

# **Es ist nie zu spät: Zur Neurobiologie des Musizierens im Alter.**

**Referent: Prof. Dr. Eckart Altenmüller, Hannover**

Korrespondenzadresse:

Univ. Prof. Dr. med. Eckart Altenmüller

*Institut für Musikphysiologie und Musiker-Medizin, Hochschule für Musik und Theater  
Hannover, Hohenzollernstr. 47, 30161 Hannover.*

*Telephon: 0511 3100 552, Fax: 0511 3100 557,*

*e-mail: [altenmueller@hmt-hannover.de](mailto:altenmueller@hmt-hannover.de)*

## **Ist es nie zu spät? – Eine Einleitung**

Musik machen und Musik hören gehören zu den wichtigsten Freizeitaktivitäten der Deutschen. Etwa sieben Millionen Deutsche musizieren in Ensembles und Chören regelmäßig. Der Umsatz der Deutschen Fonoindustrie lag 2003 trotz der wirtschaftlichen Flaute bei fast 1,7 Milliarden Euro. Musikalische Aktivitäten sind dabei schon lange nicht mehr auf das Kindes- und Jugendalter beschränkt, sondern eine steigende Anzahl von älteren Erwachsenen will erstmals ein Instrument erlernen. Es sind die Angehörigen der Nachkriegsgeneration, die auf Grund der damals schwierigen materiellen Lage trotz ihrer Musikbegeisterung nicht die Möglichkeiten hatten, ein Instrument zu lernen. Nachdem sich diese Generation über Jahrzehnte für Familie und Beruf eingesetzt hat, sind jetzt endlich zeitliche und materielle Ressourcen frei, um das geliebte Hobby in Angriff zu nehmen. Sogleich stellt sich die bange Frage: Ist es für mich zu spät?

Im Folgenden möchte ich zunächst auf der Grundlage hirneurologischer Erkenntnisse argumentieren, dass es nie zu spät ist, und dass sich unser Nervensystem an neue Anforderungen auch im fortgeschrittenen Alter anpasst. Danach gehe ich kurz auf die Auswirkungen des Musizierens auf andere Denkfähigkeiten im Erwachsenenalter ein. Dabei möchte ich aufzeigen, dass es nicht nur nicht zu spät ist, sondern im Gegenteil Musizieren einem kognitiven Abbau entgegen wirkt. Zum Schluss möchte ich einige drängende Forschungsfragen aufwerfen.

## **Musizieren als Gehirnjogging**

Musizieren ist eine der anspruchsvollsten Leistungen des menschlichen Zentralnervensystems. Die koordinierte Aktivierung zahlreicher Muskelgruppen muss mit höchster zeitlicher und räumlicher Präzision und häufig mit sehr hoher Geschwindigkeit geschehen. Dabei unterliegen die Bewegungen einer ständigen Kontrolle durch das Gehör, durch den Gesichtssinn und durch die körpereigenen Wahrnehmung. Die an die Muskulatur vermittelte Kraftdosierung muss bis in die kleinste Nuance genau berechnet werden. Ungeheure Mengen an

eingehenden Informationen von Millionen Sinneszellen der Haut, der Gelenke, der Sehnen, der Muskelspindeln, der Augen und des Gehörs werden ständig ausgewertet und in die Planung der neuen Bewegungen miteinbezogen. Musizieren setzt voraus, dass die Bewegungen laufend neu an das gerade entstandene klangliche Ergebnis angepasst werden. Die rasche Integration der eingehenden Information in den aktuellen Handlungsplan ermöglicht erst die befriedigende Realisierung eines zentralnervös als Klang- und Bewegungsvorstellung repräsentierten musikalischen Bewegungsablaufs. Dabei ist das Ziel des musizierenden Individuums nicht eine mathematisch überpräzise Wiedergabe, sondern ein durch Affekte modulierter „sprechender“ Vortrag, der Gefühle durch emotionale Kommunikation vermitteln kann.

Die neuronalen Grundlagen dieses Vorganges sind bislang erst in Ansätzen verstanden. Unbestritten ist, dass Musizieren nahezu alle Hirnareale beansprucht und diese miteinander vernetzt. Sensomotorische, auditive und visuelle Regionen tragen in Wechselwirkung mit dem die Emotionen verarbeitenden limbischen System zu dieser Leistung bei. Die hierarchisch übergeordneten Zentren des Stirnhirnlappens sind an der Planung und Kontrolle der Bewegungsabläufe, an der Steuerung der Aufmerksamkeit und an der Auswertung des Bewegungserfolges stets beteiligt.

