

Bericht zum Forschungsprojekt

Gesundes und effizientes Arbeiten auf aeris® muvmat

Wirkung auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die korrespondierende Gehirnaktivität, elektrokardiographische Aktivität und elektromyographische Aktivität

Dr. Diana Henz/Prof. Dr. Wolfgang Schöllhorn
Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaft
Institut für Sportwissenschaft
Johannes Gutenberg-Universität Mainz
Deutschland

1. Zusammenfassung

Aktuelle wissenschaftliche Studien belegen einen positiven Einfluss von sensorischer Anregung verschiedener Sinneskanäle (visuell, motorisch, haptisch, auditiv) und multisensorischer Informationsverarbeitung auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die korrespondierende Gehirnaktivität. Diese Studien zeigen, dass beim Vorliegen von Informationen aus verschiedenen Sinnesmodalitäten das Gehirn eine größere Flexibilität bei der Informationsverarbeitung, Lernfähigkeit und geringere Fehleranfälligkeit entwickelt. Bisher gibt es nur wenige systematische Studien zur Wirkung von sensorischer Stimulation über die unteren Extremitäten, beispielsweise durch Bodenplatten mit unebener Struktur auf die Gehirnaktivität während der Bearbeitung kognitiver Aufgaben. Von besonderem Interesse ist hierbei die Wirkung auf die elektrische Gehirnaktivität, die über das Elektroenzephalogramm (EEG) gemessen wird, dessen auf Veränderung durch das Stehen oder Gehen Böden mit unterschiedlicher Strukturbeschaffenheit ein objektiver Indikator für psychophysiologische Wachheitszustände, die Leistungsbereitschaft des kognitiven Systems, Stress und Motivation liefern kann. Beim EEG gibt die Zusammensetzung der verschiedenen EEG-Frequenzbänder (insbesondere der Theta-, Aufschluss Alpha-, Betaund Gamma-Bereich) über die unterschiedlichen psychophysiologischen Wachheits- und Aktivierungszustände während des Arbeitens. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts wurden Effekte des Arbeitens auf aeris® muvmat, einer Aktivbodenmatte mit einer unebenen Struktur ähnlich einem Sand-/Kiesstrand am Meer, die die Sensorik der Fußsohlen und unteren Extremitäten anregt sowie Effekte auf die Gesamtkörperhaltung hat, auf das psychophysiologische Wachheitsniveau, die kognitive Leistungsfähigkeit und die damit einhergehende Gehirnaktivität, elektrokardiographische Aktivität (EKG) und elektromyographische Aktivität (EMG) im Hals- und Schulterbereich in einer zweiwöchigen Interventionsstudie untersucht. Die Ergebnisse der physiologischen Messungen (EEG, EKG, EMG), der Leistungs- und Verhaltensdaten sowie der subjektiven Befindlichkeit belegen positive Effekte der Anwendung von aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden langfristige Konzentrationsfähigkeit, sowie die Gehirnaktivität, auf die kurzund elektrokardiographische und elektromyographische Aktivität. Die positiven Effekte sind bereits während einer einmaligen Anwendung beobachtbar und werden nach einer zweiwöchigen Intervention deutlich verstärkt. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen deutlich auf, dass die Anwendung von aeris® muvmat das Gehirn in den Arealen aktiviert, die für die Aufmerksamkeitssteuerung, motorische und sensorische Verarbeitung verantwortlich sind. Ferner ist eine Synchronisierung beider Gehirnhälften beim Stehen und Gehen auf aeris® muvmat beobachtbar sowie eine Anregung der rechten Gehirnhälfte bei der Bearbeitung von alltäglichen Büroaufgaben, die kreative und intuitionsbasierte Problemlöseprozesse anzeigt. Die im Rahmen dieser Studie gefundenen Ergebnisse legen die Empfehlung nahe, aeris® muvmat nicht nur zum Zweck der Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit, sondern auch im Bereich der Gesundheitsförderung, Prävention und Therapie einzusetzen.

2. Einleitung und theoretischer Hintergrund zur Wirkung von sensorischer Stimulation und multisensorischer Verarbeitung auf die Gehirnaktivität

Wissenschaftliche Studien belegen einen positiven Einfluss von multisensorischer Informationsverarbeitung auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die korrespondierende Gehirnaktivität. Sensorische Anregung und Anreicherung kann über verschiedene Sinneskanäle (visuell, motorisch, haptisch, auditiv) erfolgen, sowohl durch passive Stimulation, als auch aktiv, beispielsweise durch motorische Aktivität, bei der neben kinästhetischen auch propriozeptive und haptische Sinneskanäle angeregt werden. Aktuelle wissenschaftliche Studien belegen einen positiven Einfluss von Bewegung auf die physische und psychische Gesundheit sowie auf die kognitive Leistungsfähigkeit. Neben der kurzfristigen Wirkung von großmotorischen Alltags- und Sportbewegungen auf die Gehirnaktivität sind vor allem mittelfristige Interventionseffekte von Bewegung auf die kognitive Leistungsfähigkeit (Kurz- und Langzeitgedächtnis, Aufmerksamkeits- und Konzentrationsfähigkeit, Intelligenz, Geschwindigkeit der Informationsverarbeitung, Motivation, Kreativität, psychisches Selbstkonzept, Stressbewältigung) Gegenstand der Untersuchungen. Bisher gibt es nur wenige systematische Studien zu mittelbaren und unmittelbaren Effekten von Mikrobewegungen auf die Gehirnaktivität während der Bearbeitung kognitiver Aufgaben, die durch Arbeitsumgebungen herbeigeführt werden, die die motorische Aktivität und multisensorische Sinneswahrnehmung (visuell, motorisch, haptisch) fördern. Von besonderem Interesse ist hierbei die Wirkung von bewegungs- und wahrnehmungsfördernden Arbeitsumgebungen auf die elektrische Gehirnaktivität, die über das EEG gemessen wird, dessen Veränderung durch Arbeiten in diesen spezifischen Arbeitsumgebungen objektive Indikatoren für psychophysiologische Wachheitszustände, die Leistungsbereitschaft des kognitiven Systems, Stress und Motivation liefern kann. Beim EEG gibt die Zusammensetzung der verschiedenen EEG-Frequenzbänder (insbesondere der Theta-, Alpha-, Beta- und Gamma-Bereich) Aufschluss über die unterschiedlichen psychophysiologischen Wachheitszustände während des Arbeitens. Die Alpha-Aktivität (8-13 Hz) ist die häufigste Form der Grundaktivität und wird vor allem bei geschlossenen Augen in den okzipitalen und parietalen Gehirnarealen gemessen, kann aber auch bei geöffneten Augen unter entspannten Zuständen auftreten. Die Beta-Aktivität (13-30 Hz) tritt meist präzentral und frontal auf und ist ein Indikator für Wachheit. Aufgrund der großen Bandbreite wird das Beta-Band in drei Bereiche mit korrelierenden psychophysiologischen Zuständen separiert: während der Beta-1 Bereich (13-15 Hz) noch durch eine entspannte, nach außen gerichtete Aufmerksamkeit gekennzeichnet ist, geht der Beta-2 (15-21 Hz) Bereich mit einer erhöhten Wachheit, der Beta-3 Bereich (21-30 Hz) mit einer Überaktivierung und Stressempfinden einher. Relevant für das vorliegende Forschungsprojekt ist vor allem eine Aktivierung im Theta-, Alpha- und Beta-Bereich. Theta-Aktivierung ist ein Indikator für

internalisierte Konzentrationsprozesse, Arbeitsgedächtnis, multisensorische Verarbeitung und Verfestigung von Gedächtnisinhalten. Alpha-Aktivierung ist ein neurophysiologisches Substrat für Entspannung, kreative Problemlöseprozesse und eine wichtige Voraussetzung für Lernprozesse. Für gute Aufmerksamkeits- und Konzentrationsleistungen ist eine Gehirnaktivierung im Betabereich optimal.

