Hubert R. Dinse, Jan-C. Kattenstroth, Tobias Kalisch und Martin Tegenthoff

Tanzen im Alter

Abstract

„Jeder will alt werden, aber niemand will alt sein" – besser kann man die Janusköpfigkeit des Alterns nicht beschreiben. Nie zuvor in der Geschichte der Menschheit war die Lebenserwartung der Menschheit so hoch wie heute. Der Anteil der Senioren nimmt in industrialisierten Gesellschaften immer mehr zu, bei drastisch gesunkener Geburtenrate. Die vertraute „Alterspyramide" ist auf den Kopf gestellt – mit enormen sozialen, ökonomischen und medizinischen Problemen. Der demografische Wandel beeinflusst längst die Praxis der Kulturellen Bildung: Aufgrund des relativ zur Lebenserwartung frühen Eintritts in den Ruhestand ergeben sich neue Freiräume, die sinnvoll auszufüllen sind. Musizieren, Malen, Theaterspielen und Tanzen sind nur einige Beispiele für die Beschäftigung mit Kunst und Kultur im Alter. Getanzt wird seit Menschengedenken, in allen Kulturen und über alle Zeiträume hinweg. Tanzen macht Spaß und vermittelt Lebensfreude, insbesondere durch den Einfluss der Musik mit ihrer rhythmischen Komponente; beim Tanzen ist der Körper mit allen Sinnen aktiv. Über die Funktion des Tanzens im Gesellschaftsleben und damit für die im Alter so wichtige soziale Kommunikation hinaus ist es ein Mittel für alle Älteren, bis ins hohe Alter hinein frisch und leistungsfähig zu bleiben und dabei die Lebensqualität zu bewahren. Die positiven Auswirkungen von Tanz auf Körper und Geist und somit auf das Gehirn wurden in den letzten Jahren zunehmend zum Gegenstand der Forschung für Neurowissenschaften und Medizin. Das kulturelle Erbe Tanzen und seine Heilkraft – ein einzigartiges Forschungsgebiet!

1. Worum geht es?

Das Neural Plasticity Lab am Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum untersucht seit vielen Jahren plastische Prozesse, auf denen Lernvorgänge beruhen (siehe www.neuralplasticitylab.de). Der Fokus unserer Arbeit liegt zum einen auf der Untersuchung neuartiger Lernbedingungen und den zugrunde liegenden Mechanismen, zum anderen auf der Erforschung des Alterungsprozesses. Dazu erproben wir das Potenzial neuer Interventions- und Therapiemaßnahmen, die neuroplastische Mechanismen nutzen, um positive Verhaltensänderungen herbeizuführen. Alterungs-

prozesse sehen wir dabei als einen komplexen Mix aus degenerativen und plastischen Veränderungen, auf deren Merkmale weiter unten im Detail eingegangen werden soll.

Wir berichten hier über eine Reihe von neueren Studien, die das Tanzen hinsichtlich positiver Auswirkungen auf Körper, Geist und Gehirn bei älteren Menschen untersucht haben. Zunächst erläutern wir neue Trends innerhalb der Neurowissenschaften, insbesondere im Bereich der Alters- und Interventionsforschung. Neben einer ausführlichen Darstellung dieser angewandten Forschung erklären wir die verwendeten Untersuchungsmethoden und fassen die wesentlichen Befunde zur Langzeitwirkung von Tanz und Tanzen als Interventionsmaßnahme zusammen. Die Bewertung der Ergebnisse erfolgt vor dem Hintergrund der Relevanz für den Alltag älterer Menschen. Danach folgt eine Darstellung neuerer Hypothesen über mögliche Wirkmechanismen und -faktoren, die den breit angelegten positiven Auswirkungen von Tanz zugrunde liegen könnten. Allerdings ist Neuroplastizität kein Zaubermittel – aus diesem Grund werden abschließend die Randbedingungen diskutiert, die „erfolgreiches Altern" möglich machen bzw. erschweren oder verhindern.

1.1 Trends und Hypes in den Neurowissenschaften

Seit einigen Jahren wenden sich die Neurowissenschaften verstärkt Themen und Problemen des Alltags zu. Der Trend geht weg von ausschließlich akademischen Fragen, unter vergleichsweise artifiziellen Laborbedingungen, hin zu solchen mit offensichtlicher Alltagsrelevanz. Schlagworte wie „Neuroökonomie" oder „Neuropädagogik" kennzeichnen diese Art von Forschungsrichtungen.

Insbesondere im Bereich Lernen und Intervention gibt es eine Reihe neuartiger, unkonventioneller Ansätze. So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Personen, die Action-Videospiele spielen, entgegen einer intuitiven Einschätzung, eine ganze Reihe verbesserter Fähigkeiten aufweisen. Dazu gehören Aufmerksamkeit, visuelle Wahrnehmung, Konzentration und Reaktionszeiten (Green/Bavelier 2012). Ein entscheidender Faktor für diese unerwartet positiven Auswirkungen ist allerdings eine zeitlich limitierte Beschäftigung mit diesen Spielen (für eine ausgewogene Diskussion dieser komplexen Thematik siehe Bavelier et al. 2011). Interessanterweise werden seit einiger Zeit auch speziell für ältere Menschen entwickelte Videospiele zur Förderung kognitiver Fähigkeiten eingesetzt (Anguera et al. 2013). Man nimmt an, dass Action-Videospiele sehr viele Elemente vereinigen, die lernfördernd sind. Dazu gehören aufmerksamkeitstrainierende Spielelemente, schnelle Bildfolgen und permanente Belohnungssituationen und daraus resultierend eine hohe Motivation (Beste/Dinse 2013).

Nach neueren Studien sind Lernprozesse sogar durch rein mental erzeugte „Zustände" auslösbar. So führt allein die visuelle Vorstellung von Bildern zu einer verbesserten Erkennungsfähigkeit (Tartaglia et al. 2009). Nach einer anderen Studie genügt die Erzeugung von neuronalen Aktivierungsmustern durch Neurofeedback, um die darin kodierten Inhalte in anschließenden Tests besser erkennen zu können (Shibata et al.

2011). Dazu konnte unsere Arbeitsgruppe kürzlich in einer Studie mit langjährig meditationserfahrenen Zen-Schülern zeigen, dass eine Fokussierung der Teilnehmer auf ihre Finger während der Meditation deren taktile Wahrnehmungsfähigkeit nachhaltig verbessert (Philipp et al. 2015). Diese Arbeiten zeigen einerseits, dass Lernprozesse unter Bedingungen möglich sind, die vor wenigen Jahren noch nicht vorstellbar waren (Beste/Dinse 2013); andererseits zeigen sie aber auch, dass unser Verständnis von Lernprozessen trotz jahrelanger Forschung in vielen Bereichen noch lückenhaft ist.

1.2 Altern

Alterungsprozesse bewirken nachhaltige Veränderungen auf allen Ebenen von Gehirnstrukturen und Gehirnfunktionen. Diese haben eine generelle Abnahme mentaler und körperlicher Fähigkeiten zur Folge (Hof/Mobbs 2001), die allerdings in ihren Ausprägungen extrem starken, individuellen Schwankungen unterliegen.

