe

Medizinische Evaluation: Achtsamkeitstraining für Studierende (MBST®) führt zu nachhaltiger Reduzierung von stressassoziierten Biomarkern

Abstract

In der digitalen Gesellschaft ist chronischer Stress zu einem zunehmenden Problem geworden, da er zu psycho-physiologischen Gesundheitsproblemen führen kann. Auch Hochschulstudierende sind aufgrund der Anforderungen vieler Kurse und Prüfungen mit Stress konfrontiert. Die positiven Auswirkungen der Stressreduktion durch Achtsamkeit (MBSR) auf die Stressbewältigung und die Selbstregulierung sind bereits untersucht worden. Im Rahmen des Thüringer Modells *Achtsame Hochschulen* wurde prototypisch eine neue, auf Studierende zugeschnittene Achtsamkeitsintervention entwickelt – das Achtsamkeitstraining für Studierende (MBST®). In dieser Studie stellen wir Längsschnittergebnisse der MBST®-Evaluation vor (Gesamtdauer der Evaluation 11. April 2017 bis 31. März 2020). Biosignal-Analysemethoden, einschließlich Pulswellenvariabilität (PWV), Herzfrequenzvariabilität und Atmungsaktivität, wurden eingesetzt, um den Zustand der autonomen Regulation der Teilnehmer:innen während der zwölfwöchigen Intervention und bei der Nachuntersuchung zu bewerten. Die Fortschritte der Interventionsgruppe (IGR, N = 31) bis zu drei Monate nach Ende des MBST® wurden mit denen einer Kontrollgruppe (N = 34) verglichen. Darüber hinaus wurde der Langzeiteffekt für die IGR bis zu einem Jahr nach der Intervention untersucht. Die Analyse ergab signifikante positive Veränderungen der PWV ausschließlich für die IGR. Dieser positive Effekt, insbesondere auf die Gefäßfunktion, hält auch ein Jahr nach Beendigung von MBST® an. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das physiologisch reduzierte Stressniveau durch Anwendung des MBST®-Programms als ein vorteilhaftes, nachhaltiges und präventives Gesundheitsprogramm für Studierende an Hochschulen angesehen werden kann.¹

1 Das Kapitel ist eine Übersetzung von Voss et al. 2022 in leicht abgeänderter Fassung.

Einführung

Die ursprünglich von Jon Kabat-Zinn entwickelte Methode in der Schmerztherapie (vgl. Kabat-Zinn 2013) ist später in weitere Felder eingeführt worden. Für das MBST®-Format wurde die MBSR-Methode ergänzt und modifiziert und so speziell auf die Bedürfnisse der Studierenden in ihrem Studienalltag zugeschnitten.

Das vermittelte Training sollte u.a. die Stressbewältigung sowie die Selbst- und Emotionsregulation stärken und damit zu einem persönlichen gesundheitlichen Nutzen beitragen. Die Entwicklung dieses prototypischen Ansatzes haben wir durch wissenschaftliche Untersuchungen auf der Basis physiologischer Biomarker begleitet. Im Rahmen der Evaluationsstudie (siehe Kapitel I.2 in diesem Buch) erhoben wir mittels wiederholter Messungen von Elektrokardiogramm (EKG), Fingerpuls-Photoplethysmogramm (PPG, abgeleitet aus der Pulsoxymetrie) und Atemaktivität (RESP) Informationen über den Zustand der autonomen Regulation der Teilnehmer:innen der MBST®-IGR sowie einer passiven Kontrollgruppe. Daraus konnten verschiedene Maße der Herzfrequenzvariabilität (HRV), PWV und Atemaktivität, die die autonomen Funktionen in verschiedenen Bereichen der Biosignalanalyse charakterisieren, extrahiert und statistisch analysiert werden. Auf dieser Grundlage fanden wir in dieser ersten Studie einen signifikanten Effekt im Sinne einer reduzierten vaskulären Regulation (Gefäßregulation anhand spezifischer PWV-Parameter). Diese Verbesserung wurde ausschließlich bei MBST®-Teilnehmer:innen beobachtet. Sie geht mit einer reduzierten Stresssituation einher und zeigt damit einen positiven gesundheitlichen Nutzen nach acht von zwölf Wochen Intervention.

Das Ziel der nun vorliegenden Longitudinalstudie war es, im Längsschnitt zu untersuchen, inwieweit und wie lange sich auch nach Ab-

schluss der kompletten MBST®-Intervention eine Stressreduktion nachweisen lässt. Zunächst gingen wir dabei der Fragestellung nach, welche Wirkung am Ende der zwölfwöchigen Intervention nachgewiesen werden kann (bislang hatten wir das nur bis zur achten Woche der Intervention evaluiert) und wie sich der Zustand in der Nachbeobachtung bis zu drei Monate nach Ende der Intervention entwickelt – auch im Vergleich mit der Entwicklung der Kontrollgruppe im selben Zeitraum. Dann haben wir uns entschieden, darüber hinaus die Langzeiteffekte für die MBST®-Teilnehmer:innen über mehrere Monate bis hin zu einem Jahr nach Kursende zu untersuchen.

1. Studienbeschreibung und Methodik

In dieser quasirandomisierten, kontrollierten Studie wurde die physiologische Wirkung des zwölfwöchigen MBST®-Kurses auf Studierende untersucht. Die Studienteilnehmer:innen wurden dazu mehreren klinischen Messungen vor, während und nach Ende des Kurses unterzogen. Dabei wurden Parameter der HRV, PWV und RESP sowohl von der IGR als auch von einer passiven Kontrollgruppe (KON) erfasst. Die Auswertung dieser Messwerte anhand verschiedener Methoden der Biosignalanalyse führte schließlich zu statistischen Vergleichen innerhalb und zwischen den beiden Gruppen mit je 40 Teilnehmenden. Somit konnten am Ende Veränderungen über die Zeit sowie Gruppenunterschiede in Funktionen der autonomen Regulation untersucht werden.

Alle Verfahren, die in dieser Evaluationsstudie mit Probanden durchgeführt wurden, wurden von der institutionellen Ethikkommission des Universitätsklinikums Jena genehmigt und in Übereinstimmung mit der Deklaration von Helsinki von 1964 sowie späteren Änderungen durchgeführt. Von allen Studienteilnehmer:innen wurde nach erfolgter Aufklärung über Inhalte und Ziele der Evaluationsstudie eine schriftliche Zustimmung eingeholt.

1.1 MBST®-Intervention

Basierend auf klassischen Elementen der achtsamkeitsbasierten Stressreduktion (MBSR), die ursprünglich von Jon Kabat-Zinn (vgl. 2013) eingeführt wurde, ist im Rahmen des Thüringer Modells *Achtsame Hochschulen* eine neue Achtsamkeitsintervention für Studierende an Hochschulen entwickelt und etabliert worden (siehe Kapitel I.1 in diesem Buch). Der Hauptgrund für die Änderung des autorisierten MBSR-Curriculums war das Ziel, einen Kurs mit einer Zeitstruktur anzubieten, die den Standards von akademischen Seminaren in Deutschland entspricht (90 Minuten pro Woche in einem Semester), sodass Studie-

rende dafür universitäts- und fakultätsübergreifend Leistungspunkte erhalten können. Darüber hinaus hat sich gezeigt, dass die Dauer der MBSR-Übungen (ca. 2,5 bis 3,5 Stunden pro wöchentlicher Sitzung) zwar im klinischen Kontext von MBSR sowie in ambulanten MBSR-Kursen nützlich ist, aber für Studierende in einem akademischen Umfeld zu lang ist. Das Gleiche gilt für den Achtsamkeitstag.

Die sich daraus ergebenden Veränderungen in der zeitlichen Struktur des Curriculums sowie die Notwendigkeit, im Kurs direkt auf die spezifischen Themen der Studierenden einzugehen und die Anzahl der medizinischen Inputs zu reduzieren, haben zu einer deutlichen Veränderung des Kursformats geführt, was sich im neuen Namen MBST® ausdrückt. Dies ist gleichzeitig eine Antwort auf die folgende Forderung, die im autorisierten *Curriculum Guide* für MBSR zu finden ist:

»Derzeit gibt es eine Vielzahl von achtsamkeitsbasierten Programmen, die sich aus der Grundstruktur und dem Format von MBSR entwickelt haben. Wir begrüßen diese Anpassungen und Experimente, fordern unsere Kollegen jedoch nachdrücklich auf, das, was sie tun, nur dann MBSR zu nennen, wenn sie sich an die hier beschriebene Struktur und die Standards halten.«

Jon Kabat-Zinn (2017: 4)

Die zwölfwöchige MBST®-Intervention umfasst wöchentliche 90-minütige Sitzungen und einen fünfstündigen ›Achtsamkeitsretreat-Tag‹. Darüber hinaus gibt es eine Einführungs- und eine Abschlusssitzung zu Beginn und am Ende. Die gelehrten Praktiken bestehen aus informellen und formellen Übungen (wie Body Scan, verschiedene Meditationen und Achtsamkeitsyoga), die von MBSR-Trainer:innen angeleitet werden. Das Training soll u.a. die Stressbewältigung sowie die Selbst- und Emotionsregulierung stärken und so zur persönlichen Gesundheit und zur Verbesserung der Lebensqualität beitragen. Die Durchführung sowie Materialvorbereitung und -bereitstellung wurde von den zwei erfahrenen MBST®-Trainern und Projektbeteiligten Reyk Albrecht und Bernd Langohr übernommen.