Wissenschaftliche Studien konnten eine kurzfristige Wirkung von großmotorischen Alltagsund Sportbewegungen auf die Gehirnaktivität zeigen, wobei eine Steigerung der AlphaAktivität nach moderater Intensität, eine Steigerung im Beta-Bereich nach hoher
Trainingsintensität zu beobachten ist (Brümmer et al., 2011; Crabbe & Dishman, 2004). Die
Veränderung der Gehirnaktivität durch körperliche Bewegung erklärt außerdem die positiven
Effekte auf das psychische Befinden. Nach körperlichem Training wurde eine verstärkte
Beta-Aktivität als Indikator für größere kortikale Aktivierung einhergehend mit einer
Verbesserung des Befindens beobachtet (Moraes et al., 2007; 2011). Während zu der
Wirkung von großmotorischen Bewegungen auf das Spontan-EEG bereits wissenschaftliche
Erkenntnisse vorliegen, gibt es bisher wenige Studien zum Effekt von feinmotorischen
Bewegungen, etwa wie sie bei der Haltungskontrolle beim Stehen und Gehen auf unebenen
Böden sowie beim Sitzen auf bewegten Stühlen auftrreten.

Dem vorliegenden Forschungsprojekt gingen eine Reihe von wissenschaftlichen Studien zur Wirkung von Bewegung und sensorischer Anregung durch unebene Böden beim Sitzen, Stehen und Gehen auf die Gehirnaktivität, elektrokardiographische Aktivität und kognitive Leistungsfähigkeit voraus, die in der Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaft des Sportinstituts der Universität Mainz durchgeführt wurden. Eine experimentelle Laborstudie belegt einen positiven Effekt von bewegtem Sitzen auf Swopper auf die kurz- und langfristige Konzentrationsfähigkeit sowie auf die korrespondierende Gehirnaktivität. Beim Arbeiten auf Swopper zeigt sich im Unterschied zum Arbeiten auf einem statischen Testhocker sowie einem konventionellen Bürostuhl ein größeres Arbeitsvolumen einhergehend mit einer größeren Präzision hinsichtlich der Konzentrationsleistung. Anhand der korrespondierenden EEG-Aktivität lässt sich ein verstärktes Auftreten von Theta-, Alpha- und Beta-Wellen bei Arbeiten auf Swopper aufzeigen. Die größere Komplexität des EEG-Signals, die durch bewegtes Sitzen auf Swopper auftritt, ermöglicht dem menschlichen Organismus eine größere Adaptationsfähigkeit an zu bewältigende Arbeitsaufgaben und Stresssituationen.

In einer Feldstudie konnte bei ADHS-Patienten im Jugendalter eine konzentrationsförderliche Wirkung durch dynamisches Sitzen festgestellt werden. Die Patienten bearbeiteten einen 20-minütigen Konzentrationstest zur ADHS-Diagnostik sowie Mathematikaufgaben unter einer dynamischen und einer statischen Sitzbedingung. Bei dynamischem Sitzen wurden bessere Konzentrations- und damit einhergehend Mathematikleistungen erzielt als bei statischem

Sitzen. Ferner wurde ein verbessertes subjektives Befinden von Seiten der Probanden bei dynamischem Sitzen berichtet (Henz & Schöllhorn, 2016).

Neben der positiven Wirkung von bewegtem Sitzen auf die Konzentrationsfähigkeit konnte in mehreren Studien aufgezeigt werden, dass bewegtes Sitzen einen positiven Einfluss auf die mathematische Lösungskompetenz hat (Deyer, Henz, Schöllhorn & Oldenburg, 2015; Mankowski, Henz, Oldenburg & Schöllhorn, 2015). Die Probanden zeigten hier bessere Leistungen in den Bereichen Algebra, Geometrie und Numerik sowie in der psychischen Befindlichkeit hinsichtlich der Wachheit und Motivation (Henz, Schöllhorn & Oldenburg, 2014) unter bewegtem Sitzen. Die EEG-Aktivierungsmuster belegen, dass durch bewegtes Sitzen eine effizientere Aufgabenbearbeitung möglich ist: Bewegtes Sitzen fördert das visuell-räumliche Vorstellungsvermögen bei Algebra und Geometrie sowie hochkonzentriertes Verarbeiten von Kopfrechenaufgaben, was sich in einer stärkeren Thetaund Alpha-Aktivität in den visuellen, somatosensorischen und motorischen Gehirnarealen zeigt (Henz, Oldenburg & Schöllhorn, 2015a; Henz, Oldenburg & Schöllhorn, 2015b).

Eine positive Wirkung auf das kardiovaskuläre System beim Arbeiten an bewegten Stühlen und Tischen konnte in einer Studie von Enders, Henz und Schöllhorn (2014) belegt werden. Neben besseren kurz- und langfristigen Konzentrationsleistungen zeigte sich eine größere Herzratenvariabilität in einer bewegten Arbeitsumgebung, die aus einer Kombination von bewegten Stühlen und Tischen bestand, als Indikator für eine bessere Anpassungsfähigkeit des menschlichen Organismus. Die Probanden berichteten geringeres Monotonie- und Müdigkeitsempfinden. Mussten die Probanden unter großem Zeit- und Leistungsdruck Aufgaben bearbeiten, so ermöglichte dynamisches Sitzen eine Anpassung des Organismus an die gestellten Arbeitsanforderungen, wobei eine anfängliche Erhöhung der Herzrate bei dynamischem Sitzen als Indikator für eine stärkere Aufgabenfokussierung zu beobachten ist (Mankowski, Henz, Oldenburg & Schöllhorn, 2015).

Die oben beschriebenen wissenschaftlichen Erkenntnisse wurden in einer zweiwöchigen Interventionsstudie zur Wirkung von Arbeiten im Active Office untersucht. In dieser Studie wurde Experimentalund eine Kontrollgruppe zweiwöchigen eine einem Interventionsdesign getestet. Die Probanden wurden mittels EEG, EKG und EMG in einem dem Büroalltag nachempfundenen Arbeitssetting bei der Bearbeitung verschiedener kognitiver Aufgaben getestet. Die Ergebnisse zeigen positive Effekte von Arbeiten im Active Office im Unterschied zu einer konventionellen statischen Büroumgebung sowohl in den Daten der kurz- und langfristigen Konzentrationsfähigkeit als auch der physiologischen Daten. Die Daten der Konzentrationstestung belegen eine verbesserte Konzentrationsleistung mit einem größeren Bearbeitungsvolumen und einer geringeren Fehlerhäufigkeit. Im EEG ist eine Veränderung in allen getesteten Frequenzbändern Theta,

Alpha, Beta und Gamma sowie eine Zunahme der Synchronizität der Gehirnhälften (= beide Gehirnhälften arbeiten zusammen) beobachtbar. Die Daten der EKG-Testung zeigen eine Entlastung des kardiovaskulären Systems, auch in Stress-Situationen beim Arbeiten im Active Office im Unterschied zu einer konventionellen statischen Büroumgebung an. Die EMG-Daten belegen eine stärkere Streckung der Halsmuskulatur mit einer Entlastung der Schultermuskulatur beim Arbeiten im Active Office im Unterschied zu einer statischen Büroumgebung.