Studien der letzten Jahre haben gezeigt, dass altersbedingte Veränderungen nicht nur Folgen degenerativer Prozesse sind, sondern eine komplexe Mischung aus plastischen, adaptiven und kompensatorischen Mechanismen darstellen. So gibt es zahlreiche degenerative Prozesse, die zu einer starken Beeinträchtigung von Funktionen führen. Zwar nimmt die Anzahl der Nervenzellen entgegen früherer Annahmen nicht ab, dafür gibt es zahlreiche strukturelle Veränderungen der Nervenfortsätze (Dendriten) und der chemischen Prozesse, die die Erregungsbildung und -fortleitung beeinträchtigen. Neben degenerativen Prozessen finden aber auch Kompensationsprozesse statt. Dazu gehört beispielsweise, dass bei älteren Menschen größere und andere Gehirngebiete zur Erledigung einer Aufgabe aktiviert werden, als dies bei jungen Menschen der Fall ist. Auf diese Weise lassen sich altersbedingte Defizite ausgleichen oder zumindest minimieren. So gilt es heute als sicher, dass ältere Menschen, die hohe kognitive Leistungen zeigen, besonders gut in der Lage sind, kompensatorische Prozesse zu nutzen. Umgekehrt haben Personen mit deutlich beeinträchtigten Leistungen Defizite in der Erzeugung von Kompensationsleistungen (Cabeza et al. 2002).

Berücksichtigt man die derzeitigen demografischen Veränderungen in den Industrienationen, dann wird die Notwendigkeit deutlich, Alterungsprozesse noch besser zu verstehen, um die Aufrechterhaltung eines selbstständigen und unabhängigen Lebensstils bis ins hohe Alter zu gewährleisten. Bereits heute liegt der Bevölkerungsanteil der über 65-Jährigen in der Bundesrepublik mit 21 Prozent um 3 Prozent höher als der Anteil der unter 20-Jährigen. Glaubt man den Prognosen des Statistischen Bundesamts, so wird der prozentuale Bevölkerungsanteil der unter 20-Jährigen bis zum Jahr 2030 auf 16 Prozent fallen und im Gegenzug der der über 65-Jährigen auf 29 Prozent steigen (Haustein/Mischke 2011). Diese Zunahme älterer Menschen in Industrienationen und die mit den Alterungsprozessen unweigerlich einhergehenden sensorischen, motorischen und kognitiven Funktionseinbußen stellen die Gesellschaft in Zukunft vor eine Reihe erheblicher sozialer, ökonomischer und medizinischer Probleme (Christensen et al. 2009).

1.3 Schattenseiten der use-dependent plasticity

Ging man vor einigen Jahren noch davon aus, dass das erwachsene Gehirn nach Abschluss der frühen Entwicklungsperiode statisch sei und damit kaum Fähigkeiten zu plastischen Anpassungsvorgängen habe, ist es heute unumstritten, dass bis ins hohe Alter hinein plastische Reorganisationsprozesse im Gehirn stattfinden.

Der Begriff der *use-dependent plasticity* beschreibt das Phänomen, dass diejenigen Fähigkeiten, die viel „benutzt" oder trainiert werden, nicht nur in ihrem Leistungsverhalten messbar besser werden, sondern im Gehirn aufgrund von Lernprozessen zu weitreichenden plastischen Veränderungen führen. Diese können heute mithilfe nichtinvasiver bildgebender Verfahren, sogenannter „Imaging"-Verfahren, direkt sichtbar gemacht werden. So wurde gezeigt, dass Blinde, die Blindenschrift lesen, und Musiker, die ein Instrument spielen – beides Paradebeispiele für use-dependent plasticity – nicht nur über einen erheblich besseren Tastsinn verfügen, sondern auch über deutlich größere Repräsentationsgebiete der Finger und Hände im Großhirn. Das heißt, dass aufgrund der überdurchschnittlichen „Benutzung" der Finger für die Verarbeitung der dafür relevanten Information mehr Nervenzellen zur Verfügung stehen, was wiederum der Grund für die Leistungssteigerung ist (Pascual-Leone/Torres 1993; Elbert et al. 1995).

Was passiert aber bei „Nicht-Benutzung"? Um diese Frage beantworten zu können, haben wir Personen untersucht, die für einige Wochen einen Gipsverband am Arm tragen mussten. Bekanntlich ist es nicht überraschend, dass nach Abnahme des Gipsverbands die Muskeln aufgrund der fehlenden Nutzung massiv an Volumen und Kraft verloren haben. Welche Auswirkungen hat dies aber auf den Tastsinn, und was passiert gleichzeitig im Gehirn?

Wir konnten zeigen, dass der Tastsinn der Finger einer nur wenige Tage eingegipsten Hand drastisch schlechter wird, was von deutlichen Verkleinerungen der Repräsentationsgebiete im Gehirn begleitet wird – also im Vergleich zu den oben beschriebenen Musikern und Blindenschriftlesern ein gegenteiliger Effekt eintritt (Lissek et al. 2009). Das Gehirn reagiert demnach sowohl auf intensivere Benutzung wie auch auf Nicht-Benutzung. Mit anderen Worten: Abhängig davon, was man tut – ob nichts oder sehr viel – das Gehirn reagiert plastisch, und diese plastische Reorganisation führt zu Veränderungen der Wahrnehmung und des Verhaltens.

Auf das Alter bezogen hat dies eine fatale Konsequenz: Wird ein aktiver Lebensstil mit zunehmendem Alter aufgrund mangelnder Herausforderungen, Bequemlichkeit oder durch häufig im Alter auftretende Schmerzen zugunsten größerer Passivität eingeschränkt, wird ein gefährlicher Teufelskreis in Gang gesetzt: Das Gehirn passt sich an die mangelnde Aktivität und den mangelnden Gebrauch an, indem die Kommunikation der Nervenzellen untereinander reduziert wird und als Folge Verbindungen der Nervenzellen untereinander abgebaut werden. Dies wiederum potenziert den Grad der „Nicht-Benutzung" im Alltag. In diesem Szenario wird also der natürliche Alterungsprozess durch den passiven Lebensstil weiter verstärkt (Vaynman/Gomez-Pinilla 2006).

2. Tanzen als enriched-environment

Geht man davon aus, dass plastische Prozesse im Gehirn bis ins hohe Alter ablaufen, also Neuroplastizität wirksam ist, sollten Maßnahmen, die Neuroplastizität fördern, zu einer Abschwächung altersbedingter Veränderungen führen. Seit vielen Jahren beschäftigt sich eine zunehmende Zahl von Arbeitsgruppen mit der Entwicklung unterschiedlichster Interventionsstrategien, um Alterungsprozesse durch Trainingsmaßnahmen oder spezielle Stimulationsprotokolle zu verzögern (Dinse et al. 2011; Fissler et al. 2013).