1.2 Teilnehmer:innen und Messungen

Alle Teilnehmer:innen dieser Evaluationsstudie waren Studierende aus verschiedenen Fachbereichen der Ernst-Abbe-Hochschule oder Friedrich-Schiller-Universität in Jena. Von der Evaluation ausgeschlossen wurden Personen mit Diabetes, Bluthochdruck, Herzerkrankungen, Schwangere, (semi-)professionelle Sportler:innen sowie solche mit

Gruppe (Messung)	N [Teilnehmer:innen]	Geschlecht [w/m]	Alter [MW ± SD, Jahre]
IGR (M4)	31	28/3	24,4 ± 3,8
IGR (M6)	22	20/2	24,6 ± 3,6
KON (M4)	34	31/3	24,2 ± 7,2

Tabelle 1: Teilnehmer:innenzusammensetzung pro Gruppe

fortgeschrittener Erfahrung im Achtsamkeitstraining. In diesen Fällen wäre eine von vornherein (teils deutlich) veränderte autonome Regulation zu erwarten, was wiederum die Messergebnisse verfälschen würde. Zusätzlich sei erwähnt, dass die Teilnehmer:innenzusammensetzung mehr Frauen als Männer aufwies, was aber für beide Gruppen gleichermaßen zutraf. Die Einschreibung folgte der zeitlichen Reihenfolge der Anmeldung (quasirandomisiert), wonach die ersten 40 Einschreibungen der Interventionsgruppe und die weiteren 40 nachfolgenden der Kontrollgruppe zugeordnet wurden.

Die klinischen Evaluationsmessungen erfolgten zu mehreren, fest vereinbarten Zeitpunkten. Diese starteten (nach einer Kennenlernmessung M0 unmittelbar vor Beginn) mit der Messung M1, gefolgt von den Messungen M2 nach acht Wochen und M3 nach Ende des zwölfwöchigen MBST®-Interventionsprogramms. Um die Nachhaltigkeit dieser Intervention zu untersuchen, wurden beide Gruppen zusätzlich drei Monate nach dem MBST® noch einmal gemessen (Messung M4). Somit lag eine vergleichbare Datenbasis vor (während und nach Abschluss der Intervention) und es war eine Nachverfolgung zusätzlich möglich. Bis zu diesem Zeitpunkt M4 absolvierten 31 IGR- und 34 KON-Teilnehmer:innen die Messungen. Darüber hinaus wurden die Interventionsteilnehmer:innen sechs Monate (Messung M5) und ein Jahr nach Ende des Kurses (Messung M6) untersucht, um die Nachhaltigkeit der Intervention zu prüfen. Diese lange Zeitspanne wurde von insgesamt 22 der IGR-Teilnehmer:innen lückenlos abgedeckt. Weitere Einzelheiten über die Teilnehmer:innen sind in Tabelle 1 aufgeführt. Eine Übersicht und kurze Beschreibung der Messpunkte können Tabelle 2 entnommen werden.

Jede Messung wurde einzeln in einem ruhigen Raum auf dem Campus durchgeführt. Nachdem der durchführende wissenschaftliche Mitarbeiter die Proband:innen über die Studieninhalte sowie -abläufe auf-

Messung	Beschreibung	Anmerkungen
M0	Anpassungs- messung	zum Kennenlernen des Messablaufs
M1	vor MBST®-Beginn	Semesterstart
M2	nach acht Wochen MBST®	während des Semesters
M3	nach Ende der zwölf Wo- chen MBST®	gegen Semesterende, vor Prüfungsbeginn
M4	drei Monate nach MBST®- Ende, letzte Messung für KON	nach Sommerferien, zum Start des Folgesemesters
M5	sechs Monate nach MBST®-Ende	gegen Semesterende, vor Prüfungsbeginn
M6	ein Jahr nach MBST®-Ende, letzte Messung für IGR	gegen Semesterende, vor Prüfungsbeginn

Tabelle 2: Messplanung und Beschreibung

geklärt und diese dann ihre Einwilligung zur Teilnahme erklärt hatten, wurde die medizinische Messtechnik (nichtinvasive Ableitung des EKG, des Pulses und der Atmung) angelegt. Die Ableitung der Herzaktivität mittels EKG erfolgte über zwei bipolare Kanäle äquivalent zu den Einthoven-Ableitungen II und III. Die Pulswelle wurde per PPG mittels Fingerstück am rechten Zeigefinger aufgezeichnet und diente der kardiovaskulären Aktivitätsbestimmung. Außerdem wurden jeweils ein Atemgurt um den Brustkorb sowie auf Bauchhöhe angebracht, um je nach Person die Atemaktivität sowohl aus primärer Brustatmung als auch Bauchatmung zu erfassen. Ein Biosignalverstärker erfasste die Signale und ein damit verbundener PC zeichnete diese auf. Nach visueller Überprüfung der Signalqualität und Einpendeln der Signale auf ein stabiles Niveau wurde die etwa elfminütige Messung zur Aufnahme gestartet. Während dieser Messzeit wurden der Teilnehmer bzw. die Teilnehmerin gebeten, ruhig und entspannt auf einem Stuhl zu sitzen, sich möglichst nicht zu bewegen und nicht zu sprechen, um Störungen in der Signalaufzeichnung zu vermeiden. Für die späteren Auswertungen wurden zehnminütige Messabschnitte aus diesen Aufzeichnungen genutzt.

1.3 Signalverarbeitung und Analyse

Signalaufbereitung

Um den Zustand der autonomen Regulation und daraus das körperliche Stressniveau durch verschiedene Parameter abbilden zu können, mussten die aufgezeichneten Rohdaten aus EKG, PPG/Pulswelle und Atemaktivität zunächst einer Vorverarbeitung unterzogen werden. Zu den ersten Schritten zählten hierbei das Kürzen auf zehn Minuten Aufzeichnung und das spezifische, digitale Filtern jedes Signals mit dem Ziel, das Nutzsignal deutlicher hervorzuheben und Störungen aller Art zu erkennen und zu beseitigen. Zudem wurden aus den jeweils zwei EKG- und Atemkanälen die Kanäle mit besserer Signalqualität für die Weiterverarbeitung ausgewählt. In einem weiteren Arbeitsschritt wurden die markanten R-Zacken der Herzschläge im EKG erkannt und deren zeitliche Abstände als Schlag-zu-Schlag-Intervalle (auch RR-Intervalle) in einer neuen Zeitreihe – dem Tachogramm – aufgetragen. Die EKG-Schlagerkennung erfolgte automatisiert mit anschließender manueller Nachkontrolle sowie nachgeschalteter adaptiver Filterung. Danach wurden die korrigierten Zeitreihen der Schlagabstände (Tachogramme) als NN-Intervalle (normal-zu-normal) gekennzeichnet. Auf ähnliche Weise wurden auch markante Punkte in der Pulswelle und der Atemaktivität erfasst und daraus auswertbare Datenfolgen extrahiert. Aus den so aufgearbeiteten Signalen konnten schließlich zahlreiche charakteristische Merkmale bestimmt werden. Die Analyse der NN-Intervalle lieferte dabei die Bestimmung der HRV. Die Zeitpunkte und Amplituden der systolischen Maxima und diastolischen Minima aus der Pulswelle bildeten das Pulssystogramm (PSYS) und das Pulsdiastogramm (PDIA). Die Auswertung dieser Datenreihen ergab zahlreiche Maße der PWV, analog zur Blutdruckvariabilität (BPV) aus kontinuierlichen Blutdruckaufzeichnungen. Die Kurvenmaxima und -minima aus der aufgezeichneten Atemaktivität führten zu den Zeitreihen für Inspiration (RESPin) und Expiration (RESPex), welche der Einschätzung der Einatmungs- und Ausatmungsphasen sowie des gesamten Atemzyklus dienen.