In einer experimentellen Pilotstudie wurde die Wirkung von Gehen auf ebenem Boden und auf Terrasensa® auf die EEG-Aktivität, sowie die Wirkung auf die Gleichgewichtsfähigkeit und auf die subjektive Befindlichkeit untersucht (Maus, Henz & Schöllhorn, 2015; Maus, Henz, Eekhoff & Schöllhorn, 2015). Nach 15-minütigem Gehen auf dem unebenen Boden Terrasensa®-Platten war eine stärkere Thetaund Alpha-Aktivität somatosensorischen Cortex zu beobachten. Diese Aktivierung indiziert eine veränderte sensorische Informationsverarbeitung sowie internalisierte Aufmerksamkeitsprozesse, die durch Gehen auf unebenem Boden ausgelöst werden. Bisher gibt es nur wenige systematische Studien zur Wirkung von kurz- und längerfristigem sensomotorischem Training (für einen Überblick siehe Smith & Knikou, 2016), wie es unter Anwendung von Strukturbodenplatten möglich ist, auf die Gehirnaktivität. Eine äußerst relevante Fragestellung der Therapiekontrolle und Entwicklung von maßgeschneiderten Interventionen bei Störungen des Gangbildes ist, auf welche Gehirnareale sensomotorisches Training positive Effekte hat und in welchem Umfang und von welcher Dauer Effekte einer Gangtherapie auf Strukturbodenplatten sind. Von besonderem Interesse ist hierbei die Wirkung auf die elektrische Gehirnaktivität, die über das Elektroenzephalogramm (EEG) gemessen wird. Veränderungen im EEG durch sensomotorisches Training sind ein objektiver Indikator für motorisches Lernen, Therapieerfolge bei Störungen des Gangbildes (z. B. bei Morbus Parkinson, Multipler Sklerose, motorischen Störungen nach Schlaganfall, demenzielle Erkrankungen, Einsatz von Endoprothetik, Erkrankungen des rheumatischen etc.), Formenkreises Verbesserungen der psychophysiologischen Befindlichkeit (Aktivierung/Wachheit, Stressreduktion), sowie Leistungsbereitschaft des kognitiven Systems. Erste Ergebnisse einer Pilotstudie, die in der Abteilung Trainings- und Bewegungswissenschaft des Sportinstituts der Universität Mainz durchgeführt wurde, konnten positive Effekte auf das Gangbild und die Aktivierungsregulation der motorischen und somatosensorischen Areale bei Parkinson-Patienten beim Gangtraining auf Strukturbodenplatten aufzeigen.

3. Ziele und Fragestellungen des vorliegenden Forschungsprojekts

Ziel des vorliegenden Forschungsprojekts ist es, die Wirkung von kurz- und längerfristigem Arbeiten auf aeris® muvmat auf die kognitive Leistungsfähigkeit, psychologische Parameter und auf die Gehirnaktivität, kardiovaskuläre Aktivität und elektromyographische Aktivität zu überprüfen. Durch eine alltagsnahe Simulation eines Arbeitstages mit unterschiedlichen Aufgaben wurde unter streng kontrollierten Laborbedingungen eine wissenschaftliche Überprüfung der Anwendung von aeris® muvmat im Vergleich zu ebenem Boden auf

- Parameter der kognitiven Leistungsfähigkeit, insbesondere die kurz- und langfristige Konzentrationsfähigkeit, Problemlösefähigkeit
- das arbeitsbezogene psychische Empfinden (Wachheit/Müdigkeit, Anstrengung, Empfinden von Monotonie, Stresserleben)
- die damit einhergehende Gehirnaktivität, kardiovaskuläre Aktivität und muskuläre Aktivität

überprüft.

Fragestellungen:

- 1. Zeigt sich eine Verbesserung hinsichtlich der kognitiven Leistungsfähigkeit durch Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden?
- 2. Zeigen sich Unterschiede hinsichtlich des subjektiven Befindens (Wachheit, Anstrengung, Ermüdung, Empfinden von Monotonie) während und nach der Arbeit auf aeris® muvmat?
- 3. Wie sehen Verläufe unterschiedlicher physiologischer Parameter aus, insbesondere das EEG als objektiver Indikator für psychophysiologische Wachheits- und Bewusstseinszustände (Konzentrationsfähigkeit, Stress, Ermüdung, Entspannung), das EKG als Indikator für physiologischen und mentalen Stress während des Arbeitens, und das EMG zur Anzeige von Belastungs- und Ermüdungserscheinungen der Muskulatur beim Arbeiten auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden?
- 4. Welche Gehirnareale werden durch aeris® muvmat aktiviert?
- 5. Findet durch dynamisches Arbeiten auf aeris® muvmat eine stärkere Synchronisierung der Gehirnaktivität statt, die gesundes Arbeiten und die kognitive Leistungsfähigkeit fördert?
- 6. Lassen sich Trainingseffekte bei längerfristigem Arbeiten auf aeris® muvmat feststellen?

4. Forschungsmethodik

4.1 Probanden

In der vorliegenden Studie wurden N = 24 Probanden (12 weiblich, 12 männlich; Durchschnittsalter 25,8 Jahre) getestet. Davon wurden 12 Probanden auf der aeris® muvmat und 12 Probanden auf ebenem Boden getestet.

4.2 Messmethodik

4.2.1 Physiologische Daten

Zur Erfassung der physiologischen Daten kamen folgende messtechnischen Verfahren zum Einsatz:

- 1) High-density Elektroenzephalographie: Mittels des mobilen 128-Kanal EEG-Systems wurde nach dem internationalen 10-5-System die EEG-Spontanaktivität während und nach den psychophysiologischen Tests anhand unterschiedlicher Frequenzbänder (Theta, Alpha, Beta, Gamma) erhoben. Von besonderer Bedeutung ist hier der Alpha-Bereich (8-13 Hz) als Indikator eines entspannten Wachzustands sowie der Beta-Bereich (14-30 Hz), der bei einer kortikalen Aktivierung vorzufinden ist. Der Theta-Bereich (4-7 Hz) indiziert internalisierte Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisprozesse, wie sie etwa beim Lösen von komplexen erforderlich sind. Gamma-Aktivität (31-70 Hz) zeigt Aufgaben Informationsverarbeitung und synaptischen Reorganisation an. In der vorliegenden Studie wurden frequenz- und lokalisationsabhängige Parameter der elektrischen Aktivierung erhoben. In einem weiteren Schritt wurden mathematische 3D-Modellierungen der Gehirnaktivität vorgenommen, die eine genaue Lokalisierung der Quellenaktivität des EEGs erlauben. Anhand dieser Lokalisierung ist es möglich, Aussagen über zugrundeliegende funktionelle neurophysiologische Prozesse zu treffen, die durch die Anwendung von aeris® muvmat auftreten
- 2) Elektrokardiographie: Das EKG wurde als Kontrollvariable für die EEG-Aktivität von vier Elektroden abgeleitet. Eine systematische Veränderung der elektrokardiographischen Aktivität geht mit Veränderungen in der EEG-Gehirnaktivität einher. So werden Veränderungen in der Gehirnaktivität bei kognitiver und körperlicher Belastung über die elektrokardiographische Aktivität vermittelt. In der Studie wurden zeit- (Herzrate) und frequenzabhängige Parameter (LF: low-frequency Anteile des EKG-Signals; ratio LF/HF: Verhältnis von low-frequency und high-frequency Anteilen des EKG-Signals) der elektrokardiographischen Aktivität erhoben und so Parameter der Herzratenvariabilität (HRV) bestimmt.
- 3) Elektromyographie: Das EMG wurde erhoben, um die Grundspannung der Muskulatur in Abhängigkeit von der Arbeitsumgebung (dynamisch, statisch) zu erfassen. Die Aktivität der

Halsstrecker- (splenius capitis) und Schultermuskulatur (trapezius pars descendens) wurde über jeweils zwei Elektroden erfasst.