Voraussetzung für die geordnete und fehlerarme Bewältigung derartig vielschichtiger Informationsverarbeitungsprozesse ist ein Lernvorgang, das Üben. Durch Üben werden die sensomotorischen, auditiven und die visuell integrativen Fertigkeiten erworben, die für die Beherrschung eines Instruments oder für das Singen notwendig sind. Gleichzeitig werden Gedächtnissysteme angelegt, strukturell analytische Kenntnisse zur Erfassung eines Musikstücks oder eines Notentextes erlernt und expressives, emotionales Musizieren geübt. Musizieren bedarf dabei des viele Jahre dauernden intensiven Lernens, in der auch der Prozess des Übens selbst ständig reflektiert und optimiert wird. Aber nicht nur der Erwerb, auch die Erhaltung eines hohen spieltechnischen Niveaus über die Jahre der Ausbildung hinaus beruht auf ständigem Üben.

Es ist unbestritten, dass Üben und Musizieren bei Kindern und Jugendlichen die Entwicklung des Gehirns fördert. Musizieren gilt dabei als starker Anreiz für plastische Veränderungen des Zentralnervensystems. Unter dem Begriff der **Neuroplastizität** versteht man die funktionelle und strukturelle Anpassung des Nervensystems an Spezialanforderungen, wie sie das Musizieren mit sich bringt. Plastische Anpassungen treten dann auf, wenn relevante und komplexe Reize über einen längeren Zeitraum meist unter Zeitdruck verarbeitet werden müssen, und wenn der verarbeitende Organismus – in unserem Fall das musizierende Individuum – hoch motiviert ist und unter Umständen sogar Glückshormone ausschüttet. Neuroplastizität kann in allen Zeitbereichen und Lebensaltern beobachtet werden und begleitet kurz- und langfristige Lernvorgänge. Die Mechanismen der Plastizität schließen rasche Veränderungen der Signalübertragung an den Nervenendknöpfchen (Synapsen) im Sekundenbereich ein, äußern sich aber auch im Wachstum von Synapsen und Nervenzellfortsätzen (Dendriten), das Stunden bis Tage dauert. Auch eine verstärkte Bemerkung der Nervenzellfortsätze mit Beschleunigung der neuronalen Signalübertragung findet als Anpassung des Nervensystems statt. Dies benötigt allerdings Wochen bis Monate. Das verringerte (physiologische) Absterben von Nervenzellen, die in die wichtigen Schaltkreise eingebunden sind, ist ein weiterer langfristiger plastischer Anpassungsvorgang des Nervensystems. Begleitet werden all diese Veränderungen von einer vermehrten Bildung von Blutkapillaren, um die aktivierten Nervenzellen mit Sauerstoff zu versorgen. Darüber hinaus bilden sich Stützgewebe, um die Infrastruktur des Nervensystems zu verbessern und um die Bereitstellung von Nährstoffen und den Abtransport von Stoffwechselabbauprodukten zu sichern. Man liegt also nicht falsch, wenn man die Anpassungen des Nervensystems an geistiges Training mit den Anpassungsvorgängen der Muskulatur an körperliches Training vergleicht.

## **Gelten die Gesetze der Neuroplastizität auch für ältere Erwachsene?**

Grundsätzlich sind die oben genannten Anpassungsmechanismen auch bei älteren Menschen anzutreffen, allerdings sind die Vorgänge in der Intensität abgeschwächt und langsamer. Dies ist unter anderem durch die altersabhängig verminderte Aktivität zahlreicher Überträgerstoffe, insbesondere des wichtigen

„Motivationshormones“ Dopamin mit bedingt. Hinzukommt, dass bereits ab dem fünfundzwanzigsten Lebensjahr Alterungsprozesse einsetzen, die allerdings durch das aktive Musizieren verzögert, ja teilweise sogar rückgängig gemacht werden können, wie wir weiter unten sehen werden. Neurophysiologisch und neuropsychologisch ist das Altern derzeit Gegenstand intensiver Forschungen. Dabei tragen folgende Mechanismen zu den typischen Altersveränderungen bei:

- 1.) Neurone und ihre neuronalen Verbindungen verkümmern mit zunehmendem Alter und führen zu Funktionseinbußen.
- 2.) Diese Veränderungen betreffen Wahrnehmung, Gedächtnis, motorische Kontrolle und Affekte. Die Folgen sind nachlassende Wahrnehmungsgenauigkeit, verlangsamte Reaktionsgeschwindigkeit, geringere motorische Geschicklichkeit und nachlassende Freude und Motivation.
- 3.) Der Rückgang der neuronalen Aktivität ist durch die Abnahme der Ausschüttung zahlreicher wichtiger Neuro-Hormone bedingt. Nervenwachstumsfaktoren, Glückshormone, die oben genannten Motivationshormone, aber auch wichtige Stimmung regulierende Hormone wie Serotonin und Noradrenalin werden in verringertem Ausmaß produziert.