Eine zentrale Frage dabei lautet, welche Rolle ein aktiver Lebensstil spielt. Wir wissen von Tierexperimenten mit alten Ratten, dass die Haltung der Tiere in einem sogenannten *enriched environment* eine Vielzahl positiver Auswirkungen auf alle Ebenen neuronaler Verarbeitung und das Verhalten hat (Dinse 2006). Mit enriched environment ist eine Umgebung gemeint, die einerseits möglichst gut den Bedürfnissen eines Organismus angepasst ist, andererseits viele körperliche und geistige Anforderungen stellt, um diese unter Alltagsbedingungen permanent zu „trainieren".

Auf der Suche nach einem Äquivalent des enriched environment für ältere Menschen sind wir auf die Idee gekommen, die Wirkung des Tanzens zu untersuchen. Denn beim Tanzen ist nicht nur Fitness gefragt – auch Gleichgewicht, Rhythmusgefühl und Koordination werden geschult. Hinzu kommen starke emotionale, affektive und soziale Komponenten, deren Bedeutung nicht unterschätzt werden darf.

Aus diesem Grund ist Tanzen in den letzten Jahren verstärkt in den Brennpunkt neurowissenschaftlicher und medizinischer Untersuchungen gerückt. So wurde Tanzen als Therapie für Parkinson- und Alzheimer-Patienten bekannt (Earhart 2009; Palo-Bengtsson/Ekman 2002; siehe auch http://danceforparkinsons.org). Zusätzlich wurden Tanztherapien in vielen anderen Bereichen wie beispielsweise Demenz (Hokkanen et al. 2008), Übergewicht (Murphy et al. 2009) und psychische Erkrankungen (Hackney/Earhart 2010) eingesetzt, wobei in diesen Studien meist die Förderung von Beweglichkeit und körperlicher Fitness im Vordergrund stand.

Das allgemeine Konzept einer reizreichen und herausfordernden Umgebung umfasst mehrere Komponenten: Zum einen moderate physische Aktivität, welche nach Bedarf gesteigert werden kann, sodann kognitive Herausforderungen, die für das Individuum zwar herausfordernd, aber nicht überfordernd sein sollten, und weiterhin soziale Interaktion sowie akustische und emotionale Stimulation. Aus dem Zusammenspiel dieser Faktoren schließlich resultiert die vielleicht wichtigste Komponente: die Motivation. Sie ist ein zentraler Faktor, der entscheidet, ob sich das Individuum über einen längeren Zeitraum diesem „Environment" stellen wird.

Es ist offensichtlich, dass Tanzen alle Komponenten berücksichtigt. Tanzen beinhaltet physische Aktivität, die den individuellen Fähigkeiten angepasst werden kann und dennoch genügend Spielraum für Entwicklungen bietet. Darüber hinaus bedeutet das Erlernen von Schrittfolgen und Kombinationen eine beträchtliche kognitive Herausforderung, welche mit der physischen Aktivität in unmittelbarem Wechselspiel steht. Die

hohe Motivation, sich diesen Herausforderungen zu stellen, entsteht durch die nahezu perfekte Umgebung. Komplettiert wird diese durch soziale und emotionale Interaktionen, zusammen mit der akustischen und affektbeladenen Stimulation durch Musik.

2.1 Langzeitwirkung: Was bewirkt regelmäßiges Amateurtanzen über viele Jahre?

Um die Effekte von Tanz auf den alternden Organismus zu untersuchen, haben wir in einer ersten Studie die Leistungsfähigkeit zweier Personengruppen im Alter von 61 bis 94 Jahren (Mittel 72 Jahre) verglichen: In einer Gruppe waren Amateurtänzer zusammengefasst, also Personen, die sich durch langjähriges Amateurtanzen (im Schnitt 16,5 Jahre, etwa 1,3 Stunden pro Woche) auszeichneten; die zweite Gruppe diente als Kontrollgruppe und bestand aus Personen, die weder tänzerischen noch sportlichen Aktivitäten nachgingen (Kattenstroth et al. 2010). Bei deren Rekrutierung und Auswahl wurden wir erwartungsgemäß mit einem Standardproblem der Altersforschung konfrontiert: Aufgrund der höheren Sterblichkeit älterer Männer ergab sich ein höherer Frauenanteil bei den Teilnehmern (75 %), was zur Folge hatte, dass bei Paartänzen überwiegend Frauen zusammen tanzten.

Da zu diesem Zeitpunkt unklar war, welche Effekte zu erwarten waren, beschlossen wir, ein möglichst umfassendes Assessment durchzuführen, das die unterschiedlichsten Aspekte abdeckte. Dazu untersuchten wir zunächst Bereiche, die in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Tanzen stehen. Hierzu gehören Körperhaltung, Gleichgewicht und Reaktionszeit. Zusätzlich untersuchten wir aber auch kognitive Fähigkeiten wie Gedächtnisleistung, Aufmerksamkeits- und Denkvermögen, Fein- und Grobmotorik sowie das sensorische Tastempfinden der oberen Extremitäten – also Fähigkeiten, die nicht unmittelbar mit tänzerischer Aktivität assoziiert sind.

Erstaunlicherweise zeigten die Amateurtänzer in allen untersuchten Bereichen deutlich bessere Ergebnisse als die passiven Kontrollen. Hierbei fanden wir die größten Leistungsunterschiede – wie zu erwarten – in den tanzassoziierten Bereichen Körperhaltung und Gleichgewicht, darüber hinaus aber eben auch Unterschiede in nicht direkt assoziierten Bereichen wie Kognition, Motorik und Sensorik. So wiesen die Amateurtänzer gegenüber der Kontrollgruppe bei Körperhaltung und Gleichgewicht einen Vorteil in Höhe von 83 Prozent auf, bei den Reaktionszeiten in Höhe von 33 Prozent und bei Kognition in Höhe von 25 Prozent.

Was genau aber bewirkt nun die langjährige Ausübung von Tanzen? Eine detaillierte Analyse der Individualleistungen zeigte, dass die besten Probanden der Amateurtänzergruppe nicht besser waren als die besten Probanden der Kontrollgruppe, dass aber die Kontrollgruppe überdurchschnittlich viele Probanden mit schlechtem Leistungsniveau aufwies, die es bei der Tanzgruppe wiederum nicht gab. Daraus kann man schließen, dass regelmäßiges Tanzen bis ins hohe Alter weniger das absolute Leistungsvermögen steigert, als vielmehr einem altersbedingten Leistungsabfall entgegenwirkt. Fazit: Regelmäßiges Tanzen ist hilfreich, die allgemeine Leistungsfähigkeit länger auf einem hohen Niveau zu halten (Olsson 2012).

2.2 Langzeitwirkung bei Sporttänzern

Offensichtlich reicht eine moderate Intensität der tänzerischen Aktivität, wie bei den Amateurtänzern oben dargestellt, bereits aus, um die beschriebenen breit angelegten positiven Effekte zu erzielen. Daraus ergibt sich die Frage: Lassen sich diese Auswirkungen verstärken, wenn die Intensität der Tanzbeschäftigung weiter gesteigert wird?