4.2.2 Verhaltens- und Leistungsdaten

Zur Ermittlung der kognitiven Leistungsfähigkeit wurden standardisierte psychometrische Verfahren aus dem Bereich der Arbeitsergonomie eingesetzt:

- Kurzfristige Aufmerksamkeitsfähigkeit: D2-R Test
- Langfristige Aufmerksamkeitsfähigkeit (Vigilanz): Mackworth-Clock Test

4.2.3 Subjektive Befindlichkeit

Zur Erfassung der subjektiven psychophysiologischen Befindlichkeit wurden jeweils im Rahmen des Vor- und Nachtests folgende psychometrischen Kennwerte erhoben:

- Subjektive Befindlichkeit: Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen (MDBF)
- Müdigkeit: Karolinska Sleepiness Scale (KSS)

4.3 Experimentelles Design

Zur Überprüfung der Effekte auf die kognitive Leistungsfähigkeit und die Gehirnaktivität wurde eine Experimental- (aeris® muvmat) und eine Kontrollgruppe (ebener Boden) an einem Sitz- und Steharbeitsplatz getestet. Ein alltagsnaher Arbeitstag mit 4,0 Stunden wurde mit wechselnden Aufgaben unter kontrollierten Laborbedingungen über einen Zeitraum von zwei Wochen simuliert. In einem längsschnittlichen Design arbeiteten die Probanden den Zeitraum von zwei Wochen zu je fünf Tagen in einer der experimentellen Bedingungen. Die Versuchspersonen führten standardisierte Arbeitsaufgaben, in denen unterschiedliche Bereiche der kognitiven Leistungsfähigkeit angesprochen wurden (siehe oben), sowie Alltagstätigkeiten im Büro (Bearbeitung von E-Mails, Prüfen von Texten, Rechenaufgaben etc.) am Bildschirm und in Papierform aus. Nach einer Stunde und nach drei Stunden wurde jeweils eine Pause angesetzt, in der ein 15-minütiges Gangtraining (Experimentalgruppe: aeris® muvmat, Kontrollgruppe: ebener Boden) absolviert wurde. Die EEG-, EKG- und EMG-Aktivität wurde vor, während und nach dem Arbeiten in der Experimental- und Kontrollbedingung gemessen. Die Arbeitsaufgaben wurden randomisiert, d. h. in zufälliger Reihenfolge bearbeitet, um Zeiteffekte durch eine gleichbleibende Reihenfolge der Aufgaben sowie Ermüdungseffekte zu vermeiden.

In einem Prä-Posttest Design wurde jeweils am ersten und letzten Arbeitstag eine Messung der physiologischen, Verhaltens- und leistungsbezogenen sowie der psychologischen Parameter vorgenommen. An den verbleibenden Tagen arbeiteten die Probanden ohne Messapparatur.

4.4 Datenanalyse

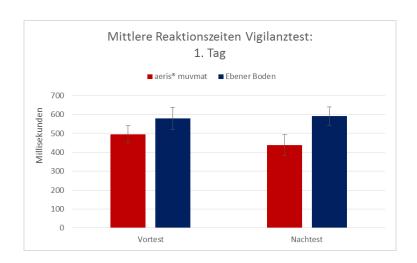
Die neurophysiologischen und elektrokardiographischen Daten wurden mit der Matlabbasierten EEG-Software EEGLab einer Vorauswertung (Artefaktbereinigung, independent component analysis [ICA]) und einer anschließenden vertieften Auswertung mittels Spektralanalyse unterzogen. Für die Aufbereitung der EMG-Daten wurde mittels Matlab jeweils der prozentuale Anteil der maximalen Kontraktion (% MVC) errechnet. Die EEG-, EKG- und EMG-Daten wurden abschließend mit inferenzstatistischen Verfahren (Varianzanalysen) aufbereitet.

5. Ergebnisse

5.1 Verhaltensdaten: Aufmerksamkeitstestung

Die Ergebnisse der Aufmerksamkeitstestung (kurzfristige Aufmerksamkeit, langfristige Aufmerksamkeit/Vigilanztest) sind in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Die statistischen Analysen belegen bessere Leistungen sowohl im Bereich der kurz- als auch langfristigen Aufmerksamkeitsleistung beim Arbeiten auf aeris $\mathbb R$ muvmat im Unterschied zu ebenem Boden (Signifikanzniveau jeweils p < 0.05).

Α



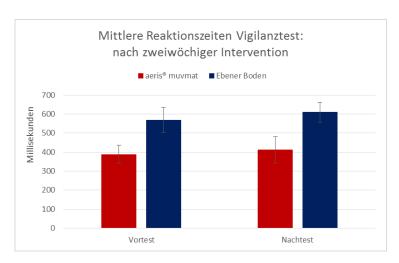
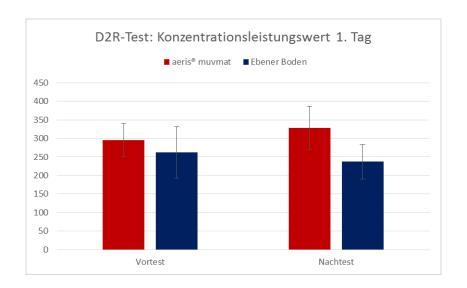


Abbildung 1A-B: Ergebnisse (Mittelwerte und Standardabweichungen) des Vigilanztests beim Arbeiten auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach der zweiwöchigen Intervention. Die Daten des Vigilanztests belegen eine bessere Leistung (geringere Reaktionszeiten) beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden.

Α



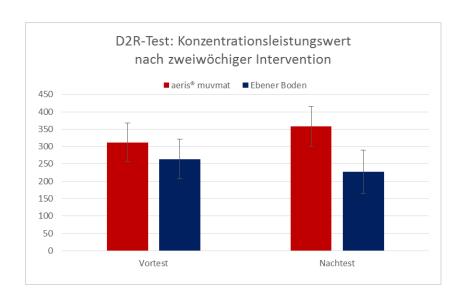


Abbildung 2A-B: Ergebnisse (Mittelwerte und Standardabweichungen) des Aufmerksamkeitstests D2-R beim Arbeiten aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach der zweiwöchigen Intervention. Die Daten der Aufmerksamkeitstestung belegen eine bessere Leistung (geringere Reaktionszeiten) beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden.

5.2 **EEG**

5.2.1 Aufmerksamkeitstestung

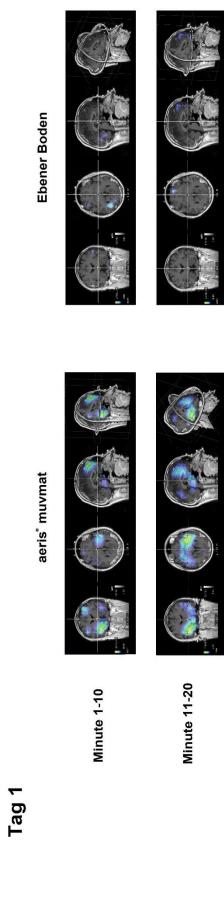
Die EEG-Ergebnisse der Aufmerksamkeitstestung (kurzfristige Aufmerksamkeit, langfristige Aufmerksamkeit/Vigilanztest) sind in Abbildungen 3 und 4 dargestellt. Die statistischen Analysen belegen Trainingseffekte im Bereich der kurzfristigen Aufmerksamkeitstestung beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden in den Frequenzbändern Alpha, Beta und Gamma. Bei der langfristigen Konzentrationstestung auf aeris® muvmat sind Trainingseffekte in den Frequenzbändern Alpha, Beta und Gamma beobachtbar. Nach der zweiwöchigen Intervention auf aeris® muvmat sind Trainingseffekte im Sinne einer stärkeren Synchronizität beider Gehirnhälften, d. h. einer gleichzeitigen Aktivierung sowohl der rechten als auch der linken Gehirnhälfte beobachtbar. Das statistische Signifikanzniveau liegt jeweils bei p < 0.05.

5.2.2 Büroaufgaben

Die EEG-Ergebnisse bei der Bearbeitung der Büroarbeitsaufgaben sind in Abbildung 5 dargestellt. Die statistischen Analysen belegen eine stärkere Aktivierung im Theta-, Alphaund Beta-Band beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu Arbeiten auf ebenem Boden (statistisches Signifikanzniveau jeweils p < 0.05). Ferner ist ein Trainingseffekt beim Arbeiten auf aeris® muvmat nach einer zweiwöchigen Intervention in den Frequenzbändern Theta, Alpha und Beta auf aeris® muvmat beobachtbar. Die Ergebnisse der 3D-Quellenlokalisierung zeigen, dass bei Anwendung der aeris® muvmat die rechte Gehirnhälfte vermehrt aktiviert wird, der kreative und intuitionsbasierte Problemlöseprozesse zugeschrieben werden (statistisches Signifikanzniveau jeweils p < 0.05).