Parameterberechnung

Wesentliche Merkmale zur Charakterisierung der autonomen Regulation wurden mittels Zeit- und Frequenzanalysen sowie der nichtlinearen Dynamik (hier insbesondere der symbolischen Dynamik) gewonnen. Bei der Auswahl der 32 für die Auswertung interessantesten Parameter orientierten wir uns an Erfahrungen aus unseren vorhergehenden Studien (siehe Kapitel 1.2 in diesem Buch) sowie den Empfehlungen für Standardparameter der Arbeitsgruppe der Europäischen

Gesellschaft für Kardiologie und der Nordamerikanischen Gesellschaft für Herzschrittmacher und Elektrophysiologie (vgl. Malik et al. 1996). Dabei wurden u.a. Mittelwerte, Streumaße, Anstiege, Abstandsmaße, Frequenzparameter sowie nichtlineare Faktoren bestimmt. Anhand dieser Merkmale aus verschiedenen Disziplinen der Biosignalanalyse wird der physiologische Zustand der Teilnehmer:innen ermittelt. Dies betrifft insbesondere Funktionen des autonomen Nervensystems und die darin wirkenden antagonistischen Anteile von Sympathikus und Parasympathikus. Das sympathovagale Gleichgewicht kann Aufschluss über das körperliche Stressniveau, aber auch über krankheitsbedingte Funktionsstörungen oder Ungleichgewichte geben. Daher sind diese Biomarker ein wertvoller Maßstab für die Bewertung von Interventionen oder Therapien sowie für die Erkennung oder Differenzierung von Krankheitsbildern (Malik et al. 1996).

Statistische Auswertung

Um die unterschiedlichen Zustände in den Gruppen über die Zeit zu untersuchen, wurden die 32 ausgewählten Parameter in mehreren Schritten statistisch ausgewertet. Als Erstes wurden die berechneten Maße aus HRV, PWV und RESP durch Standardisierung in eine gemeinsame Dimension transformiert. Darauf aufbauend wurde die Anzahl der Variablen mittels Faktorenanalyse verringert. Nach dieser Vorbereitung konnten schließlich die eigentlichen statistischen Vergleiche anhand von multivariaten Varianzanalysen (MANOVA) angestellt werden. Das wird im Folgenden etwas detaillierter beschrieben.

Die Transformation der Parameterdaten durch Standardisierung in Vorbereitung der Faktorenanalyse war nötig, um die unterschiedlichen Skalierungen, Größenverhältnisse und Einheiten der verschiedenen abgeleiteten Maße zu vereinheitlichen. Die Unterschiede in physiologischer sowie technischer Hinsicht leiten sich sowohl aus der Herkunft der verschiedenen Biosignale als auch aus den methodischen Berechnungsansätzen ab. Somit liegen die Werte der elektrophysiologischen Erfassung der Herzaktivität (EKG-Ableitung) in einer anderen Dimension und Größenordnung als die optische Signalerfassung der Pulsation in den Blutgefäßen (Pulswelle aus PPG). Ebenso sind Werte aus der Zeitanalyse nicht direkt vergleichbar mit denen aus der Frequenzanalyse oder nichtlinearen Dynamik. Etwasige Dimensionsunterschiede würden durch falsche Gewichtungen zu Unter- oder Überschätzungen in der Faktorenanalyse führen. Die Standardisierung wurde auf Basis der initialen Messung (M1) über beide Gruppen hinweg vorgenommen. Da dies die Ausgangslage für die weitere Entwicklung beider Gruppen bildete und beide tat-

sächlich auf gleichem Niveau hinsichtlich der Messwerte starteten, wurde diese Messung als Referenzpunkt gewählt.

Mit dem Ziel, die Variablenmenge von 32 Parametern bei 34 (KON) bzw. 31 (IGR) untersuchten Fällen (Proband:innen) weiter zu verringern und somit die statistische Aussagekraft zu steigern (Verhältnis gemessener Variablen zu beobachteten Fällen), wurde vor der abschließenden MANOVA eine Faktorenanalyse durchgeführt. Diese Methode schätzt in einem Modell Zusammenhänge von Vektoren aus den gegebenen Daten ab, um diese in neuen Faktoren zusammenzufassen. Diese neu definierten, künstlichen Variablen (Faktoren) stellen praktisch eine Gruppierung der Messvariablen mit ähnlicher Bedeutung dar. Jeder Faktor repräsentiert eine lineare Kombination von Messvariablen und damit deren Informationen als erklärte Varianz mit einem eigenen Wert (Score). Die einzelnen Variablen (unsere 32 berechneten Parameter) sind anhand ihres Beitrages zum Informationsgehalt eines Faktors gewichtet und gerichtet. Anhand dieses Verfahrens kann die Variablenanzahl zum Teil deutlich reduziert und dennoch ein erheblicher Anteil an Informationsgehalt der ursprünglichen Messvariablen erhalten werden. In dieser Evaluationsstudie konnten somit die 32 Parameter auf sieben Faktoren (weniger als ein Viertel) komprimiert werden, wobei 87 Prozent des Informationsgehaltes (erklärte Gesamtvarianz) erhalten blieb. Die Zusammensetzung der berechneten Faktoren war nachvollziehbar und eine Interpretation mit Bezug auf die zu untersuchenden Variabilitätsmaße nach wie vor möglich. So repräsentierten die sieben erhaltenen Faktoren beispielsweise die HRV im Zeit- oder Frequenzbereich, die reinen Amplitudenverläufe oder weitere Variabilitätsmaße der PWV sowie Kopplungsmaße aus HRV und PWV in separaten Faktoren-Scores.

Nach der Standardisierung und Faktorenanalyse erfolgte die Auswertung der multivariaten Daten aus den zwei Gruppen zu mehreren Messzeitpunkten mittels der zweifaktoriellen MANOVA mit Messwiederholung. Zunächst untersuchten wir das Verhalten von IGR und KON bis zum Messzeitpunkt M4 (drei Monate nach MBST®). Für die Bewertung des nachhaltigen Effekts des MBST® wurden anschließend die multivariaten Daten der Interventionsgruppe in einer einfaktoriellen MANOVA mit Messwiederholung bis hin zu einem Jahr nach Intervention (Messzeitpunkt M6) ausgewertet. Da die multivariate Analyse der MANOVA über mehrere Ebenen von Gruppeneffekt (zwei Gruppen) und Zeiteffekt (bis zu sechs Messungen) hinweg die Daten modelliert und auswertet, kann damit nur bestimmt werden, ob allgemein in den Gruppen und Zeiten mittlere, signifikante Unterschiede festzustellen sind. Um die Ergebnisse noch detaillierter darstellen zu

können, ist es sinnvoll, paarweise Einzelvergleiche (Post-hoc-Tests) durchzuführen. In dieser Studie wurde dafür der Ansatz der Vergleiche der geschätzten Randmittel (engl. *estimated marginal means*) gewählt, welcher auf Basis der erstellten Modelldaten der MANOVA erfolgte. Im Gegensatz zum Vergleich von tatsächlichen Messwerten wurden hier Modellwerte der bereinigten Gruppenmittel der einzelnen Ebenen (Gruppe, Zeit, Messvariable) aus der MANOVA herangezogen. Auf diese Weise konnte daher genauer untersucht werden, zu welchem Zeitpunkt welche Gruppenunterschiede festzustellen waren oder auch welche Messvariable im Einzelnen welche Wirkung auf Gruppen- oder Zeiteffekt hatte.

1.4 IGR und KON bis M4

Zu Beginn der Evaluationsstudie gab es bei Messung M1 praktisch keine Unterschiede zwischen beiden Gruppen – die Ausgangssituation beider Gruppen war also vergleichbar.

Die MANOVA-Untersuchung von Gruppen- und Zeithaupteffekten auf Grundlage der sieben Faktoren als abhängige Variablen ergab einen statistisch signifikanten multivariaten Zeiteffekt. Dies bedeutet über beide Gruppen hinweg eine signifikante Veränderung über die Zeit, jedoch gab es keinen multivariaten signifikanten Effekt für die Gruppenunterscheidung über alle Zeiten hinweg und auch keinen signifikanten Interaktionseffekt von Zeit und Gruppe. Die Post-hoc-Tests der modellbasierten geschätzten Randmittel zeigten ebenfalls keine signifikanten, multivariaten Unterschiede zwischen IGR und KON innerhalb der einzelnen vier Zeiten (M1 bis M4). Demgegenüber bestätigte sich jedoch der signifikante, multivariate Zeiteffekt innerhalb beider Gruppen. Unter Einbeziehung aller sieben Faktoren zusammen zeigte sich, dass beide Gruppen sich jeweils über die Zeit statistisch signifikant veränderten, jedoch zu keinem Messzeitpunkt ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen beiden Gruppen bestand. Bei genauerer Betrachtung der paarweisen Einzelvergleiche fanden wir jedoch Hinweise auf spezifische signifikante Veränderungen im Zeitverlauf innerhalb des die PWV repräsentierenden Faktors. Beide Gruppen zeigten gleichermaßen signifikante Unterschiede der Messungen M1, M2 oder M3 im Vergleich zur Messung M4. Darüber hinaus waren jedoch exklusive Veränderungen bei der IGR im Messintervall M1 zu M2 zu beobachten. Da M4 vermutlich stark durch stressreduzierende und erholsame Effekte der Sommerpause an der Hochschule beeinflusst wurde, richteten wir unser Hauptaugenmerk auf die Messungen im Interventionszeitraum M1 bis M3 (Vorher-nachher-Vergleich). Der Unterschied zwischen den Zeiten M1 und M3 war für die KON nie signi-

fikant, unabhängig davon, welches Modell für die statistische Anpassung bei Mehrfachvergleichen gewählt wurde. Die multivariaten Ergebnisse der MANOVA auf der Grundlage von acht PWV-Einzelparametern des PWV-Faktors zeigten statistisch signifikante Haupteffekte für Gruppe und Zeit. Dies bedeutet einen multivariaten Unterschied zwischen beiden Gruppen über alle Zeitpunkte hinweg sowie Unterschiede im Zeitverlauf zwischen beiden Gruppen.