Dazu haben wir in einer kleinen Gruppe von älteren Sporttänzern auf die gleiche Weise die möglichen Langzeiteffekte – wiederum verglichen mit einer Kontrollgruppe – untersucht (Kattenstroth et al. 2011). Teilgenommen haben elf Sporttänzer, die sich durch langjährige Tanzerfahrung (durchschnittlich 23 Jahre) auszeichneten und die zusätzlich zu ihrem Trainingspensum von etwa fünf Wochenstunden regelmäßig, meist an Wochenenden, an Wettbewerben teilnahmen. Während der Wettbewerbe mussten zehn verschiedene Tänze in bestimmter Reihenfolge absolviert werden. Hierzu gehörten der langsame Walzer, Tango, Wiener Walzer, Slowfox, Quickstepp, Samba, Cha-Cha-Cha, Rumba, Paso Doble und Jive.

Überraschenderweise wiesen ältere Sporttänzer im Vergleich zu den passiven Kontrollen nur in den Bereichen deutlich bessere Werte auf, die unmittelbar mit der tänzerischen Aktivität assoziiert waren, nämlich bei Körperhaltung, Gleichgewicht sowie Reaktionszeit. Allerdings lagen die Vorteile prozentual gegenüber den Kontrollen noch mal höher als bei den Amateurtänzern. Im Gegensatz zu den Amateurtänzern fanden wir hier allerdings keine dieser typischen weitreichenden Effekte in Bereichen, die nicht unmittelbar mit tänzerischen Aktivitäten assoziiert sind. Dies könnte dafür sprechen, dass die größte Wirksamkeit bei einer mittleren Trainingsintensität erreicht wird; steigert man die Intensität darüber hinaus, lässt der Trainingseffekt wieder nach (*inverted U-shape*). Das würde bedeuten, dass der optimale Einfluss auf das Individuum nur dann gewährleistet ist, wenn das Training weder zu wenig noch zu viel Intensität hat. Diese Befunde lassen darauf schließen, dass es auch beim Tanzen, ähnlich wie bei vielen anderen Interventionsformen, eine optimale Trainingsintensität gibt.

2.3 Tanzen als Interventionsmaßnahme – Auswirkungen des sechsmonatigen Tanzkurses

Eine entscheidende Frage blieb allerdings durch beide Studien unbeantwortet: Sind die beobachteten Leistungsunterschiede wirklich auf das Tanzen zurückzuführen? Oder wird umgekehrt Tanzen bevorzugt von solchen Individuen als Beschäftigung gewählt und über längere Zeit mit großem Einsatz betrieben, die bereits von vornherein besonders fit und leistungsfähig sind? Um dieser Frage nachzugehen und zu klären, ob und inwieweit sich der Alterungsprozess tatsächlich durch Tanzen beeinflussen lässt, haben wir in einer weiteren Studie bei jedem einzelnen Teilnehmer der Tanzgruppe einen Vorher-Nachher-Vergleich durchgeführt.

Als Interventionsmaßnahme nutzten wir das vom Allgemeinen Deutschen Tanzlehrerverband (ADTV) entwickelte AGILANDO-Programm©, das in einer zertifizierten Tanzschule über einen Zeitraum von sechs Monaten einmal wöchentlich durchgeführt wurde.

Das AGILANDO-Programm© besitzt die Vorteile, dass es nicht ausschließlich auf Partnertanz basiert und dass es speziell an die besonderen Bedürfnisse älterer Teilnehmer angepasst ist. Diese Tatsachen senken zum einen die Hemmschwelle, an einem solchen Programm überhaupt teilzunehmen, da es sich damit auch an Personen ohne Tanzpartnerin oder -partner wendet; zum anderen berücksichtigt das 60-minütige Programm die zu erwartende untrainierte Konstitution der Teilnehmer. So besteht das erste Drittel der Kursstunde aus einem Aufwärmteil mit gymnastischen Fitnesselementen, welcher die körperliche Fitness der älteren Teilnehmer gezielt fördert. Danach folgt ein choreografierter Tanzteil mit zunehmender Komplexität und Schwierigkeit der auf klassischen Partytänzen beruhenden Schrittelemente. Gegen Ende der Stunde wird in Abhängigkeit der Konstitution und Teilnehmererwartung auch Paartanz getanzt.

Untersucht wurden 25 Personen im Alter von 60 bis 94 Jahren. Voraussetzung für die Teilnahme war, dass die Teilnehmer bis zum Beginn der Intervention seit mindestens fünf Jahren an keinem Tanz- oder Sportprogramm teilgenommen hatten, also bis dahin einem diesbezüglich eher passiven Lebensstil gefolgt waren. Vor und nach der Intervention führten wir wie bei der vorangegangenen Studie umfangreiche medizinische und neurobiologische Tests durch. Hierbei erweiterten wir das Assessment noch einmal, um einen möglichst umfassenden Überblick über die möglichen Auswirkungen des Tanzkurses zu erhalten. Wir erfassten über 80 Parameter in 18 einzelnen Tests und erhielten so ein detailliertes Leistungsprofil der Teilnehmer vor und nach der Interventionsmaßnahme. In Anlehnung an die Ergebnisse aus unseren vorangegangenen Studien untersuchten wir nicht nur tanzassoziierte Fähigkeiten wie Körperhaltung, Gleichgewicht und Reaktionszeit, sondern auch Marker der motorischen, sensorischen und kognitiven Leistungsfähigkeit. Zusätzlich evaluierten wir die subjektive Lebenszufriedenheit und erfassten die kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit mittels Spiroergometrie.

Die Ergebnisse zeigten, dass eine mehrmonatige Intervention auf der Basis eines nur einstündigen Tanzkurses, der einmal pro Woche stattfand, positive Auswirkungen auf ein sehr breites Leistungsspektrum hatte. Wie in der vorangegangenen Langzeitstudie waren auch hier nicht nur tanzassoziierte Bereiche wie Körperhaltung, Gleichgewicht und Reaktionszeit, sondern auch nicht unmittelbar assoziierte Bereichen wie Kognition, Motorik und Sensorik verbessert.

Weiterführende Analysen, welche die Ausgangsleistungen eines jeden Teilnehmers vor der Tanzintervention mit der individuellen Verbesserung der Leistungsfähigkeit danach verglichen, zeigten, dass besonders die Teilnehmer von der Interventionsmaßnahme profitierten, die zu Beginn die schlechtesten Leistungsparameter aufwiesen. Diese Ergebnisse zeigen, dass durch Tanzen als Interventionsmaßnahme innerhalb kurzer Zeit und trotz geringer Intensität (einmal pro Woche) ein überdurchschnittlich hohes Leistungsniveau erreicht werden kann, und dass hierbei vor allem Personen mit zuvor unterdurchschnittlichem Leistungsniveau profitieren.

3. Bedeutung für den Alltag

3.1 Sensomotorische Leistungsfähigkeiten

Ein zentrales Problem für ältere Menschen in höherem Alter ist die Sturzgefahr. So stürzen etwa 30 Prozent der über 65-Jährigen und ca. 50 Prozent der über 80-Jährigen einmal oder mehrere Male pro Jahr (Klaus Hager: Stürze im Alter, siehe www.diakovere.de), wobei die Ursachen unterschiedlichster Natur sein können. Einen interessanten Aspekt dazu kann man unter dem Stichwort „Hypothek des Körpers" zusammenfassen (Baltes 2007). Danach verbrauchen einfache Tätigkeiten wie beispielsweise Laufen so viele mentale Ressourcen, dass kognitive Fähigkeiten dadurch eingeschränkt werden. Werden umgekehrt durch Verbesserungen von körperlicher Fitness und Gleichgewichtsinn diese Ressourcen entlastet, profitieren geistige Fähigkeiten indirekt davon. Vor diesem Hintergrund können auch unsere Beobachtungen verbesserter kognitiver Leistungen erklärt werden.