5.2.3 Gangpausen auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden

Die EEG-Ergebnisse der Gangpausen sind in Abbildung 6 dargestellt. Die statistischen Analysen belegen eine stärkere Aktivierung im Theta- und Alpha-Band im motorischen und somatosensorischen Cortex während des Gangtrainings auf aeris® muvmat im Unterschied zu Gangtraining auf ebenem Boden (statistisches Signifikanzniveau jeweils p < 0.05). Ferner ist ein Trainingseffekt beim Gangtraining auf aeris® muvmat nach einer zweiwöchigen Intervention in den Frequenzbändern Theta und Alpha im Sinne einer stärkeren Aktivierung und Synchronisierung der frontalen, motorischen und somatosensorischen Gehirnareale beobachtbar (statistisches Signifikanzniveau jeweils p < 0.05).



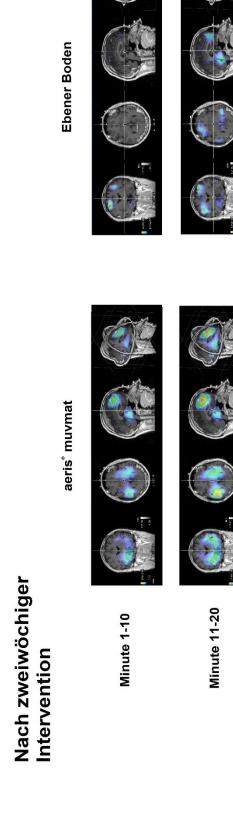


Abbildung 3: EEG-3D-Modellierung der Quellenaktivierung im Gehirn während des Vigilanztests auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden am ersten Testtag und nach der zweiwöchigen Intervention. Die EEG-Daten belegen Trainingseffekte im Sinne einer Aktivierung beider Gehirnhälften beim Arbeiten auf aeris® muvmat.

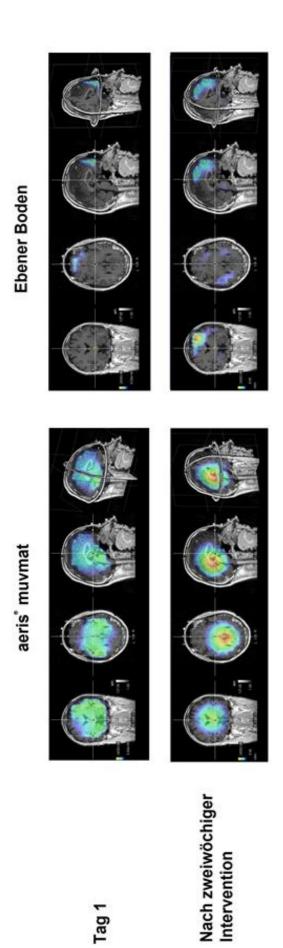
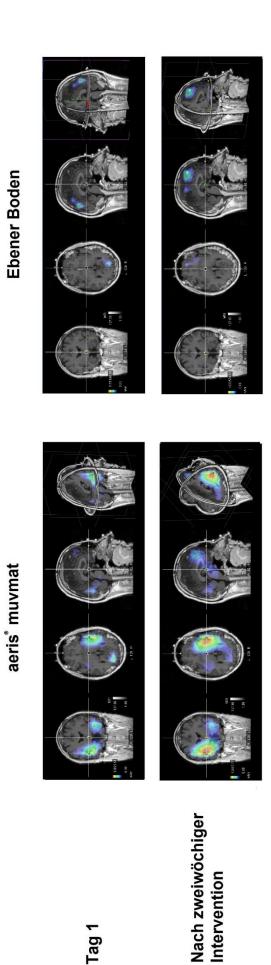
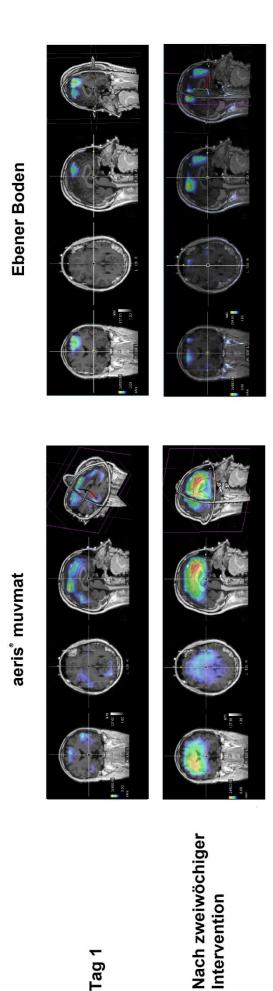


Abbildung 4: 3D-Modellierung der EEG-Quellenaktivität im Gehirn bei Bearbeitung des D2-R-Tests auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden am ersten Testtag und nach der zweiwöchigen Intervention. Die EEG-Daten belegen Trainingseffekte beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Sinne einer Verstärkung der großflächigen Aktivierung des Gehirns.



Tag 1

ersten Testtag und nach der zweiwöchigen Intervention. Die EEG-Daten belegen einen Trainingseffekt im Sinne einer Aktivierung der rechten Gehirnhälfte Abbildung 5: 3D-Modellierung der EEG-Quellenaktivierung bei der Bearbeitung der Büroaufgaben auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden in der beim Arbeiten auf aeris® muvmat.



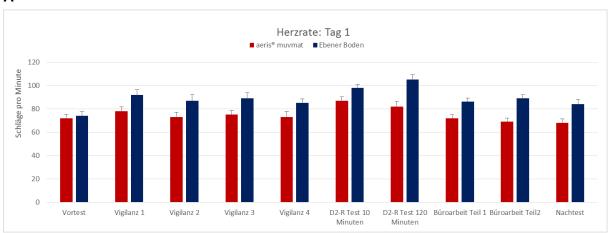
Tag 1

Abbildung 6: 3D-Modellierung der EEG-Quellenaktivierung im Gehirn während der Gangpausen auf bei der Bearbeitung der Büroaufgaben auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden in der ersten und zweiten Testhälfte am ersten Testtag und nach der zweiwöchigen Intervention. Die EEG-Daten belegen einen Trainingseffekt im Sinne einer Aktivierung der frontalen, motorischen und somatosensorischen Gehirnareale beim Arbeiten auf aeris® muvmat

5.3 Herzratenvariabilität

Die Ergebnisse der elektrokardiographischen Aktivität (kurzfristige Aufmerksamkeit, langfristige Aufmerksamkeit/Vigilanztest) sind in den Abbildungen 7 bis 9 dargestellt. Die statistischen Analysen belegen, dass die Herzrate sowie das Verhältnis von LF- und HF- Anteilen des EKG-Signals beim Arbeiten an kognitiven Aufgaben auf aeris® muvmat niedriger sind als auf ebenem Boden. Ferner belegen die EKG-Daten einen positiven Trainingseffekt für die Herzrate und das Verhältnis LF/HF beim Arbeiten auf aeris® muvmat nach der zweiwöchigen Intervention. Die LF-Anteile des EKG-Signals sind beim Arbeiten auf aeris® muvmat geringer als auf ebenem Boden. Ferner ist ein Trainingseffekt nach der zweiwöchigen Intervention auf aeris® muvmat mit einer Abnahme des LF-Anteils beobachtbar. Das statistische Signifikanzniveau liegt jeweils bei p < 0.05.