Schließlich bewerteten wir die paarweisen Einzelvergleiche zwischen den Gruppen über die einzelnen Zeiten hinweg, um die acht spezifischen PWV-Parameter separat zu bewerten. Hier stellte sich nach Normierung ein sichtbarer Unterschied zwischen beiden Gruppen von M1 zu M2 und M3 in den einzelnen Merkmalen heraus. Nach diesen direkten Vergleichen zwischen den Gruppen untersuchten wir paarweise Längsschnittvergleiche hinsichtlich der Veränderungen im Zeitverlauf innerhalb der jeweiligen Gruppe. Zunächst fielen erneut signifikante Unterschiede in Bezug auf M4 auf. Dies betraf alle acht PWV-Parameter und beide Gruppen, so wie es schon die detaillierten Ergebnisse der ersten MANOVA im speziellen PWV-Faktor gezeigt hatten. Zusätzlich konnten wir jedoch signifikante Veränderungen von M1 zu M2 bzw. zu M3 ausschließlich für die IGR feststellen. Im Einzelnen zeigten die Entropie, als Ausdruck für die Vielfältigkeit, sowie die symbolische Dynamik, als Maß für erhöhte oder gesenkte Variabilität, ein Sinken der PWV für die IGR im Laufe der Intervention an. Dies äußerte sich in statistisch signifikanten Veränderungen von M1 zu M2 (PSYS_renyi2² $p \leq 0,031$; PSYS_wpsum02³ $p \leq 0,007$) sowie von M1 zu M3 (PSYS_renyi2 $p \leq 0,041$; PSYS_wpsum02 $p \leq 0,018$). Die Ergebnisse der anderen PWV-Parameter unterstützten dieses Ergebnis der exklusiven Veränderungen für die IGR lediglich als Trends. Der Vergleich von M2 zu M3 ergab keine signifikanten Unterschiede, was auf ein konstantes Niveau nach acht bis zwölf Wochen MBST® hindeutet. Mit Ausnahme von M4 konnten wir keine signifikanten Veränderungen im gleichen Zeitraum bei der KON feststellen. Auch wenn beide Gruppen fast gleichermaßen von den Sommerferien zu M4 profitierten und zu diesem Zeitpunkt eine signifikante Veränderung in Richtung Ruhe bzw. Entspannung aufwiesen, konnte dennoch in den einzelnen PWV-Parametern auch zu diesem Zeitpunkt eine Differenz zwischen beiden Gruppen dargestellt werden (siehe Abb. 1, Verlauf der

2 PSYS_renyi2 – Rényi-Entropie des Histogramms der PSYS-Amplitudenwerte mit Ordnung 2 (siehe Voss et al. 2022)

3 PSYS_wpsum02 – relativer Anteil (Summe/Total) von Wörtern (aus der symbolischen Dynamik), die nur aus den Symbolen „0“ und „2“ bestehen (siehe Voss et al. 2022)

PWV hier repräsentiert durch den Einzelparameter PSYS_sdAMP⁴) für die IGR und die KON. Demnach ist der über den Interventionszeitraum M2 und M3 aufgebaute Unterschied zwischen IGR und KON auch nach deutlicher Einwirkung des Ferieneffekts noch sichtbar.

1.5 IGR bis M6

Für die Untersuchung der Langzeitentwicklung der IGR (die KON stand nicht mehr zur Verfügung) bis zu einem Jahr nach Kursende standen nur noch Daten von 22 IGR-Teilnehmer:innen zur Verfügung, die von Anfang bis Ende der Studie durchgängig an den Messungen teilgenommen hatten. Die MANOVA auf Grundlage der beobachteten Messdaten der acht PWV-Parameter ergab einen statistisch signifikanten Zeiteffekt über alle Parameter und Messzeiten hinweg. Wiederum zeigten die paarweisen Einzelvergleiche ähnliche Ergebnisse wie die zuvor erläuterten Auswertungen für die IGR von M1 bis M4. Die meisten Einzelvergleiche mit Bezug zu M4 oder M6 wiesen signifikante Unterschiede zu allen anderen Zeitpunkten auf.

Die Einzelanalysen (siehe auch Abbildung 1) zeigten einen sichtbaren Verlauf mit abnehmender PWV nach acht Wochen MBST® (M1 bis M2), gefolgt von einem leichten Anstieg der Variabilität nach Kursende und kurz vor den Prüfungen (M3). Dennoch blieb der Stand hier unter dem Startniveau von M1. Drei Monate nach Ende der Intervention und nach den Sommerferien (M4) kam es dann zu einem deutlichen Sinken der PWV-Parameter. Nach weiteren drei Monaten und vor den nächsten Prüfungen (M5) kam es erneut zu einem deutlichen Anstieg auf nahezu Startniveau. Ein Jahr nach Beendigung der MBST®-Intervention und während des darauffolgenden Semesters (M6) zeigte die PWV zwar einen nichtsignifikanten, aber im Trend deutlich erkennbaren erneuten, starken Rückgang auf das Niveau von M4. Um einen Gesamtüberblick zu geben, sind in Abbildung 1 einige relevante Daten in einem gemischten Diagramm integriert, um den Fortschritt von IGR und KON bis zu drei Monaten nach MBST® (M4) sowie die Langzeitentwicklung der Interventionsteilnehmer:innen bis zu einem Jahr nach Kursende (M6) zu veranschaulichen. Die zugrundeliegenden Daten basieren auf der vollen Proband:innenstärke für beide Gruppen bis M4 und setzen sich dann mit einer reduzierten Proband:innenzahl in der IGR bis M6 fort. Lineare Trendlinien unterstützen die Visualisierung des Fortschritts. Insbesondere zeigt die Grafik sowohl den sich aufbauenden Unter-

4 PSYS_sdAMP – Standardabweichung der systolischen Amplitudenverläufe aus dem Pulswellensignal ist ein Maß für die Abschätzung der vaskulären Variabilität (siehe Voss et al. 2022)

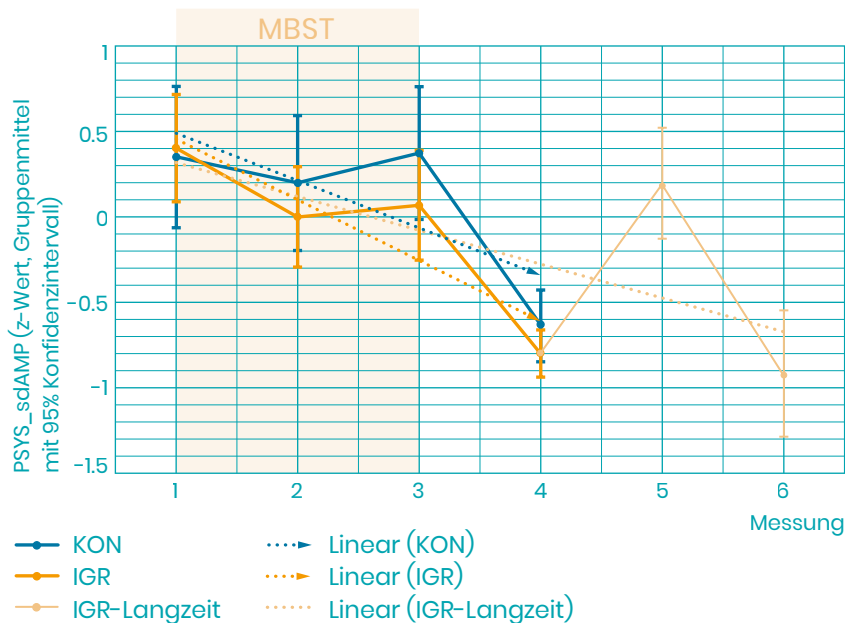


Abbildung 1: Repräsentativer Parameter der Pulswellenvariabilität (PWV) – Verlauf der PWV (dargestellt durch PSYS_sdAMP-Parameter) für die IGR und die KON über den gesamten Studienzeitraum (Messungen M1 bis M6); M1 bis M3: Interventionszeitraum; M4 bis M6: drei, sechs und zwölf Monate nach Ende der Intervention; direkter Vergleich zwischen IGR und KON bis M4; die Messungen M5 und M6 zeigen ausschließlich die Langzeitentwicklung für die IGR (Daten von der KON nicht verfügbar); eine Reduzierung des PSYS_sdAMP Wertes ist assoziiert mit einer verbesserten Stresssituation

schied in der vaskulären Variabilität (dargestellt durch PSYS_sdAMP) zwischen der IGR und der KON aufgrund signifikanter MBST®-induzierter Veränderungen als auch den anhaltenden Trend der ehemaligen MBST®-Teilnehmer:innen in der Studiennachverfolgung.