Die von uns durchgeführte Evaluation der Körperhaltung beim Stehen diente der Erfassung der Fähigkeit, auf Verlagerungen des Körperschwerpunkts, wie sie bei Haltungsänderungen oder äußeren Einwirkungen entstehen, mit angemessenen Ausgleichsbewegungen zu reagieren. Diese Kompensationsfähigkeit ist Voraussetzung, um plötzliche, unvorhergesehene Verlagerungen des Körperschwerpunkts, wie sie beispielsweise beim Stolpern auftreten, abfangen zu können und so einen Sturz zu verhindern. Unsere Ergebnisse zeigen, dass nach dem Tanzkurs die maximale Auslenkung des Körperschwerpunkts deutlich erhöht war, was eine reduzierte Sturzgefahr zur Folge hat.

Ein weiterer Faktor für die Wahrscheinlichkeit, einen Sturz zu erleiden, ist die Reaktionsgeschwindigkeit (Lajoie/Gallagher 2004), die im Alter ebenfalls verlangsamt ist. Wir haben daher bei den Teilnehmern des Tanzkurses sowohl die motorische Reaktionszeit der einzelnen Finger untersucht als auch die kognitive Reaktionszeit, d. h. die Zeit, die für eine kognitive Entscheidungsfindung benötigt wurde. Beide Reaktionszeiten waren nach dem Tanzkurs deutlich verkürzt.

Die meisten Aufmerksamkeits- und Kognitionstests beinhalteten ebenfalls geschwindigkeitsrelevante Komponenten. Interessanterweise waren nach dem Tanzkurs auch diese Komponenten deutlich verkürzt. Dies traf auch auf die Tests zur motorischen Leistungsfähigkeit der oberen Extremitäten zu. Hierbei zeigten sich signifikante Verbesserungen bei den Tests, die sowohl Geschwindigkeit als auch Präzision erforderten. Die Teilnehmer des Tanzkurses konnten jetzt einfache motorische Aufgaben mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit bewältigen, was zu einer ebenfalls deutlichen Reduktion der benötigten Zeit für die jeweilige Aufgabe führte.

Zusätzlich zu der detaillierten Analyse einzelner Leistungskomponenten untersuchten wir auch komplexe sensomotorische Koordinierungsaufgaben, die gerade im Alltag eine entscheidende Rolle spielen. Beim Erlernen von Tänzen und Tanzschritten spielen die Koordination von Hand und Fuß sowie die vorangegangene genaue Beobachtung

der zu erlernenden Schrittfolgen eine entscheidende Rolle. Im Verlauf dieses Lernprozesses wird die Auge-Hand-Fuß-Koordination trainiert und in der Regel verbessert. Die Beurteilung der Koordination von Auge-Hand, Hand-Hand und Auge-Hand-Fuß wurde von uns vor und nach der Intervention an einem computergestützten Simulator überprüft. Die Probanden mussten eine geometrische Figur, die sie mittels Steuerhebeln und Fußpedalen bewegen konnten, auf dem Bildschirm an einer bestimmten Zielvorgabe ausrichten. Neben den Abweichungen in horizontaler und vertikaler Richtung wurde hierbei außerdem die Zeit ermittelt, die die Teilnehmer benötigten, um die Figur in Idealposition auszurichten. Die dafür benötigte Zeit verringerte sich um die Hälfte; analog dazu verringerte sich die Positionsabweichung der Figur.

Neben der für den Alltag eines älteren Menschen höchst relevanten sensomotorischen Leistungsfähigkeit spielt die kognitive Leistungsfähigkeit eine ebenso entscheidende Rolle. Die kognitiven Fähigkeiten der Teilnehmer wurden hinsichtlich ihres Kurz- und Langzeitgedächtnisses, Vorstellungsvermögens, Sprachverständnisses und hinsichtlich ihrer Aufmerksamkeit getestet. In allen genannten Bereichen zeigten die Teilnehmer nach der Interventionsmaßnahme deutliche Verbesserungen.

3.2 Kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit

Interessanterweise wurden im Bereich der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit in keiner Gruppe Veränderungen gefunden. Physische Aktivitäten wie Joggen oder Radfahren erhöhen die kardiorespiratorische Leistungsfähigkeit, wobei in der Regel die physische Fitness mit der kognitiven Leistungsfähigkeit korreliert (Kramer et al. 1999; Colcombe et al. 2004). Man geht daher davon aus, dass physische Aktivität sowohl die kardiorespiratorische als auch die kognitive Leistungsfähigkeit positiv beeinflusst. Aus diesem Grund sind die Ergebnisse unserer Untersuchungen hinsichtlich kardiorespiratorischer Fitness überraschend: Trotz signifikanter Leistungsverbesserungen im sensomotorischen und kognitiven Bereich fand sich nach der sechsmonatigen Tanzintervention keine Veränderung der kardiorespiratorischen Fitness. Dabei ist aber zu berücksichtigen, dass Interventionsprogramme, die auf eine Verbesserung der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit ausgelegt sind, mit relativ hohen Intensitäten von 40 bis 70 Prozent der maximalen Herzfrequenz absolviert werden müssen (Hillman/Erickson/Kramer 2008, Sumic et al. 2007) – Werte, die während des Tanzkurses naturgemäß nicht erreicht werden konnten. Darüber hinaus hatte die hier vorgestellte Interventionsmaßnahme einen diskontinuierlichen Charakter, da die Teilnehmer zwischen den einzelnen Tänzen genug Zeit zur Erholung hatten, was einer Verbesserung der kardiorespiratorischen Leistungsfähigkeit entgegenwirkt.

Unsere Befunde sind damit insgesamt umso bemerkenswerter, da sie deutlich machen, dass sich die weitreichenden beschriebenen Verbesserungen aufgrund des sechsmonatigen Tanzkurses auch ohne Veränderung der kardiorespiratorischen Fitness entwickeln konnten.

Diese ausgewählten Beispiele machen deutlich, dass durch die Tanzintervention nicht nur Aufgabenbereiche verbessert wurden, die sonst nur unter Laborbedingungen nachweisbar wären, sondern vielmehr auch die Fähigkeiten eine Verbesserung erfahren haben, die sich direkt auf die Alltagsprobleme älterer Menschen auswirken. Tanzen verbessert demnach die Alltagskompetenz, die wiederum eine zentrale Voraussetzung dafür ist, selbstständig und unabhängig bis ins hohe Alter hinein leben zu können.

3.3 Die subjektive Bewertung: Ist das Glas halb leer oder halb voll?

Neben den neurobiologischen und medizinischen Tests ist die subjektive Einschätzung der Teilnehmer zur eigenen Lebenszufriedenheit ein wichtiger Parameter. Hierzu wurde ein standardisierter Fragebogen zu den Themen Gesundheit, Beruf, Freunde/Bekannte, finanzielle Situation, Freizeit, Ehe und Partnerschaft, Beziehung zu den eigenen Kindern, eigene Person, Sexualität und eigene Wohnung verwendet.