Α



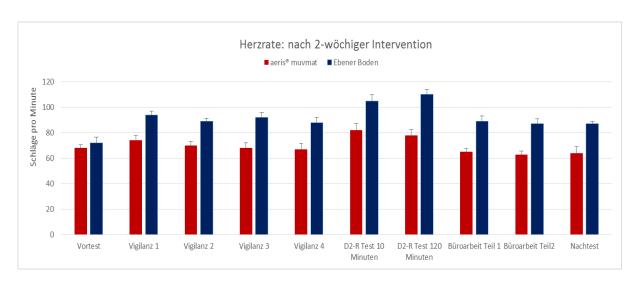
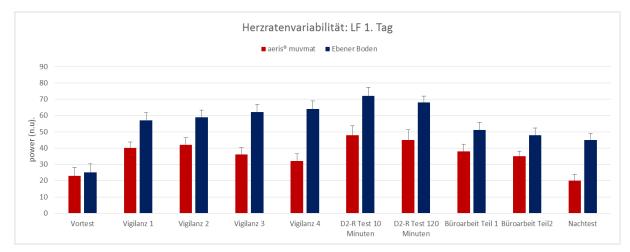


Abbildung 7: Mittlere Herzrate und Standardabweichungen der Testung auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die EKG-Daten belegen geringere Herzraten beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Positive Trainingseffekte sind nach der zweiwöchigen Intervention auf aeris® muvmat zu beobachten.

Α



В

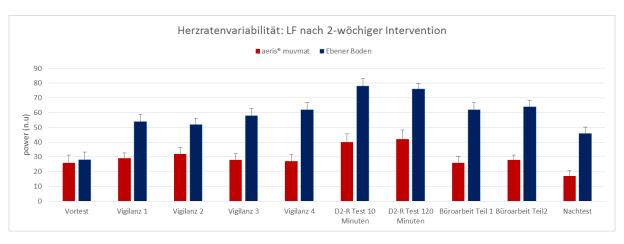
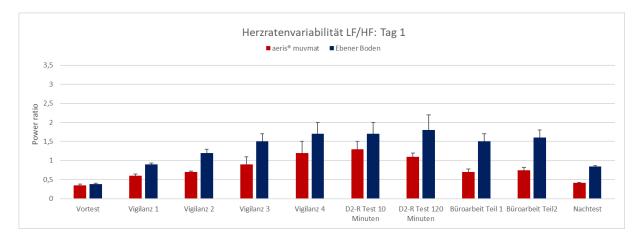


Abbildung 8: HRV-Frequenzanalyse im LF-Bereich der Testung auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die Daten zeigen geringere LF-Anteile beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Positive Trainingseffekte sind nach der zweiwöchigen Intervention für den Parameter LF auf aeris® muvmat zu beobachten.

Α



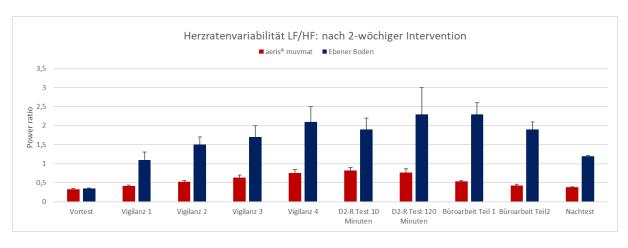
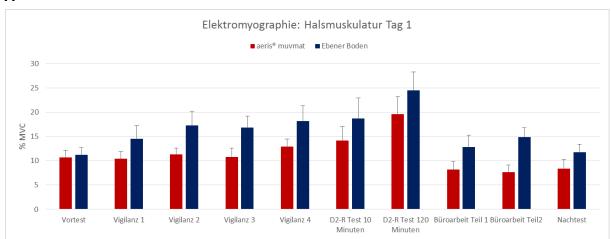


Abbildung 9: HRV-Frequenzanalyse für das Verhältnis von LF/HF bei der Testung auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die Daten zeigen ein günstigeres Verhältnis von LF/HF bei der Anwendung von aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Ferner sind positive Trainingseffekte nach der zweiwöchigen Intervention für das Verhältnis von LF/HF auf aeris® muvmat zu beobachten.

5.4 Elektromyographische Aktivität

Die Ergebnisse der elektromyographischen Aktivität für die Hals- und Schultermuskulatur sind in Abbildungen 10 und 11 dargestellt. Kleinere Werte belegen einen geringeren Tonus der Halsmuskulatur bzw. eine geringere kompensatorische Aktivität der Schultermuskulatur. Die statistischen Analysen belegen einen geringeren Tonus der Halsmuskulatur und geringere kompensatorische Aktivität der Schultermuskulatur beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Nach der zweiwöchigen Intervention ist ein positiver Trainingseffekt beim Arbeiten auf aeris® muvmat beobachtbar. Das statistische Signifikanzniveau liegt jeweils bei p < 0.05.







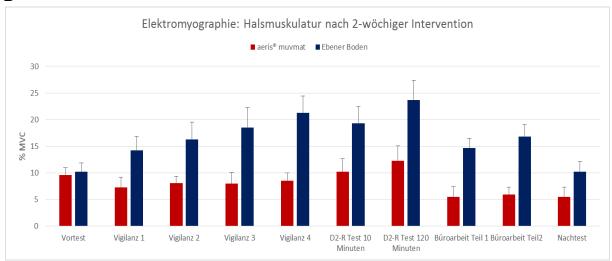
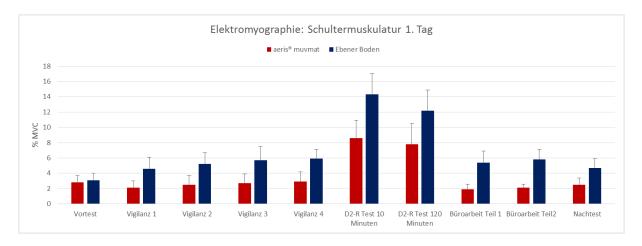


Abbildung 10: EMG-Daten der Halsmuskulatur der Testung auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die EMG-Daten belegen einen geringeren Tonus der Halsmuskulatur beim Arbeiten aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Ferner sind positive Trainingseffekte nach der zweiwöchigen Intervention auf aeris® muvmat zu beobachten.

Α



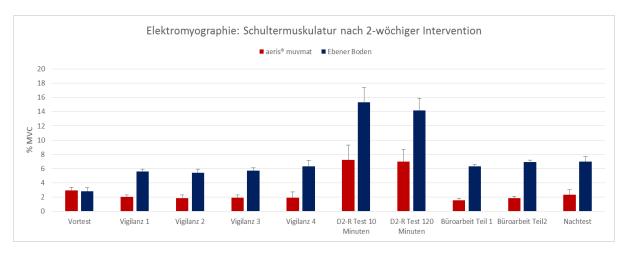
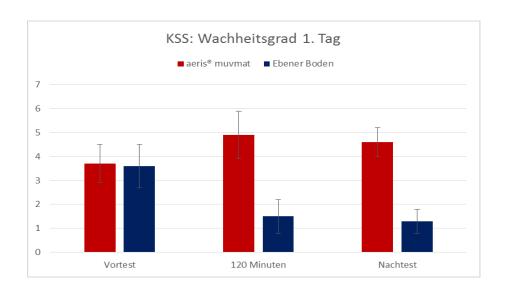


Abbildung 11: EMG-Daten der Schultermuskulatur der Testung auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die EMG-Daten belegen eine geringere kompensatorische Aktivität in der Schultermuskulatur beim Arbeiten auf aeris® muvmat. Ferner sind positive Trainingseffekte nach der zweiwöchigen Intervention auf aeris® muvmat zu beobachten.

5.5 Subjektive Befindlichkeit

Die Ergebnisse der Erfassung der subjektiven Befindlichkeit (Wachheitsgrad: Karolinska Sleepiness Scale; Stimmung/Wachheit/Ruhe-Unruheempfinden: Mehrdimensionaler Befindlichkeitsfragebogen) sind in Abbildung 12A-D dargestellt. Die Ergebnisse der statistischen Analyse belegen eine größere Wachheit und bessere subjektive Befindlichkeit (bessere Stimmung, größeres Ruheempfinden) beim Arbeiten auf aeris® muvmat als auf ebenem Boden. Ferner belegen die statistischen Analysen positive Trainingseffekte beim Arbeiten auf aeris® muvmat für beide psychometrischen Testverfahren. Das statistische Signifikanzniveau liegt hier jeweils bei p < 0.05.