1.6 Wöchentliche formale Übungszeit der Teilnehmer:innen

Die von den Teilnehmer:innen berichteten Übungsaufwendungen außerhalb der wöchentlichen Kurssitzungen stellen eine zusätzliche Information zur Einordnung der quantitativen Ergebnisse dar. Die Übersicht in Abbildung 2 veranschaulicht die wöchentliche Gesamttrainingszeit aller Teilnehmer:innen (in Prozent, relativ zur maximalen Summe kurz nach Beginn der Intervention) sowie die individuelle durchschnittliche Trainingszeit (mittlerer wöchentlicher, zeitlicher Aufwand in Minuten). Im Laufe des zwölfwöchigen MBST®-Kurses ging demnach die wöchentlich protokollierte Gesamtübungszeit im Vergleich zur ersten Woche schließlich auf etwa 65 Prozent zurück. Der individuelle, wöchentliche

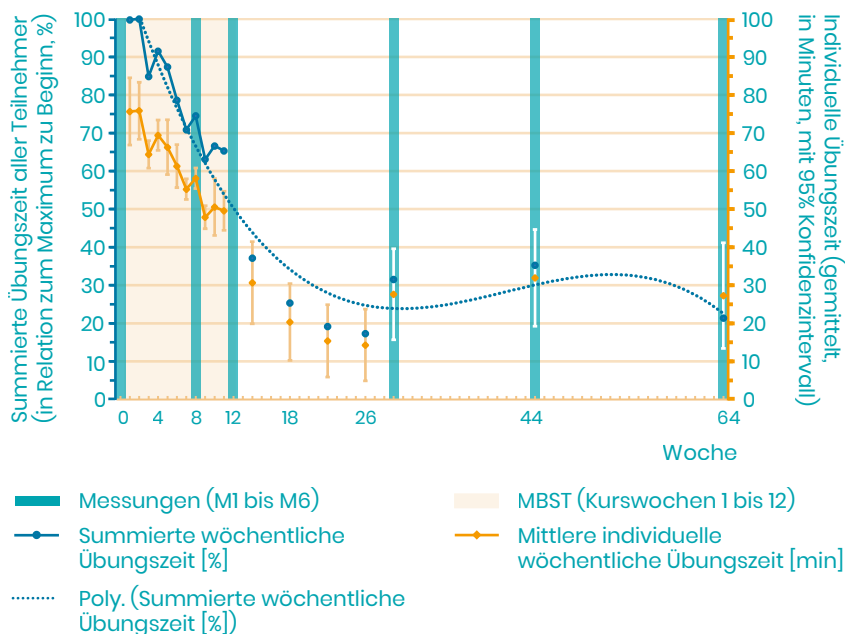


Abbildung 2: Berichtete, wöchentliche, formale Übungszeiten der MBST Teilnehmer:innen (ohne offiziell angeleitete Kurssitzungen) – Darstellung der von den Interventionsteilnehmer:innen gemeldeten wöchentlichen Übungszeiten; ohne die Kurssitzungen; linke Achse/blau Kurve: gesamte wöchentliche Übungszeit summiert über alle Teilnehmer:innen in Prozent (relativ zum Maximum zu Kursbeginn); rechte Achse/orange Kurve: individuelle wöchentliche Übungszeit im Durchschnitt pro Teilnehmer:in in Minuten; die klinischen Evaluationsmessungen fanden in den Wochen W0 (vor der Intervention), W8, W12 (Ende der Intervention), W29 (drei Monate nach Ende), W44 (sechs Monate nach Ende) und W64 (ein Jahr nach Ende) statt.

Zeitaufwand für das häusliche Üben sank von durchschnittlich 75 Minuten nach Beginn auf 50 Minuten am Ende der Intervention. Die erho-benen Übungszeiten der Nachbeobachtung erfolgten in zunehmenden Zeitintervallen und zeigten einen weiteren Rückgang in den Wochen nach Kursende, jedoch auch wieder einen leichten Anstieg nach drei bis zwölf Monaten nach Kursende (M4 bis M6). Die Eindrücke aus den persönlichen Kurzinterviews ergaben, dass Teilnehmer:innen die erlernten Übungen entweder ganz aufgegeben oder zunehmend in ihren Alltag integriert hatten. Ein moderater Zwischenweg wurde dagegen seltener berichtet. Basierend auf diesen Informationen mit zunehmend divergierendem Engagement bei der Fortführung der Übungspraxis sind die Ergebnisse für die IGR bis M6 daher von limitierendem Wert.

2. Zusammenfassung und Fazit

In der vorliegenden Längsschnittstudie untersuchten wir die Auswirkungen des zwölfwöchigen achtsamkeitsbasierten Studierendentrainings MBST® auf die autonome Regulation der Interventionsteilnehmer:innen. Neben detaillierten methodischen Elementen sollte diese auf Studierende zugeschnittene Intervention vor allem das Stressmanagement sowie die Selbst- und Emotionsregulation zur Bewältigung des Hochschulalltags stärken. Die möglichen positiven physiologischen Auswirkungen wurden durch die Analyse von HRV-, PWV- und Atmungsmaßen bewertet. Der Vergleich schloss die Bewertung einer passiven KON ein, um Gruppen- und Zeiteffekte zwischen und innerhalb beider Gruppen abzuschätzen. Die statistische Analyse basierte hauptsächlich auf zwei methodischen Schritten: einer Faktorenanalyse zur Zusammenfassung und Reduktion des umfangreichen Parametersatzes sowie einer MANOVA mit zusätzlichen Post-hoc-Tests für multivariate und univariate Zeit- und Gruppeneffekte. Insbesondere Letztere ergaben detaillierte Einblicke in die Zusammenhänge und Unterschiede der zugrundeliegenden Daten.

2.1 Vergleich von IGR und KON bis drei Monate nach MBST®-Ende

Zusammenfassend lässt sich für die MBST®-IGR ein positiver Einfluss auf die Gefäßfunktionen feststellen. Der erste Schritt mit einer MANOVA mit Komponenten einer Faktorenanalyse zur Abschätzung von HRV, PWV und Atmungsaktivität wies auf statistische Unterschiede innerhalb der PWV hin. Im zweiten Schritt ergaben die paarweisen Einzelvergleiche Hinweise auf eine signifikant reduzierte PWV nach zwölf Wochen Intervention ausschließlich bei den MBST®-Teilnehmer:innen. Es ist zu erkennen, dass beide Gruppen über die Messzeitpunkte hinweg dem gleichen Trend folgen, wenn auch in unterschiedlichem Maße. Dies korreliert mit der Studiensituation während des Semesters und deckt sich mit unseren Wahrnehmungen auf dem Campus und dem Feedback der Teilnehmer:innen. Es spiegelt sich in leichtem Stress zu Beginn des Semesters aufgrund neuer Kurse und Anforderungen (M1), weniger Stress in der Mitte des Semesters (M2), hohem Stress zur Prüfungszeit am Ende des Semesters (M3) und deutlicher Entspannung in den Semesterferien (M4) wider. Dennoch scheint MBST® mit den vermittelten Methoden zur Stressbewältigung zu wirken, da der beschriebene Trend der Stresswirkung zu den Messzeitpunkten in der IGR geringer ausfällt bzw. hier eine stärkere Resistenz oder Anpassung zu beobachten ist.

Obwohl beide Gruppen zu Beginn fast den gleichen Ausgangswert hatten, wuchs der Unterschied in der PWV zwischen IGR und KON im Laufe der Interventionsdauer. Selbst in einer Phase erhöhten Stress

aufgrund von Prüfungen an der Hochschule am Ende der Intervention hielt der beobachtete Effekt an. Darüber hinaus war der Unterschied bei der dreimonatigen Nachbeobachtung nach Ende des Kurses zwar geringer, aber immer noch sichtbar. Obwohl die Auswirkungen der Sommerpause auf beide Gruppen zu diesem Zeitpunkt viel größer waren, was zu einer geringeren PWV und weniger Stress beider Gruppen führte, gab es immer noch einen messbaren Unterschied zugunsten der IGR. Abgesehen von dem durch die PWV abgeschätzten vaskulären Zustand konnten wir keine Hinweise auf signifikante Veränderungen der von uns erhobenen HRV-Merkmale oder der Atemfrequenz feststellen, weder im Zeitverlauf noch zwischen den Gruppen.

Die wichtigste Erkenntnis aus dieser Studie ist, dass insbesondere die vaskuläre Komponente (als Äquivalent für den Blutdruck) durch MBST® positiv beeinflusst wird. Speziell die Parameter der systolischen Gefäßvariabilität zeigten signifikante Unterschiede in der nichtlinearen Dynamik (renyi2, wpsum02) und im Zeitbereich (sdAMP). Dies kann als deutliches Anzeichen für eine Stressreduktion interpretiert werden, auf die gleich noch näher eingegangen werden soll. Zusätzlich unterstützt der Trend der weiteren, aber nichtsignifikanten PWV-Parameter dieses Ergebnis.