Die subjektive Bewertung der Personen bezüglich ihrer eigenen Lebenszufriedenheit zeigte nach dem Tanzkurs in allen abgefragten Lebensbereichen eine Verbesserung. In den Lebensbereichen Gesundheit (38 %) und Freunde/Bekannte (38 %) war die Verbesserung signifikant ausgeprägt.

Auch die subjektive Einschätzung der Teilnehmer zu dem Interventionsprogramm an sich war durchweg positiv. So würden 96 Prozent der Teilnehmer Personen in ihrer Altersklasse einen Tanzkurs empfehlen, 100 Prozent der Teilnehmer waren froh, sich bei der Studie beworben zu haben, und 76 Prozent würden den Tanzkurs über die Studie hinaus fortsetzen. Die Teilnehmer gaben außerdem an, sich vitaler (64 %), körperlich besser (76 %), ausgeglichener (44 %) und mit mehr Lebensfreude erfüllt (60 %) zu fühlen.

Interessant ist dabei, dass subjektive Verbesserungen auch in solchen Bereichen gefunden wurden, die sich objektiv gesehen nicht verändert hatten. So wurden sowohl die eigene finanzielle Lage als auch die eigene Wohnsituation deutlich positiver beurteilt. Dies deutet darauf hin, dass die allgemeine Sichtweise der Teilnehmer auf die eigenen Lebensbereiche von dem Tanzkurs positiv beeinflusst wurde. Die Teilnehmer sahen ihr Leben offenbar optimistischer.

4. „Erfolgreiches Altern“

Nach Paul Baltes setzt erfolgreiches Altern eine Reihe von Bedingungen und Gegebenheiten voraus: Dazu zählen genetische Einflüsse, gesellschaftliche Bedingungen, individuelles Engagement und Glück (Baltes 2007). Letztendlich kann das Individuum nur sein Engagement kontrollieren; damit wird deutlich, dass die Möglichkeiten der individuellen Gestaltung des „Alterns“ sehr eingeschränkt sind. Spannend ist die Betrachtung der gesellschaftlichen Randbedingungen (siehe dazu Denninger et al. 2014): Auf der einen Seite bilden diese die Voraussetzung für individuelles Engagement, beispielsweise im Bereich der Kulturellen Bildung oder bei Möglichkeiten zu altengerechten sportlichen Aktivitäten. Auf der anderen

Seite wird dadurch nicht unerheblicher Druck erzeugt, fit sein müssen, sozusagen als gesellschaftliche Verpflichtung. Aus dem Blick gerät dabei, dass Altwerden eben nicht immer den Idealen der fitten Senioren gehorcht, sondern dass Altwerden eben auch bedeutet, dass körperliche und geistige Beeinträchtigungen zunehmend eine selbstständige Lebensführung erschweren. „Dem steigenden Anteil der Älteren wird das Ideal eines ‚jungen', aktiven und mobilen Alters entgegengesetzt. Aus dem Blick gerät somit das ‚kranke, demente, sieche Alter, das nicht mehr für jung erklärt werden kann'" (Lessenich 2014, S. 424f.).

5. Warum ist Tanzen so effektiv?

Dass Tanzen alle Fähigkeiten verbessert, die unmittelbar mit der Aktivität des Tanzens zusammenhängen, ist nicht überraschend: Training und Übung sind ja der Königsweg zur Verbesserung jeglicher Leistungsfähigkeit, was – wie wir oben gesehen haben – auf neuroplastischen Prozessen beruht. Überraschend dagegen ist die Tatsache, dass nach unseren Studien nahezu alle untersuchten Bereiche verbessert waren, auch solche, die nicht unmittelbar mit Tanzen in direkten Zusammenhang gebracht werden können. Dazu gehören beispielsweise der Tastsinn, Hand-Arm-Fähigkeiten, Kognition sowie insbesondere das subjektive Wohlbefinden. Wie kann diese breite Palette durch die Wirksamkeit von Tanzen erklärt werden?

Die entscheidenden, der Neuroplastizität zugrunde liegenden Mechanismen betreffen Veränderungen der synaptischen Übertragung, was als *synaptische Plastizität* bezeichnet wird. Dazu gehören Veränderungen der Ausschüttung von Botenstoffen im Gehirn (Neurotransmittern), aber auch der Transmitterrezeptoren sowie Steuerung und Bildung von Enzymen, die das Verhalten der Neurotransmitter verändern. Schließlich gibt es eine Reihe von strukturellen Änderungen; beispielsweise vergrößern sich die sogenannten Dornenfortsätze der Nervenzellen (kleine Vorwölbung auf der Oberfläche der Zellfortsätze der Nervenzellen, den Dendriten) oder werden neu gebildet.

Die genannten Prozesse unterliegen ihrerseits einer Art „Meta"-Kontrolle durch die sogenannten Neurotrophine (gr. etwa „Nervennährstoffe") (Lu/Lu 2008). Dabei handelt es sich um körpereigene Signalstoffe (Proteine), die sowohl in den Blutkreislauf als auch direkt im Gehirn ausgeschüttet werden, um dort die Verbindungen zwischen Nervenzellen zu stabilisieren und die Produktion von Neurotransmittern zu regulieren. Typische Vertreter der Neurotrophine sind „NGF" („nerve growth factor") und „BDNF" („brain-derived neurotrophic factor"). Welche Bedingungen beeinflussen die Neurotrophinausschüttung? Neueren Arbeiten zufolge (Mattson 2008; Panksepp/Bernatzky 2002), die von tierexperimentellen Untersuchungen an Mäusen und Ratten unterstützt werden (Angelucci et al. 2007), gehören dazu: körperliche Aktivität, eine deutlich reduzierte Aufnahme von Kalorien (Kalorienrestriktion), sensorische Stimulation, intellektuelle Herausforderungen, bestimmte Nahrungsmittel (Phytochemikalien), Musik, Lifestyle-Aspekte und Temperatur (Licht/Sonne). Interessanterweise gehorchen alle genannten Faktoren dem Prinzip der Hormesis: Sie schaden in höherer Konzentration, haben in niedriger Konzentration aber

positive Auswirkungen auf Zellen und Organismus. Dies entspricht dem Paracelsus zugesprochenen Satz: „Alle Ding' sind Gift, und nichts ohn' Gift; allein die Dosis macht, dass ein Ding kein Gift ist" (Paracelsus 1965). Im Organismus lösen die genannten Faktoren sogenannten „milden Stress" aus (Mattson et al. 2004; Mattson 2008). Darunter fasst man Reaktionen zusammen, die dem Schutz (Neuroprotektion), der Reparatur, der Stressresistenz und dem Wachstum von Zellen dienen – nicht nur denen des Gehirns, sondern allen wichtigen Systemen eines Organismus einschließlich dem kardiovaskulären System und dem Immunsystem. Man nimmt an, dass diese Mechanismen im Laufe der Evolution des Menschen entstanden sind, um ihn vor den damals herrschenden vorwiegend negativen Umwelteinflüssen zu schützen (Mattson 2008). Wie anfangs angesprochen, umfasst Tanzen ein sehr breites Spektrum an Anforderungen und Bedingungen, von denen viele als Auslöser von „mildem Stress" angesehen werden können.