Α



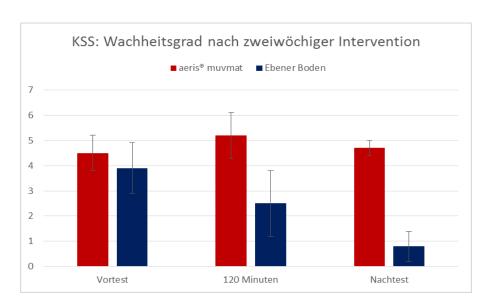
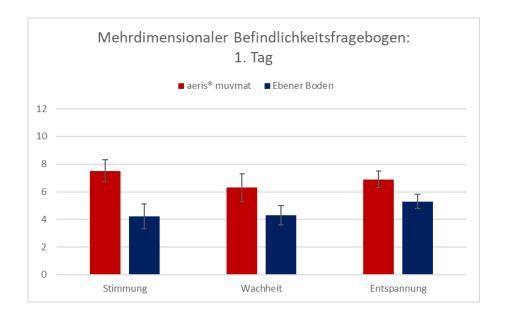


Abbildung 12A-B: Daten der Karolinska Sleepiness Scale (KSS) beim Arbeiten auf aeris® muvmat und auf ebenem Boden beim Vor- und Nachtest und nach 120 Minuten. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die Daten belegen eine größere Wachheit nach 120 Minuten und beim Nachtest beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Nach der zweiwöchigen Intervention lassen sich Trainingseffekte beim Arbeiten auf aeris® muvmat beobachten, d. h. eine Verbesserung der subjektiv empfundenen Wachheit ist beobachtbar.

C



D

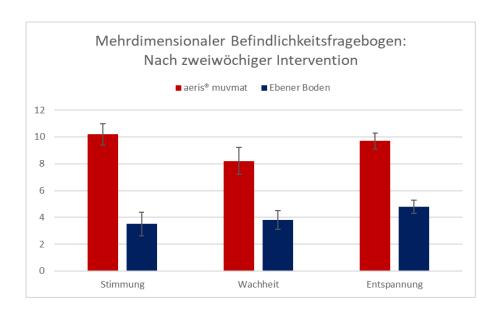


Abbildung 12C-D: Daten des Mehrdimensionalen Befindlichkeitsfragebogens (MDBF) beim Arbeiten auf aeris® muvmat und in einer statischen Büroumgebung. **A** Erster Testtag. **B** Nach zweiwöchiger Intervention. Die Daten belegen eine verbesserte Gesamtstimmung, größere Wachheit sowie ein größeres Ruheempfinden im Vor- und Nachtest beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Nach der zweiwöchigen Intervention lassen sich Trainingseffekte beim Arbeiten auf aeris® muvmat beobachten, d. h. eine Verbesserung der subjektiven Befindlichkeit gegenüber dem ersten Testtag ist nachweisbar.

6. Interpretation der Ergebnisse und Fazit

Die Ergebnisse der physiologischen Messungen (EEG, EKG, EMG), der Verhaltens- und Leistungsdaten sowie der subjektiven Befindlichkeit belegen Vorteile der Anwendung von aeris® muvmat gegenüber Arbeiten auf ebenem Boden. Die EEG-Daten zeigen eine stärkere Aktivierung des Gehirns in den motorischen und somatosensorischrn Gehirnarealen beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden. Nach einer zweiwöchigen Intervention wurde eine Zunahme der positiven Effekte auf der physiologischen Ebene, sowie der Verhaltens- und subjektiven Ebene beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Sinne eines Trainingseffekts belegt, während beim Arbeiten auf ebenem Boden die meisten der erhobenen Parameter keine Veränderung bzw. sogar eine Verschlechterung in allen Parametern zeigen.

Die EEG-Daten belegen eine Zunahme der Theta-, Alpha-, Beta- und Gamma-Aktivität bei Verwendung von aeris® muvmat. Theta-Aktivität wird durch einen psychophysiologischen Zustand von internalisierter Konzentration gekennzeichnet, d. h. die Aufmerksamkeit ist zentriert. Alpha-Aktivität ist ein psychophysiologischer Indikator für Entspannung. Beta-Aktivität zeigt vor allem bei der kurz- und langfristigen Konzentrationstestung eine stärkere Bereitschaft des kognitiven Systems für Aufmerksamkeitsleistungen an. Gamma-Aktivität tritt ebenfalls bei Konzentrationsaufgaben auf und ist ein Indikator für starke Konzentration und hohen Informationsfluss. Ein weiteres wichtiges Ergebnis ist die Beobachtung, dass beim Arbeiten auf aeris® muvmat beide Gehirnhälften vermehrt synchron und stärker aktiviert werden als beim Arbeiten auf ebenem Boden. Dies konnte vor allem bei den kurz- und längerfristigen Konzentrationstests beobachtet werden. Bei der Bearbeitung der Büroaufgaben wurde eine Aktivierung der rechten Gehirnhälfte bei Anwendung von aeris® muvmat aufgezeigt. Eine Aktivierung der rechten Gehirnhälfte ist ein neurophysiologischer Indikator für kreative Problemlöseprozesse und Problemlösungen, die auf Intuition beruhen.

Die EKG-Daten belegen eine stärkere Aktivität im HF-Bereich und eine geringere Aktivität im LF-Bereich beim Arbeiten auf aeris® muvmat. Während der HF-Bereich die Aktivität des parasympathischen Nervensystems anzeigt, ist der LF-Bereich Indikator für eine Aktivität des sympathischen Nervensystems und Aktivität des barorezeptorischen Systems. Sympathisches und parasympathisches Nervensystem sind Bestandteile des vegetativen Nervensystems, die antagonistische Funktionen haben, die sich in den Parametern LF, HF und dem Verhältnis von LF/HF spiegeln.

Die EMG-Daten zeigen, dass Arbeiten auf aeris® muvmat im Active Office zu einer Verbesserung der Körperhaltung, d. h. Aufrichtung der Körperhaltung führt. Die Ergebnisse belegen einen geringeren Tonus der Halsmuskulatur. In der Folge wird die

Schultermuskulatur weniger kompensatorisch eingesetzt, so dass eine entspanntere und aufrechtere Haltung während des Arbeitens auf aeris® muvmat möglich ist.

Die Verhaltens- und Leistungsdaten belegen Vorteile des Arbeitens auf aeris® muvmat gegenüber Arbeiten auf ebenem Boden. Dies zeigt sich in geringeren Reaktionszeiten im Vigilanztest, besseren kurzund langfristigen Konzentrationsleistungen (höheres Arbeitsvolumen, geringere Fehleranzahl) sowie einem verbesserten räumlichen Vorstellungsvermögen. Die EEG-Daten belegen die zugrundeliegenden neurophysiologischen Prozesse beim Arbeiten auf aeris® muvmat, die zu den beobachtbaren verbesserten kognitiven Leistungen führen.

Die Daten zum subjektiven Befinden zeigen deutliche Vorteile des Arbeitens auf aeris® muvmat gegenüber Arbeiten auf ebenem Boden. Gesteigerte Wachheit, eine verbesserte Gesamtstimmung sowie eine größere subjektiv empfundene Entspannung beim Arbeiten, auch an Aufgaben unter Zeitdruck sowie an anspruchsvollen Aufgaben werden von den Probanden berichtet. Beim Arbeiten auf ebenem Boden kommt es zu einem Rückgang der Wachheit, der Entspannung sowie zu einer schlechteren Gesamtstimmung beim Nachtest im Vergleich zum Vortest sowohl am ersten Testtag als auch nach der zweiwöchigen Intervention.