Die kurzfristige BPV oder die kurzfristige PWV auf Schlag-zu-Schlag-Basis als lineare und nichtlineare Marker des (Herz-)Gefäßsystems wurden unseres Wissens bisher in keiner anderen Studie zum MBST® untersucht. Einige wenige systematische Übersichten und Metaanalysen legen nahe, dass achtsamkeitsbasierte Interventionen den Blutdruck senken können (vgl. Zhang et al. 2021). Diese Studien zeigten meist nur eine Senkung des systolischen und diastolischen Blutdrucks bei Menschen mit Hypertonie (vgl. Clemow et al. 2018). Erhöhte Stresswerte werden, unabhängig von traditionellen Risikofaktoren, mit dem Auftreten koronarer Herzkrankheiten, einer erhöhten Sterblichkeit und einem schlechteren Gesundheitszustand bei Patient:innen mit akutem Herzinfarkt oder Bluthochdruck in Verbindung gebracht. Dies ist eine Folge des veränderten (kardio-)vaskulären Zustands. Langfristige Blutdruckschwankungen stehen wiederum mit kardiovaskulären Erkrankungen und erhöhter Sterblichkeit in Verbindung, die über die Auswirkungen des mittleren Blutdrucks hinausgehen (vgl. Stevens et al. 2016). Die noch begrenzte Datenlage zur mittelfristigen und kurzfristigen BPV weist auf ähnliche Zusammenhänge hin (vgl. Palatini et al. 2014). Der Blutdruck ist eine kontinuierliche und keine statische Variable. Personen, die in der Klinik oder zu Hause ähnliche Blutdruckwerte aufweisen, können sich in Bezug auf ihre durchschnittlichen Tages- und Nachtwerte, den Schlag-zu-Schlag-Blutdruckschwankungen während des

Wachzustandes und des Schlafes, den Reaktionen auf psychische und physische Reize sowie den Schwankungen zwischen Messerhebungen oder zu den Jahreszeiten erheblich unterscheiden (vgl. Floras 2013).

Eine hohe BPV kann ein Prädiktor für das Risiko einer Demenz oder kognitiven Beeinträchtigung sein. Der zusätzliche Beitrag der BPV überstieg nachweislich den des mittleren Blutdrucks (vgl. Heus et al. 2021). Bei einer kleinen Gruppe von Patient:innen mit leichtem Bluthochdruck konnte gezeigt werden, dass die BPV in signifikantem Zusammenhang mit der Lebensqualität steht (vgl. Sung et al. 2014). Daraus wurde gefolgert, dass eine Verbesserung der Lebensqualität zu einer günstigen Veränderung (Verringerung) der BPV führen kann. Dementsprechend könnte die in unserer Studie festgestellte Verringerung der vaskulären Variabilität durch die MBST®-Intervention eine klare Reaktion in diese Richtung sein, hin zu einer entspannteren und damit gesünderen Regulierung.

Das Gehirn steuert das Herz direkt über die sympathischen und parasympathischen Zweige des autonomen Nervensystems. Die Herzfunktion kann durch die Aktivierung der autonomen Herznerven als Reaktion auf Signale von Baro-, Chemo-, Nasopharyngeal- und anderen Rezeptoren sowie durch zentrale autonome Befehle – einschließlich mit Stress, körperlicher Aktivität, Erregung und Schlaf verbundener – tiefgreifend verändert werden (vgl. Silvani et al. 2016). Die autonome Steuerung des Herzens wird dabei durch ein zentrales autonomes Netzwerk miteinander verbundener Hirnstrukturen reguliert. So hat sich gezeigt, dass ein erhöhter mittlerer arterieller Blutdruck mit der Reaktion mehrerer Hirnregionen korreliert, von denen angenommen wird, dass sie für die Kontrolle kardiovaskulärer Reaktionen auf Verhaltensstressoren verantwortlich sind (vgl. Gianaros et al. 2005). Wir vermuten, dass die von uns festgestellte Verringerung der vaskulären Variabilität infolge der Stressreduzierung ihren Ursprung in diesen beteiligten Gehirnregionen hat und letztlich über den Baroreflex vermittelt wird. In diese Richtung weist auch eine Studie von Sevinc et al. (vgl. 2021), die zeigt, dass Achtsamkeitstraining bei gesunden älteren Erwachsenen die Kognition verbessert und die intrinsische Konnektivität zwischen bestimmten Hirnarealen stärkt.

2.2 Exklusiver Langzeitausblick für IGR bis zu einem Jahr nach Interventionsende

Was den Längsschnittverlauf ausschließlich für die IGR mit Nachbeobachtung bis zu einem Jahr nach Beendigung des MBST® betrifft, so können wir die Ergebnisse und den Trend der verringerten vaskulären Variabilität bestätigen. Dennoch ist es erwähnenswert, dass die Ge-

fäßvariabilität der ehemaligen Teilnehmer:innen am Ende des folgenden Semesters (sechsmonatige Nachbeobachtung zu M5) fast auf das Niveau vor der Intervention anstieg und damit höher war als zu Interventionsende. Ein Jahr nach Kursende stellten wir jedoch wiederum einen weiteren starken Rückgang des PWV fest, was auf einen positiven Langzeiteffekt hindeutet. Die lineare Trendfunktion für den Verlauf der PWV-Maße der (ehemaligen) MBST®-Teilnehmer:innen unterstützt die Einschätzung eines nachhaltigen positiven Effekts.

2.3 Mögliche Einschränkungen dieser Studie

In Anbetracht aller Daten und Ergebnisse sollten jedoch einige Einschränkungen dieser Studie beachtet werden. Da dieses Format speziell für Hochschulstudierende konzipiert wurde, sind die Schlussfolgerungen nicht unbedingt für die breite Öffentlichkeit gültig. Zudem muss angeführt werden, dass die meisten Teilnehmer:innen Studierende der Sozialwissenschaften waren (neben denen der Wirtschaftswissenschaften und des Ingenieurwesens) und dass das Geschlechterverhältnis zugunsten der Frauen ausfiel. Diese doppelte Unausgewogenheit in Kombination mit möglichen mit der Zusammensetzung der Teilnehmer:innen zusammenhängenden Affinitäten oder Sensibilitäten könnte zu spezifischen Einflüssen auf die Wirkung von *Mind-Body*-Interventionen führen. Das Anmeldeverfahren war zwar quasirandomisiert (nach chronologischer Anmeldung), aber nicht streng nach den Verfahren einer randomisierten kontrollierten Studie. Darüber hinaus haben wir den Einfluss einiger Metainformationen als Kofaktoren wie Alter, Geschlecht, sportliche Aktivitäten und Meditations- oder Yogaerfahrung noch nicht untersucht. Diese könnten die Auswirkungen des MBST®-Trainings auf die Teilnehmer:innen und damit die Ergebnisse der Studie beeinflussen. Bestimmte Erkrankungen und Faktoren haben wir jedoch bereits zum Zeitpunkt der Anmeldung aufgrund von Zulassungsbedingungen ausgeschlossen. Dazu gehörten Faktoren wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes, Schwangerschaft, das Ausüben von Leistungssport und fortgeschrittene Erfahrung mit Achtsamkeitsinterventionen. Darüber hinaus kann der Ausblick auf die Entwicklung der ehemaligen Interventions Teilnehmer:innen bis zu einem Jahr in der Nachbeobachtung nur als Orientierung dienen. Für die Zeit nach der dreimonatigen Nachbeobachtung gab es keine gegenüberstellenden Aufzeichnungen von der KON, was einen detaillierten Vergleich zwischen den Gruppen hinsichtlich der Langzeiteffekte über diesen Zeitraum hinaus verhindert. Außerdem könnten sich viele Faktoren im Alltag der ehemaligen Teilnehmer:innen im Laufe der Zeit verändert haben (etwa Studien-

anforderungen/-phase, Privates, aber auch der Grad der Integration von MBST®-Elementen in die tägliche Routine). Die Erkenntnisse aus den Antworten der Teilnehmer:innen über das (im Durchschnitt) abnehmende, aber auch stark divergierende Ausmaß der berichteten Übungspraxis zu Hause während und nach der MBST®-Intervention könnten diesen Punkt unterstreichen.

Wie bereits erwähnt, ist die Stressreduzierung sowohl für den Einzelnen als auch für die öffentliche Gesundheit in einer Vielzahl von Bereichen von großer Bedeutung. Für Jugendliche und Studierende werden in dieser Hinsicht verschiedene Ansätze verfolgt (vgl. Tortella et al. 2021), wie beispielsweise der Einsatz von Yoga (vgl. Elstad et al. 2020), Meditation (vgl. Kashevnik et al. 2021), Biofeedback-Verfahren (vgl. Subhani et al. 2018; Can et al. 2020) und ebenso verschiedene achtsamkeitsbasierte Interventionen (vgl. Kuhlmann et al. 2016; Klingbeil et al. 2017; Zhang et al. 2021).