Derartige Prozesse führen häufig zu einer ungünstigen Anpassung des Verhaltens, das nach der Art eines Teufelskreises wiederum die Abbauvorgänge beschleunigt. So neigen ältere Menschen dazu, sich zurückzuziehen und ihre Aktivität zu reduzieren, da sie weniger intrinsische Motivation entwickeln. Sie umgehen Situationen, die sie vor Herausforderungen stellen. Der Besuch einer Gesellschaft beispielsweise ist für viele Ältere zunächst vor allem eine Anstrengung. Das nachlassende Gedächtnis erschwert das Erkennen von Bekannten, so dass peinliche Situationen auftreten können. Das ungenauere Gehör macht die Kommunikation im Stimmengewirr einer Partygesellschaft zur Qual. Häufiges Nachfragen wird vermieden, die entstehenden Informationslücken können durch gedankliche Kombinationen oft nicht mehr ausgefüllt werden, da deren Geschwindigkeit nicht ausreicht. Der Gesichtssinn ist ebenfalls eingeschränkt, so dass Details nicht mehr wahrgenommen werden und vertraute Gesichter auf die Entfernung nicht erkannt werden. Man könnte zahlreiche weitere Punkte anführen, die eine derartige Situation zum „Megastress“ werden lassen. Aber der Rückzug in die Einsamkeit wäre genau

die falsche Konsequenz, da dadurch die oben genannten Einbußen sich weiter verstärken würden und Anpassungs- und Kompensationsvorgänge nicht stattfinden können.

Hier kann das aktive Musizieren beitragen, Wahrnehmung, Denken, motorische Fertigkeiten zu üben und positive Emotionen zu erzeugen. Auf diese Weise können neuronale Abbauvorgänge verlangsamt- und sogar wieder rückgängig gemacht werden. Die neurobiologischen Grundlagen derartiger günstiger Auswirkungen einer mit adäquaten Reizen angereicherten Umgebung sind in der Zwischenzeit an Tiermodellen sehr gut untersucht worden. So konnte gezeigt werden, dass ältere Versuchstiere, die aus einer Käfighaltung ohne Spielgeräte und Klettermöglichkeiten in eine „angereicherte Umgebung“ mit zahlreichen Klettermöglichkeiten versetzt werden, eine Zunahme an Synapsendichte, an Nervenzellfortsätzen, an Gehirngewicht und an Nervenwachstumsfaktoren aufweisen (Übersicht bei Godde et al. 2002). **Musizieren ist für den älteren Menschen eine vergleichbare Situation einer „angereicherten Umgebung“** oder – auf neudeutsch - eines „enriched environments“ .

## **Transferleistungen durch Musizieren**

Der Einfluß musikalisch-sensomotorischen Lernens auf die neuronalen Netzwerke wurde an Erwachsenen beim Erlernen des Klavierspiels nachgewiesen (Bangert und Altenmüller 2003). Bereits nach 20 Minuten Klavierüben entsteht bei erwachsenen Anfängern eine funktionelle Kopplung mit gleichzeitiger Aktivierung der Nervenzellverbände in den Hörrinden und in den sensomotorischen Arealen. Nach fünf Wochen Training am Klavier sind diese zunächst nur vorübergehenden Änderungen der neuronalen Vernetzung stabil und es kommt zu einer Zunahme des neuronalen Austausches und der Geschwindigkeit der neuronalen Leitgeschwindigkeit zwischen den Hör- und Bewegungsregionen.

Die bislang wohl aussagekräftigste Studie, in der mit psychologischen Methoden Transferleistungen musikalischer Aktivität auf andere Denkfertigkeiten älterer Menschen untersucht wurde stammt von Bugos und Kollegen (2007). Die Autoren erteilten 16 Senioren im Alter zwischen 60 und 85 Jahren über sechs Monate

Klavierunterricht und verglichen die kognitiven Leistungen mit einer Kontrollgruppe von 15 gleich alten Probanden vor und nach dem sechs Monate anhaltenden Klavierunterricht. Drei Monate nach Abschluss des Trainings wurde eine letzte Testung der kognitiven Fertigkeiten durchgeführt. Die Klaviergruppe hatte nach dem Unterricht eine Verbesserung von Leistungen, die Arbeitsgedächtnis, Planung und Strategiebildungen mit einschlossen. Diese Leistungsverbesserungen waren allerdings eher schwach ausgeprägt und teilweise drei Monate nach Beendigung des Unterrichts nicht mehr nachweisbar. Dennoch ist hier ein erster Nachweis der oben aufgeführten Veränderungen durch „angereicherte Umgebung“ gelungen.