Obwohl weitgehend spekulativ, machen diese Überlegungen noch einmal die multifaktorielle Wirkung von Tanzen deutlich, wonach eine Kombination von neuroplastischen Prozessen im Zusammenspiel mit den sehr unspezifisch wirkenden neuroprotektiven Mechanismen die breit gefächerten positiven Effekte des Tanzens erklärt.

6. Ausblick

Die hier zusammengefassten Untersuchungen zum Tanzen zeigen, dass sich neuronale Alterungsprozesse auch bei älteren Menschen zwar nicht aufhalten, aber doch positiv beeinflussen lassen.

Aus wissenschaftlicher Sicht besteht heute kein Zweifel mehr daran, dass die neuroplastischen Fähigkeiten des Gehirns bis ins hohe Alter wirksam sind. Die Konsequenz ist, dass alle Maßnahmen, die neuroplastische Prozesse fördern, hilfreich sind, um altersbedingte Beeinträchtigungen zu mildern und Alterungsprozesse zu verlangsamen. Tanzen nimmt dabei eine besondere Rolle ein, da es in nahezu einmaliger Weise Faktoren vereint, die bereits jeder für sich neuroplastizitätsfördernd sind: körperliches Training und Bewegungskoordination, Musik, Lernen durch Beobachtung, Emotionalität und soziale Interaktion. Alles zusammen motiviert die Teilnehmenden, mit Spaß und Freude bei der Sache zu bleiben, wodurch Abbruchquoten minimiert werden. Dieser Faktor ist gerade für die Bewertung einer Interventionsmaßnahme von großer Bedeutung.

Literatur

Angelucci, F./Fiore, M./Ricci, E./Padua, L./Sabino, A./Tonali, P. A. (2007): Investigating the neurobiology of music: Brain-derived neurotrophic factor modulation in the hippocampus of young adult mice. In: Behavioral Pharmacology, 18, S. 491–496

Anguera, J. A./Boccanfuso, J./Rintoul, J. L./Al-Hashimi, O./Faraji, F./Janowich, J./Kong, E./Larraburo, Y./Rolle, C./Johnston, E./Gazzaley, A. (2013): Video game training enhances cognitive control in older adults. In: Nature, 501, S. 97–101

Baltes, P. B. (2007): Altern als Balanceakt: Im Schnittpunkt von Fortschritt und Würde. In: Gruss, P. (Hrsg.): Die Zukunft des Alterns: Die Antwort der Wissenschaft. München: C. H. Beck, S. 15–34

Bavelier, D./Green, C. Sh./Han, D. H./Renshaw, P. F./Merzenich, M. M./Gentile, D. A. (2011): Brains on video games. In: Nature Review Neuroscience, 18, S. 763–768

Beste, Chr./Dinse, H. R. (2013): Learning without Training. In: Current Biology, 23, R 489–499

Cabeza, R./Anderson, N. D./Locantore, J. K./McIntosh A. R. (2002): Aging gracefully: Compensatory brain activity in high-performing older adults. In: Neuroimage, 17, S. 1394–1402

Christensen, K./Doblhammer, G./Rau R./Vaupel, J. W. (2009): Ageing populations: The challenges ahead. In: Lancet, 374, S. 1196–1208

Colcombe, S./Kramer, A./Erickson, K./Scalf, P./McAuley, E./Cohen, N./Webb, A./Jerome, G./Marquez, D./Elavsky, S. (2004): Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. In: Proceedings of the National Academy of Sciences, 101, S. 3316–3321

Denninger, T./Dyk, S. van/Lessenich, S./Richter, A. (2014): Leben im Ruhestand: Zur Neuverhandlung des Alters in der Aktivgesellschaft. Bielefeld: Transcript

Dinse, H. R. (2006): Cortical reorganization in the aging brain. In: Progress in Brain Research, 157, S. 57–80

Dinse, H. R./Kattenstroth, J.-C., Gattica Tossi, M. A./Tegenthoff, M./Kalisch, T. (2011): Sensory stimulation for augmenting perception, sensorimotor behavior and cognition. In: Segev, I./Henry M. (Hrsg.): Augmenting cognition. EPFL Press, S. 11–39

Earhart, G. (2009): Dance as therapy for individuals with Parkinson disease. In: European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine, 45, S. 231–238

Elbert, Th./Pantev, Chr./Wienbruch, Chr./Rockstroh, B./Taub, E. (1995): Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. In: Science, 270, S. 305–307

Fissler, P./Küster, O./Schlee, W./Kolassa, I.-T. (2013): Novelty interventions to enhance broad cognitive abilities and prevent dementia: Synergistic approaches for the facilitation of positive plastic change. In: Progress in Brain Research, 207, S. 403–434

Green, C. S./Bavelier, D. (2012): Learning, attentional control, and action video games. In: Current Biology, 22, S. 197–206

Hackney, M./Earhart, G. (2010): Social partnered dance for people with serious and persistent mental illness: a pilot study. In: The Journal of Nervous and Mental Disease, 198, S. 76–78

Hager, K. (o. J.): Stürze im Alter – Häufigkeit, Folgen, Ursachen, und Prävention [www.geriatrie-hannover.de/upload/stuerze.pdf#search=%22hager%20hannover%20sturz%22, zuletzt aufgerufen am: 03.05.2016]

Haustein, T./Mischke, J. (2011): Ältere Menschen in Deutschland und der EU. In: Im Blickpunkt. Wiesbaden: Statistisches Bundesamt, S. 93

Hillman, C./Erickson, K./Kramer, A. (2008): Be smart, exercise your heart: Exercise effects on brain and cognition. In: Nature Review Neuroscience, 9, S. 58–65

Hof, P. R./Mobbs, C. V. (2001): Functional neurobiology of aging. San Diego: Academic Press

Hokkanen, L./Rantala, L./Remes, A./Härkönen, B./Viramo, P./Winblad, I. (2008): Dance and movement therapeutic methods in management of dementia: A randomized, controlled study. In: Journal of the American Geriatrics Society, 56, S. 771–772

Kattenstroth, J.-C./Kalisch, T./Holt, S./Tegenthoff, M./Dinse, H. R. (2013): Six months of dance intervention enhances postural, sensorimotor, and cognitive performance in elderly without affecting cardio-respiratory functions. In: Frontiers in Aging Neuroscience, 5, S. 5–16

Kattenstroth, J.-C./Kalisch, T./Kolankowska, I./Dinse, H. R. (2011): Balance, sensorimotor and cognitive performance in long-year expert senior ballroom dancers. In: Journal of Aging Research, ID 176709. DOI: 10.4061/2011/176709

Kattenstroth, J.-C./Kolankowska, I./Kalisch, T./Dinse, H. R. (2010): Superior sensory, motor, and cognitive performance in elderly individuals with multi-year dancing activities. In: Frontiers in Aging Neuroscience, 2(31), S. 1–9. DOI: 10.3389/fnagi.2010.00031