Die Daten der physiologischen Messungen zeigen auf, welche neurophysiologischen Prozesse zu einer besseren Arbeitsleistung und einem verbesserten subjektiven Befinden beim Arbeiten an Routineaufgaben und anspruchsvollen Denkaufgaben beitragen. Durch eine verstärkte Bewegung und sensorische Abwechslung sowie Stimulation durch die aeris® muvmat werden im Unterschied zum Arbeiten auf ebenem Boden insgesamt mehr Gehirnareale aktiviert. Eine stärkere motorische Aktivität und sensorische Stimulation der unteren Extremitäten beim Arbeiten an kognitiven Aufgaben führt zu einer zusätzlichen Aktivierung der motorischen und somatosensorischen Gehirnareale. Beim Arbeiten auf ebenem Boden ist vor allem der frontale Cortex aktiv, der für eine rationale und kontrollierende Handlungssteuerung der kognitiven Aktivitäten und Aufmerksamkeitsprozesse verantwortlich ist. Mit zunehmender Stärke der Aktivierung des Frontalcortex nimmt die Wahrscheinlichkeit für flexible und kreative Denk- und Lösungsprozesse ab, die Denkstrukturen sind eher durch Rigidität gekennzeichnet. Ist der frontale Cortex über einen längeren Zeitraum aktiviert, kann es zudem zu einer stärkeren Ermüdung kommen, die mit einem subjektiven Empfinden von Monotonie einhergeht. Die EEG-Daten der Testung der kurzfristigen Aufmerksamkeit zeigen sehr deutlich, dass bereits zu Beginn der Arbeitszeit deutlich mehr Gehirnareale beim Arbeiten auf aeris® muvmat im Unterschied zu ebenem Boden aktiviert sind. Nach 120 Minuten Arbeitszeit nimmt diese Aktivierung noch mehr zu. Diese Aktivierung einer größeren Anzahl von Gehirnarealen ist die

neurophysiologische Grundlage für eine verbesserte Flexibilität bei der Verarbeitung von aus Umwelt eintreffenden Informationen, verbesserte Konzentrationsder Reaktionsbereitschaft sowie Lernbereitschaft des Gehirns. Ein weiteres wichtiges Ergebnis dieser Studie ist die Beobachtung, dass beim Arbeiten auf aeris® muvmat beide Gehirnhälften zeitgleich aktiviert werden, während beim Arbeiten auf ebenem Boden in den meisten Testabschnitten Aktivierung in nur einer der Gehirnhälften zu beobachten ist. In der Folge stützt dieses Ergebnis die Vermutung, dass durch Arbeiten auf aeris® muvmat das Gehirn großflächiger aktiviert wird und somit Lösungen im Arbeitsprozess multisensorisch und flexibel, d.h. mit vielfältigeren Ressourcen erfolgen können. Bei der Bearbeitung der Büroaufgaben ist eine Aktivierung der rechten Gehirnhälfte zu beobachten, die sich nach der zweiwöchigen Intervention noch verfestigt. Diese Aktivierung ist ein Indikator für kreative Problemlöseprozesse und Problemlösungen, die auf der Intuition beruhen. In der praktischen Konsequenz bedeutet das, dass kreative Lösungen beim Arbeiten auf aeris® muvmat mit einer größeren Wahrscheinlichkeit stattfinden. Arbeitsabläufe werden weniger monoton erscheinen, da Aufgaben multisensorisch gelöst werden können, was zu einer größeren Leichtigkeit und Effizienz bei der Aufgabenbearbeitung beiträgt.

Neben den oben beschriebenen leistungsbezogenen positiven Aspekten wird beim Arbeiten auf aeris® muvmat der gesundheitliche Aspekt gefördert. Neben einer Gehirnaktivierung, die neben den Arealen, die mit der Aufmerksamkeitssteuerung assoziiert sind, werden auch die motorischen und somatosensorischen Areale aktiviert. Während der Konzentrationstests sowie während der Gangpausen auf aeris® muvmat erfolgt neben einer starken Aktivierung der motorischen und somatosensorischen Areale eine **Synchronisierung** beider Gehirnhälften. Diese Synchronisierung der Gehirnhälften durch aktives Stehen und Gehen auf aeris® muvmat kann sowohl bei gesunden Personen als auch Patienten mit verschiedenen Erkrankungen (z.B. Störungen des Gangbildes, Konzentrationsstörungen, Störungen der Synchronisierung der Gehirnhälften) therapeutisch genutzt werden.

Ferner belegen die Daten der elektrokardiographischen und elektromyographischen Testung gesundheitsbezogene Vorteile des Arbeitens auf aeris® muvmat im Vergleich zu ebenem Boden. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie legen die Empfehlung nahe, die aeris® muvmat im Arbeitsalltag zur Steigerung der kognitiven Leistungsfähigkeit, der subjektiven Befindlichkeit, sowie zur Förderung der Gesundheit einzusetzen.

7. Literaturangaben

- Brümmer, V., Schneider, S., Abel, T., Vogt, T., & Strüder, H. K. (2011). Brain cortical activity is influenced by exercise mode and intensity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(10), 1863-1872.
- Crabbe, J.B., & Dishman, R.K. (2004). Brain electrocortical activity during and after exercise: A quantitative synthesis. *Psychophysiology, 41*, 563-574.
- Deyer, F., Henz, D., Schöllhorn, W.I., & Oldenburg, R. (2015). Wirkung bewegungsinduzierender Sitzmöbel im Unterricht auf die Lösungsfähigkeit bei Algebra und die Befindlichkeit. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015*. Münster: Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.
- Enders, F., Henz, D., & Schöllhorn, W.I. (2014). Effects of complexity of postural control affordances on attentional performance and heart rate variability. In A.C. Schütz, K. Drewing & K. Gegenfurtner (Eds.), *Abstracts of the 56th Conference of Experimental Psychologists 2014* (p. 63). Lengrich: Pabst Science Publishers.
- Henz, D., Schöllhorn, W.I., & Oldenburg, R. (2014). Bessere Mathematikleistungen durch bewegtes Sitzen? Eine EEG-Studie. In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 523-526). Münster: Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.
- Henz, D., Oldenburg, R., & Schöllhorn, W.I. (2015a). Does bodily movement enhance mathematical performance? Behavioral and neurophysiological evidence. Proceedings of the 9th Congress on European Research on Mathematics Education 2015.
- Henz, D., Oldenburg, R., & Schöllhorn, W.I. (2015b). Förderung visuell-räumlicher Verarbeitungsstrategien bei Algebra und Geometrie durch Bewegung: eine EEG-Studie. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2015.* Münster: Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.
- Henz, D., & Schöllhorn, W.I. (2016). Förderung mathematischer Lösungskompetenzen durch bewegtes Sitzen bei ADHS-Patienten im Jugendalter. *Beiträge zum Mathematikunterricht 2016*. Münster: Verlag für wissenschaftliche Texte und Medien.
- Kurz, J., Gosenheimer, A., Schumann-Schmid, B., Steinmetz, F., & W.I. Schöllhorn (2016). Differenzielles Gangtraining in der stationären Rehabilitation bei Knie- oder Hüft-TEP. Bewegungstherapie und Gesundheitssport, 32, 221-225.

- Mankowski, J.K., Henz, D., Oldenburg, R., & Schöllhorn, W.I. (2015). Effects of dynamic postural control on mathematical performance and heart rate variability. In C. Bermeitinger, A. Mojzisch & W. Greve (Eds.), *Abstracts of the 57th Annual Conference on Experimental Psychology 2015* (p. 160). Lengerich: Pabst Science Publisher.
- Maus, J., Henz, D., Eekhoff, A., & Schöllhorn, W.I. (2015). Influence of different grounds during walking on cortical activity. *Proceedings of the 20th Congress of the European College of Sport Science 2015, Malmö*.
- Maus, J., Henz, D., & Schöllhorn, W.I. (2015). Effects of walking on uneven grounds on EEG activity. In C. Bermeitinger, A. Mojzisch & W. Greve (Eds.), *Abstracts of the 57th Annual Conference on Experimental Psychology 2015* (p. 165). Lengerich: Pabst Science Publisher.
- Smith, A. C. & Knikou, M. (2016). A review on locomotor training after spinal cord injury: reorganization of spinal neuronal circuits and recovery of motor function. *Neural Plasticity, Article ID 1216258*. doi.org/10.1155/2016/1216258.