Die Verwendung von Fragebögen zur Ermittlung und/oder Bewertung von Stress oder Stressniveau war bzw. ist immer noch der wichtigste Ansatz. Es besteht jedoch ein wachsendes Interesse an der Ermittlung der physiologischen Parameter, die die autonome Regulierung repräsentieren und mit der Erkennung von Stress sowie der Reduzierung des Stressniveaus korrelieren. Dazu gehören insbesondere die elektrodermale Aktivität (Hautleitwert), die Herzfrequenz, die HRV, die Atmung, der Blutdruck, der Puls und die Gefäßvariabilität (vgl. Subhani et al. 2018; Kashevnik et al. 2021; Vavrinsky et al. 2021; Zhang et al. 2021). Stress wirkt sich auf das kardiovaskuläre System aus, was sich anhand von Parametern der Pulscurve (siehe Kapitel 1.2 in diesem Buch) oder des Blutdrucks (vgl. Celka et al. 2020) feststellen lässt. Die physiologische Reaktion auf einen akuten Stressor ist in der Regel viel stärker als die auf einen langsamen Anstieg oder das Beibehalten eines erhöhten Stressniveaus (vgl. Kuhlmann et al. 2016; Neureiter et al. 2017; van der Zwan et al. 2019; Meeuwssen et al. 2021). Dieser Effekt ist besonders deutlich in Studien, die die Reaktion der autonomen Regulation in Form von HRV und Atmung untersuchten. Im Gegensatz dazu scheinen die Parameter des vaskulären Systems (etwa mittels PWV) unserer Erfahrung nach empfindlicher auf den letztgenannten Effekt (einer langsamen, stetigen Entwicklung) zu reagieren. Somit lässt sich festhalten, dass die MBST®-Intervention insbesondere eine positive Wirkung auf bestimmte Parameter des Herz-Kreislauf-Systems hat, und zwar nicht nur akut, sondern auch dauerhaft, was als vielversprechender Marker für eine nachhaltige Reduzierung des Stressniveaus bei Studierenden angesehen werden kann.

2.4 Implikationen der Studie

Die Wirkungsanalyse von Achtsamkeitstrainings war bereits in der Vergangenheit Gegenstand zahlreicher wissenschaftlicher Studien. Die Artikel von Haase und Lautenschläger (siehe Kapitel I.4 und I.5 in diesem Buch) widmen sich speziell den im Rahmen des Thüringer Modells *Achtsame Hochschulen* konzipierten und durchgeführten Formaten. Sie gehen insbesondere der Frage nach, inwieweit sich MBST® auf Achtsamkeit, Stresswahrnehmung, Internetsucht und Wohlbefinden von Studierenden auswirken kann. Mit standardisierten Instrumenten wurden 197 Teilnehmende in zwölf MBST®-Kursen zwischen April 2018 und Juli 2019 befragt. Die Ergebnisse zeigen, dass sich aus dem Vergleich der Messungen zu Beginn und am Ende der Veranstaltungszyklen signifikante Veränderungen der Achtsamkeit, des subjektiven Stressniveaus und der zwanghaften oder ungesunden Internetnutzung der Teilnehmer:innen erkennen lassen.

Auch wenn die Analysen von Haase und Lautenschläger aufgrund des explorativen Studiendesigns Einschränkungen aufweisen, insbesondere das Fehlen einer Kontrollgruppe, und auch wenn mit dem gewählten Forschungsdesign keine kausalen Zusammenhänge abgeleitet werden können, so unterstreichen sie doch das Potenzial von MBST® für Studierende im Hinblick auf Stressbewältigung und die Verbesserung des Alltagslebens. Ihre Studie ergänzt die vorliegende Untersuchung und weist auf die Wirksamkeit von MBST® auch in Bezug auf die lebensdienliche Nutzung digitaler Medien hin.

Die Kehrseite der Vielzahl neuer digitaler Möglichkeiten und der ständigen Erreichbarkeit ist das Gefühl, permanent getrieben zu sein. Zu beobachten sind eine Entgrenzung und neue Suchtgefahren (vgl. Brewer 2018; Shapka 2019). So hat die Digitalisierung auch erhebliche Auswirkungen auf die psychische Landschaft der Studierenden und ebenso auf ihre körperliche Gesundheit. Gleichzeitig ist die beobachtete exzessive Nutzung von Smartphones und sozialen Medien ein Risikofaktor für die schulischen Leistungen (vgl. Domoff/Foley/Ferkel 2020). Hier hat MBST® den Studien zufolge das Potenzial, auf verschiedenen Ebenen entgegenzuwirken.

Dies gilt insbesondere im Hinblick auf einen besorgniserregenden Trend: Trotz der Vielzahl sozialer Medien beobachten Studien eine wachsende Einsamkeit (vgl. z.B. Spitzer 2018: 117ff.). Sherry Turkle, Professorin für Wissenschaft, Technologie und Gesellschaft am Massachusetts Institute of Technology, formuliert es folgendermaßen:

»Wir verfallen in den Glauben, dass wir weniger einsam sind, wenn wir immer verbunden sind. Aber wir sind in Gefahr, weil das Gegenteil der Fall ist: Wenn wir nicht in der Lage sind, allein zu sein, werden wir noch einsamer. Und wenn wir unseren Kindern nicht beibringen, allein zu sein, werden sie nur wissen, wie man einsam ist.«

Sherry Turkle (2015; Übersetzung d. Verf.)

2.5 Fazit

Die Ergebnisse dieser MBST®-Evaluierungsstudie, die auf der Analyse von Schlüsselparametern der autonomen Regulierung beruhen, dargestellt durch die Gefäßvariabilität (bzw. PWV), die HRV und die Atmungsaktivität, beruhen, zeigen eine anhaltende positive Wirkung in Bezug auf eine Stressreduktion. Die Teilnehmer:innen profitieren in erster Linie von einer verringerten vaskulären Variabilität, die eine verbesserte autonome Funktion durch eine gesenkte PWV widerspiegelt. Dieser Effekt ist bereits nach acht Wochen Intervention zu beobachten und bestätigt die Ergebnisse unserer ersten Vorstudie. Außerdem hält diese Wirkung bis zu drei Monate nach Ende der zwölfwöchigen Interventionsphase an. Darüber hinaus deuten die Ergebnisse der erweiterten Langzeitanalyse mit Beobachtungen bis zu einem Jahr nach dem MBST®-Ende auf einen lang anhaltenden Effekt bei den Teilnehmer:innen hin. Dieser Effekt könnte durch fortgesetztes Üben und die Integration der erlernten Übungen sowie Konzepte in den Alltag noch verstärkt werden. Perspektivisch könnten unsere Ergebnisse Anhaltspunkte für zukünftige Anwendungen zur Überwachung des individuellen Stressniveaus und des Interventionsfortschritts durch Wearables mit Pulswellenanalyse liefern.

Abschließend können wir festhalten, dass aufgrund der positiven physiologischen Wirkung die MBST®-Intervention einen sinnvollen und vor allem auch nachhaltigen Beitrag zur Stressreduktion und damit zur Gesundheitsprävention bei Studierenden leisten kann.