Kramer, A. F./Hahn, S./Cohen, N. J./Banich, M. T./McAuley, E./Harrison, C. R./Chason, J./Vakil, E./Bardell, L./Boileau, R. A./Colcombe, A. (1999): Ageing, fitness and neurocognitive function. In: Nature, 400, S. 418–419

Lajoie, Y./Gallagher, S. (2004): Predicting falls within the elderly community: Comparison of postural sway, reaction time, the Berg balance scale and the Activities-specific Balance Confidence (ABC) scale for comparing fallers and non-fallers. In: Archives of Gerontology and Geriatrics, 38, S. 11–26

Lessenich, S. (2014): Zur Neuverhandlung des Alters in der Aktivgesellschaft – Eine soziologische Perspektive. In: Forschung und Lehre, 21(6), S. 424–425

Lissek, S./Wilimzig, C., Stude, P./Pleger, B./Kalisch, T./Maier, C./Peters, S. A./Nicolas, V./Tegenthoff, M./Dinse, H. R. (2009). Immobilization impairs tactile perception and shrinks somatosensory cortical maps. In: Current Biology, 19, S. 837–842

Lu, Y./Christian, K./Lu, B. (2008): BDNF: A key regulator for protein synthesis-dependent LTP and long-term memory? In: Neurobiology of Learning and Memory, 89, S. 312–323

Mattson, M. (2008): Hormesis defined. Ageing Research Reviews, 7, S. 1–7

Mattson, M./Duan W./Wan, R./Guo Z. (2004): Prophylactic activation of neuroprotective stress response pathways by dietary and behavioral manipulations. In: NeuroRx, 1, S. 111–116

Murphy, E./Carson, L./Neal, W./Baylis, C./Donley, D./Yeater, R. (2009): Effects of an exercise intervention using dance dance revolution on endothelial function and other risk factors in overweight children. In: International Journal of Pediatric Obesity, 4, S. 205–214

Olsson, C. J. (2012): Dancing combines the essence for successful aging. A commentary on „Superior sensory, motor, and cognitive performance in elderly individuals with multi-year dancing activities". In: Kattenstroth, J.-C. et al. (2010): Superior sensory, motor, and cognitive performance in elderly individuals with multi-year dancing activities. In: Frontiers in Aging Neuroscience, 2(31), S. 1–9. DOI: 10.3389/fnagi.2010.00031

Palo-Bengtsson, L./Ekman, S. (2002): Emotional response to social dancing and walks in persons with dementia. In: American Journal of Alzheimer's Disease and Other Dementias, 17, S. 149–153

Panksepp, J./Bernatzky, G. (2002): Emotional sounds and the brain: The neuro-affective foundations of musical appreciation. In: Behavioral Processes, 60, S. 133–155

Paracelsus, Theophrast (1965): Werke. Bd. 2. Darmstadt, S. 508–513

Pascual-Leone, A./Torres, F. (1993): Plasticity of the sensorimotor cortex representation of the reading finger in braille readers. In: Brain, 116, S. 39–52

Philipp, S. T./Kalisch, T./Wachtler, T./Dinse, H. R.(2015): Enhanced tactile acuity through mental states. In: Sci Rep 5: 13549. DOI: 10.1038/srep13549

Shibata, K./Watanabe, T./Sasaki, Y./Kawato, M. (2011): Perceptual learning incepted by decoded fMRI neurofeed-back without stimulus presentation. In: Science, 334, S. 1413–1415

Sumic, A./Michael, Y./Carlson, N./Howieson, D./Kaye, J. (2007): Physical activity and the risk of dementia in oldest old. In: Journal of Aging and Health, 19, S. 242–259

Tartaglia, E. M./Bamert, L./Mast, F. W./Herzog, M. H. (2009): Human perceptual learning by mental imagery. In: Current Biology, 19, S. 2081–2085

Vaynman, S./Gomez-Pinilla, F. (2006): Revenge of the „sit": how lifestyle impacts neuronal and cognitive health through molecular systems that interface energy metabolism with neuronal plasticity. In: Journal of Neuroscience Research, 84, S. 699–715

Hubert R. Dinse, Dr. rer. nat., Privatdozent, studierte Biologie und Chemie in Mainz und Marburg, Promotion und Habilitation für das Fach Zoologie. Postdoc an der Universität Pisa, Italien, freier Mitarbeiter am Battelle-Institut. Visiting Professor an der University of California San Francisco (UCSF). Seit 1990 ist er Leiter des von ihm gegründeten Neural Plasticity Lab (www.neuralplasticitylab.de) am Institut für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum sowie Stellvertretender Leiter des Lehrstuhls Kognitive Systeme und Mitglied des Direktoriums und Senior Scientist an der Neurologischen Klinik Bergmannsheil, Geschäftsführer der Firma Haptec Research & Technology GmbH. Seine Forschungsschwerpunkte sind Lernen, Alterung, Wahrnehmung sowie die Entwicklung neuer Lern- und Therapieformen.

Jan-Christoph Kattenstroth, Dr., Studium der Biologie (Diplom) an der Fakultät für Biologie und Biotechnologie der Ruhr-Universität Bochum mit den Schwerpunkten Humanphysiologie und Neurobiologie. Promotion am Neural Plasticity Lab des Instituts für Neuroinformatik der Ruhr-Universität Bochum. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Sensomotorik des Menschen, Rehabilitation, Alterungsprozesse, Induktion neuroplastischer Prozesse. Seit 2015 Leitung der medizinisch-wissenschaftlichen Abteilung der QUIRIS Healthcare, Gütersloh.

Tobias Kalisch, Dr., studierte Biologie an der Ruhr-Universität Bochum. Sowohl in seiner Diplomarbeit als auch seiner Doktorarbeit befasste er sich mit altersbedingten Veränderungen der menschlichen Sensomotorik und möglichen Interventionen. Seine Forschungsschwerpunkte als Wissenschaftler des Instituts für Neuroinformatik (bis 2008) und des Universitätsklinikums Bergmannsheil (bis 2013) in Bochum lagen in der Wiederherstellung von Handfunktionen nach neurologischen Erkrankungen. An der Hochschule für Gesundheit (bis 2015) evaluierte er die Wirksamkeit eines robotik-gestützten Neuro-Rehabilitationsprogramms.

Martin Tegenthoff, Dr., studierte Medizin und Physik in Münster, Promotion in Medizin. Nach der Facharztanerkennung für Neurologie und Psychiatrie, Spezialisierung in Spezieller Schmerztherapie und Rehabilitationswesen. Habilitation in Neurologie an der Ruhr-Universität Bochum. Aufbau einer interdisziplinären Arbeitsgruppe zur neuronalen/corticalen Plastizität (www.ruhr-uni-bochum.de/neuroplasticity/index.html.de), mit Schwerpunkten im Bereich der klinisch-experimentellen Neurophysiologie und des MR-Neuroimaging. Seit 2010 Ärztlicher Direktor der Neurologischen Universitätsklinik und Poliklinik des BG-Universitätsklinikums Bergmannsheil Bochum.