## **Zusammenfassung und Forschungsfragen**

Fasst man die dargestellten Ergebnisse zusammen, so kann man Folgendes feststellen:

- 1.) Auch in höherem Alter passt sich das Nervensystem an die neuen Anforderungen an, die mit dem Erlernen eines Instrumentes einhergehen.
- 2.) Diese Anpassungsvorgänge können dem natürlichen Altern des Nervensystems teilweise entgegenwirken.
- 3.) Musizieren stellt für die Menschen eine Situation der „angereicherten Umgebung“ dar. Mit größter Wahrscheinlichkeit wird man bei Menschen die gleichen Veränderungen finden, die in Untersuchungen an Tieren bewiesen wurden. Eine angereicherte Umgebung führt zu höherer Synapsendichte, zu vermehrtem Wachstum von Nervenzellfortsätzen und zu einem höheren Gehirngewicht.
- 4.) Die Konsequenz daraus ist, dass es nicht nur nie zu spät ist, sondern dass das Erlernen eines Instrumentes auch in höherem Erwachsenenalter sich günstig auf die geistige Leistungsfähigkeit auswirkt!**

Wichtig ist allerdings, dass man hier nicht einem einseitigen Leistungsdenken verfällt. Überzogene Selbstansprüche, zu hohe Erwartungen an das Lerntempo, zu großer Ehrgeiz können rasch zu Entmutigung, zu Frustration und dann zu Depression führen – und letztere geht mit einem Abbau von neuronaler Substanz einher.

Die musikpädagogische und die neuro-musikologische Altersforschung stecken noch in den Kinderschuhen. Folgende drängende Forschungsfragen sollten in Angriff genommen werden:

- Neurobiologische Forschungen sollten sich verstärkt der Aufklärung der Mechanismen der Neuroplastizität im höheren Alter widmen. Hier werden neue Methoden der Hirnvermessung durch kernspintomographische Spezialverfahren einen großen Stellenwert haben.
- Bislang ist noch sehr wenig über die Dynamik der plastischen Anpassungen bei Erwachsenen bekannt. Überhaupt nicht untersucht ist, ob sich plastizitätsbedingte Anpassungen nach Beenden der musikalischen Aktivität wieder zurückbilden.
- Die Bedingungen plastischer Anpassungen im Alter sind nicht geklärt. Welche Rolle spielt sensomotorische Aktivität, welche Motivation, welche positive oder negative Emotion?
- Dringend benötigt werden langfristige – auf 10 bis 15 Jahre angelegte Interventionsstudien an Erwachsenen, in denen die kumulative Übezeit präzise dokumentiert wird.
- Dringend benötigt werden Studien an Erwachsenen, in denen „weiche Kriterien“, Sozialverhalten, emotionale Wahrnehmung, subjektive und objektive Lebensqualität als Zielvariablen integriert werden.
- Dringend benötigt werden Studien, in denen die Möglichkeit, durch Musizieren gesundheitliche Störungen positiv zu beeinflussen gezielt untersucht wird. Eine derartige Studie ist derzeit bei uns an Schlaganfallpatienten in Arbeit (Schneider et al. 2007).

## Weiterführende Literaturhinweise

Bangert M, Altenmüller E. *Mapping Perception to Action in Piano Practice: A longitudinal DC-EEG-study*. BMC Neuroscience 4:26-36 (2003)

Bugos J, Perlstein WM, McCrae CS, Brophy TS, Bedenbaugh P. *Individualized piano instruction enhances executive functioning and working memory in older adults*. Aging & Mental Health: 11: 464-471 (2007).

Godde B, Berkefeld T, David-Jürgens M, Dinse H. *Age-related changes in primary somatosensory cortex of rats: evidence for parallel degenerative and plastic adaptive processes*. Neuroscience and Behavioural Reviews 26: 743-752 (2002)

Schneider S., Schönle P. W., Altenmüller E. & Münte, T. F.. *Using musical instruments to improve motor skill recovery following a stroke*. J Neurol. DOI 10.1007/s00415-006-05232 (2007)

## **Biographische Angaben:**

**Eckart Altenmüller, Univ. Prof. Dr. med.**

Direktor des Institutes für Musikphysiologie und Musiker-Medizin der Hochschule für Musik und Theater Hannover. Medizinstudium in Tübingen, Paris und Freiburg/Breisgau und zeitgleich Musikstudium (Hauptfach Querflöte). Facharzt für Neurologie, Habilitation. Über 200 Arbeiten zum auditiven und sensomotorischen Lernen, zur Störung der Musikverarbeitung nach Schlaganfällen und zur emotionalen Verarbeitung von Musik. Mitglied der Göttinger Akademie der Wissenschaften.