Literatur

- Brewer, Judson (2018): *Das gierige Gehirn. Der achtsame Weg, Alltagssüchte loszuwerden*, München.
- Can, Yekta Said/Iles-Smith, Heather/Chalabianloo, Niaz/Ekiz, Deniz/Fernandez-Alvarez, Javier/Repetto, Claudia/Riva, Guiseppe/Ersoy, Cem (2020): »How to Relax in Stressful Situations: A Smart Stress Reduction System«, in: *Healthcare* 8(2), S. 100-119, doi.org/10.3390/healthcare8020100.
- Celka, Patrick/Charlton, Peter H./Farukh, Bushra/Chowienczyk, Philip/Alastruey, Jordi (2020): »Influence of mental stress on the pulse wave features of photoplethysmograms«, in: *Healthcare Technology Letters* 7(1), S. 7-12, doi.org/10.1049/htl.2019.0001.
- Clemow, Lynn P./Pickering, Thomas G./Davidson, Karina W./Schwartz, Joseph E./Williams, Virginia P./Shaffer, Jonathan A./Williams, Redford B./Gerin, William (2018): »Stress management in the workplace for employees with hypertension: a randomized controlled trial«, in: *Translational Behavioral Medicine* 8(5), S. 761-770, doi.org/10.1093/tbm/iby018.
- Domoff Sarah E./Foley, Ryan P./Ferkel, Rick (2020): »Addictive phone use and academic performance in adolescents«, in: *Human Behavior and Emerging Technologies* 2.2, S. 33-38, doi.org/10.1002/hbe2.171.
- Elstad, Tiril/Ulleberg, Pål/Klonteig, Sandra/Hisdal, Jonny/Dyrdal, Gunvor Marie/Bjorndal, Arild (2020): »The effects of yoga on student mental health: a randomised controlled trial«, in: *Health Psychology and Behavioral Medicine* 8(1), S. 573-586, doi.org/10.1080/21642850.2020.1843466.
- Floras, John S. (2013): »Blood Pressure Variability: A Novel and Important Risk Factor«, in: *Canadian Journal of Cardiology* 29(5), S. 557-563, doi.org/10.1016/j.cjca.2013.02.012.
- Gianaros, Peter J./Derbyshire, Stuart W.G./May, J. Christopher/Siegle, Greg J./Gammalo, Mark A./Jennings, J. Richard (2005): »Anterior cingulate activity correlates with blood pressure during stress«, in: *Psychophysiology* 42(6), S. 627-635, doi.org/10.1111/j.1469-8986.2005.00366.x.
- Heus, Rianne A.A. de, et al. (2021): »Association Between Blood Pressure Variability With Dementia and Cognitive Impairment: A Systematic Review and Meta-Analysis«, in: *Hypertension* 78(5), S. 1478-1489, doi.org/10.1161/HYPERTENSIONA-HA.121.17797.
- Kabat-Zinn, Jon (2013): *Gesund durch Meditation: Das vollständige Grundlagenwerk zu MBSR*, München. (Original: [1990]: *Full Catastrophe Living: Using the Wisdom of Your Body and Mind to Face Stress, Pain, and Illness*, New York).
- Kabat-Zinn, Jon (2017): *Mindfulness-Based Stress Reduction (MBSR) Authorized Curriculum Guide*, mit einem Vorwort v. Saki F. Santorelli, hg. u. überarb. v. Melissa Blacker, Saki F. Santorelli, Florence Meleo-Meyer u. Lynn Koerbel, Worcester, rightdecisions.scot.nhs.uk/m/2105/mbsr-curriculum-guide-2017.pdf [letzter Zugriff 01.11.2024].
- Kashevnik, Alexay/Othman, Walaq/Ryabchikov, Igor/Shilov, Nikolay (2021): »Estimation of Motion and Respiratory Characteristics during the Meditation Practice Based on Video Analysis«, in: *Sensors* 21(11), S. 3771-3793, doi.org/10.3390/s21113771.
- Klingbeil, David A./Renshaw, Tyler L./Willenbrink, Jessica B./Copek, Rebecca A./Chan, Kai Tai/Haddock, Aaron/Yassine, Jordan/Clifton, Jesse (2017): »Mindfulness-based interventions with youth: A comprehensive meta-analysis of group-design studies«, in: *Journal of School Psychology* 63, S. 77-103, doi.org/10.1016/j.jsp.2017.03.006.
- Kuhlmann, Sophie Merle/Huss, Michael/Burger, Arne/Hammerle, Florian (2016): »Coping with stress in medical students: results of a randomized controlled

- trial using a mindfulness-based stress prevention training (MediMind) in Germany», in: *BMC Medical Education* 16(1), S. 316–327, doi.org/10.1186/s12909-016-0833-8.
- Malik, Marek/Bigger, J. Thomas/Camm, A. John/Kleiger, Robert E./Malliani, Alberto/Moss, Arthur J./Schwartz, Peter J. (1996): »Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use«, in: *European Heart Journal* 17(3), S. 354–381, doi.org/10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a014868 (auch in: *Circulation* 93(5), S. 1043–1065, doi.org/10.1161/01.CIR.93.5.1043).
- Meeuwse, Kyle D./Groeneveld, Kayleah M./Walker, Linda A./Mennenga, Anna M./Tittle, Rachel K./White, Elyse K. (2021): »Z-score neurofeedback, heart rate variability biofeedback, and brain coaching for older adults with memory concerns«, in: *Restorative Neurology and Neuroscience* 39.1, S. 9–37, doi.org/10.3233/RNN-201053.
- Neureiter, Elisabeth/Hajfani, Loreen/Ahnis, Anne/Mierke, Annett/Rose, Matthias/Danzer, Gerhard/Klapp, Burghard F. (2017): »An introduction to the »Psycho-Physiological-Stress-Test« (PPST) – A standardized instrument for evaluating stress reactions«, in: *PLoS One* 12(12), e0187859, doi.org/10.1371/journal.pone.0187859.
- Palatini, Paolo, et al. (2014): »Added Predictive Value of Night-Time Blood Pressure Variability for Cardiovascular Events and Mortality: The Ambulatory Blood Pressure-International Study«, *Hypertension* 64(3), S. 487–493, doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.114.03694.
- Sevinc, Gunes, et al. (2021): »Mindfulness Training Improves Cognition and Strengthens Intrinsic Connectivity Between the Hippocampus and Posteromedial Cortex in Healthy Older Adults«, in: *Frontiers in Aging Neuroscience* 13, 702796, doi.org/10.3389/fnagi.2021.702796.
- Shapka, Jennifer D. (2019): »Adolescent technology engagement: It is more complicated than a lack of self-control«, in: *Human Behavior and Emerging Technologies* 1, S. 103–110, doi.org/10.1002/hbe2.144.
- Silvani, Alessandro/Calandra-Buonaura, Giovanna/Dampney, Roger A.L./Cortelli, Pietro (13.05.2016): »Brain-heart interactions: physiology and clinical implications«, in: *Philosophical Transactions of the Royal Society A. Mathematical, Physical and Engineering Science* 374(2067), doi.org/10.1098/rsta.2015.0181.
- Spitzer, Manfred (2018): *Einsamkeit – die unerkannte Krankheit: schmerzhaft, ansteckend, tödlich*, München.
- Stevens, Sarah L./Wood, Sally/Koshiris, Constantinos/Law, Kathryn/Glasziou, Paul/Stevens, Richard J./McManus, Richard J. (2016): »Blood pressure variability and cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis«, in: *The BMJ* 354, i4098, doi.org/10.1136/bmj.i4098.
- Subhani, Ahmad Rauf/Kamel, Nidal/Mohamad Saad, Mohamad Naufal/Nandagopal, Nanda/Kang, Kenneth/Malik, Aamir Saeed (2018): »Mitigation of stress: new treatment alternatives«, *Cognitive Neurodynamics* 12(1), S. 1–20, doi.org/10.1007/s11571-017-9460-2.
- Sung, Jidong/Woo, Jong-Min/Kim, Won/Lim, Seoung-Kyeon/Chung, Ahn-Soo (2014): »Relationship between Blood Pressure Variability and the Quality of Life«, in: *Yonsei Medical Journal* 55(2), S. 374–378, doi.org/10.3349/ymj.2014.55.2.374.
- Tortella, Gonzalo R./Seabra, Amedea B./Padrao, Jorge/Diaz-San Juan, Rodrigo (2021): »Mindfulness and Other Simple Neuroscience-Based Proposals to Promote the Learning Performance and Mental Health of Students during the COVID-19 Pandemic«, in: *Brain Sciences*, 11(5), S. 552–572, doi.org/10.3390/brainsci11050552.
- Turkle, Sherry (2015): *Reclaiming Conversation: The Power of Talk in a Digital Age*, New York.

- Vavrinsky, Erik/Stopjakova, Viera/Kopani, Martin/Kosnacova, Helena (2021): »The Concept of Advanced Multi-Sensor Monitoring of Human Stress«, in: *Sensors* 21(10), S. 3499–3526, doi.org/10.3390/s21103499.
- Voss, Andreas/Bogdanski, Martin/Walther, Mario/Langohr, Bernd/Albrecht, Reyk/Sandbothe, Mike (2022): »Mindfulness-Based Student Training Improves Vascular Variability Associated With Sustained Reductions in Physiological Stress Response«, in: *Frontier in Psychology* 10, 863671 doi.org/10.3389/fpsyg.2022.863671.
- Zhang, Dexing/Lee, Eric Kam Pui/Mak, Eva C.W./Ho, C[.] Y[.]/Wong, Samuel Yeung Shan (2021): »Mindfulness-based interventions: an overall review«, in: *British Medical Bulletin* 138(1), S. 41–57, doi.org/10.1093/bmb/ldab005.
- Zwan, Judith Esi van der/Huizink, Anaj C./Lehrer, Paul M./Koot, Hans M./Vente, Wieke de (2019): »The Effect of Heart Rate Variability Biofeedback Training on Mental Health of Pregnant and Non-Pregnant Women: A Randomized Controlled Trial«, in: *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(6), S. 1051–1066, doi.org/10.3390/ijerph16061051.

Finanzierung und potenzielle Interessenkonflikte

Die vorgelegte Studie wurde von der Krankenkasse AOK PLUS als Mitglied des AOK-Bundesverbands GbR in Deutschland finanziert. Eine Einflussnahme durch den Geldgeber fand nicht statt. Das Projekt wurde zusätzlich kofinanziert durch die Ernst-Abbe-Hochschule Jena.