

## ELEKTROMYOGRAPHISCHE MESSUNGEN DER ATMUNG

*Ao.Univ.-Prof. Dr. Matthias A. Bertsch*  
*Universität für Musik und Darstellende Kunst*  
*Email: bertsch@mdw.ac.at Web: www.DrTrumpet.eu*

### ZIEL

Die zentrale Bedeutung der Atmung im Allgemeinen und die besondere Bedeutung in der künstlerischen Gestaltung der Sprech- und Gesangstimme ist a priori gegeben. Die Steuerung der Atmung erfolgt über unwillkürliche aber auch willkürliche Prozesse die nicht nur individuell, sondern auch situativ variabel sind. Unterschiedliche Stoffwechselbedürfnisse oder Stressfaktoren haben Einfluss auf die komplexen Prozesse. Der Fokus dieses Beitrags liegt in der Dokumentation dieser Variabilität mittels Elektromyographie.

### ATEMMUKULATUR

Ausgeführt wird die Atmung über die muskulären Kräfte der Inspirationsmuskeln, insbesondere durch die Senkung des Zwerchfells (Diaphragma), welches welches die Lunge dehnt und somit die elastischen Kräfte der Lunge überwindet. Ferner sind die interkostalen Brustmuskeln, also die inneren und äußeren Zwischenrippenmuskel (M. intercostalis externus) bei der Dehnung des Brustraumes beteiligt. Die elastischen Zugkräfte der Lunge führen zur Ausatmung, welche durch die Kontraktion der Ausatemungsmuskeln unterstützt werden kann. Die inneren schrägen Bauchmuskeln (M. obliquus internus abdominis) beugen den Rumpf, pressen den Bauch zusammen und sind an der expiratorischen Bauchpresse beteiligt. Der gerade Bauchmuskel (M. rectus abdominis) unterstützt die Bauchpresse, zum großen Teil auch der querverlaufende Bauchmuskel (M. transversus abdominis). Hinzu kommen etliche weitere Hilfsmuskeln die zur Ein- bzw. Ausatmung eingesetzt werden. (siehe Abb. rechts unten, Q: Bierbaumer et al.) Neben Varianten der Vollatmung, welche sowohl Bauch als auch Brustatmung einschließen, wird bei der Hochatmung die Atemhilfsmuskulatur, insbesondere die Mm.scaleni, vermehrt aktiviert.

### MESSUNGEN

Für psychophysiologische Messungen der Atemmuster (Atemtiefe, Atemfrequenz, Atemkapazitäten, Gasaustausch, etc ...) sind verschiede-

ne Messgeräte entwickelt worden. Früher wurde als einfache Möglichkeit zur Messung insbesondere nur ein Atemgürtel verwendet, der die Dehnungen des Umfangs leicht dokumentieren kann, welcher jedoch anfällig für verschiedene Artefakte ist. Heute werden meist Gasanalysatoren verwendet, welche vollautomatisch alle Werte der Atemtätigkeit dokumentieren. Aufgrund ihrer Einschränkung der Stimmgebung ist die Methode in der Sprach- und Stimmforschung jedoch nicht geeignet.

Ein weiterer Ansatz zur Dokumentation der Atemtätigkeit liegt in der Verwendung von Oberflächen - Elektromyographie (surface EMG, sEMG), Die Anbringung der Oberflächenelektroden ist non-invasiv, und diese messen das Summen-Aktionspotential eines ganzen Muskels bzw. mehrerer Muskeln. (Nadelelektroden würden spezifischere Aussagen ermöglichen, sind jedoch in der Anwendung nicht risikofrei). Die Aktivierung von Muskeln führt zu Potentialschwankungen der von Motoneuronen innervertierten Muskelfasern, welche mittels Oberflächenelektroden gemessen werden. Die Schwankungen der Muskel-Aktionspotentiale zeigen die Aktivität der ruhenden und der arbeitenden Muskeln. So können Intensität der Beanspruchung als psychophysiologische Messgröße verwendet werden.

Diese seit langem etablierte Methode wird zur Diagnose zahlreicher Körperfunktionen verwendet, und dient auch bei Biofeedback-Messungen als eine Kenngröße von muskulärer Verspannungen, welche u.a. zu biomechanischen Funktionskontrolle oder zur Dokumentation von durch Stressoren ausgelösten erhöhten Muskelaktivierungen genutzt werden.

### METHODE

Der vorliegende Beitrag zeigt die Möglichkeiten auf, welche die elektromyographische Messung (sEMG), in Kombination mit Atemgürteln (RESP), zur Dokumentation der Atemtätigkeit bei Sängern und Sprechern erlaubt. Im Rahmen von Forschungsseminaren an der Musikuniversität Wien, wurden vom Autor verschiedene Versuche mit Sängerinnen und Sängern durchgeführt. Das Hauptaugenmerk lag dabei auf intra-individuellen Unterschieden, d.h. ob bei der gleichen Sängerin Unterschiede zu erfassen sind, wenn die Messung mit oder ohne absichtlich herbei-

geführten Stress vorgenommen wurde. Eine Fragestellung lag auch in der Anzahl der benötigten Sensoren, da z.B. bei den Messungen in H. Zabel's Stimmlabor an der Dresdner Musikhochschule, welcher die Messmethode bei Sängern einführte, bis zu 64 Sensoren benutzt werden. In diesen experimentellen Studien wurden 4 bzw. 6 Elektrodenpaare des Biofeedback-Systems der Fa. Schuhfried verwendet. Das EMG-Bandpassfilter betrug 100 – 200 Hz („fast-twitches“) die Amplitude von 0-250  $\mu$ Volt wurde mit einer Samplingrate von downgesampelten 40 Hz gespeichert. Aufgrund anatomischer Gegebenheiten, kann die Zwerchfellaktivität selbst nicht mittels sEMG erfasst werden. Sehr wohl sind Aktivitäten der Ausatemmuskeln und der Hilfsmuskulatur an der Oberfläche messbar. Betont sei, dass der wissenschaftliche Ansatz nicht als Diagnosemittel zur Beurteilung von Fehlhaltungen oder musikalischer Stilanalyse diente, sondern dass die Messmethode als Beobachtungsmittel zur Eigenwahrnehmung der Sängerin dient. "Sind typische Merkmale der Stressatmung, festzustellen? D.h. eine flache und raschere Atmung, sowie die geringere Kontrolle der Atemstütze. Besonderen Vorteil weist das System in der Echtzeitdarstellung aller Messparameter auf.

### ERGEBNISSE

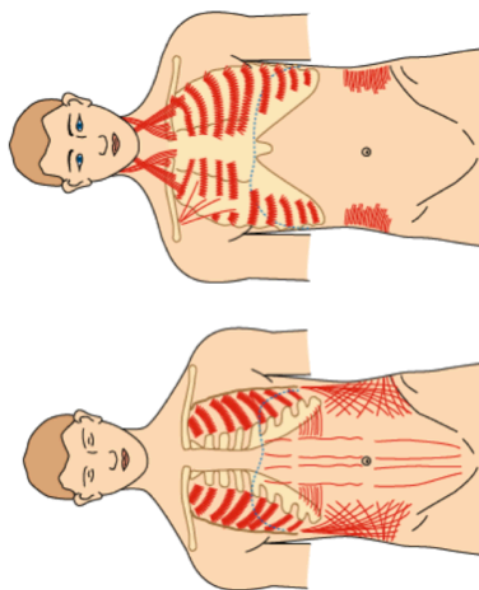
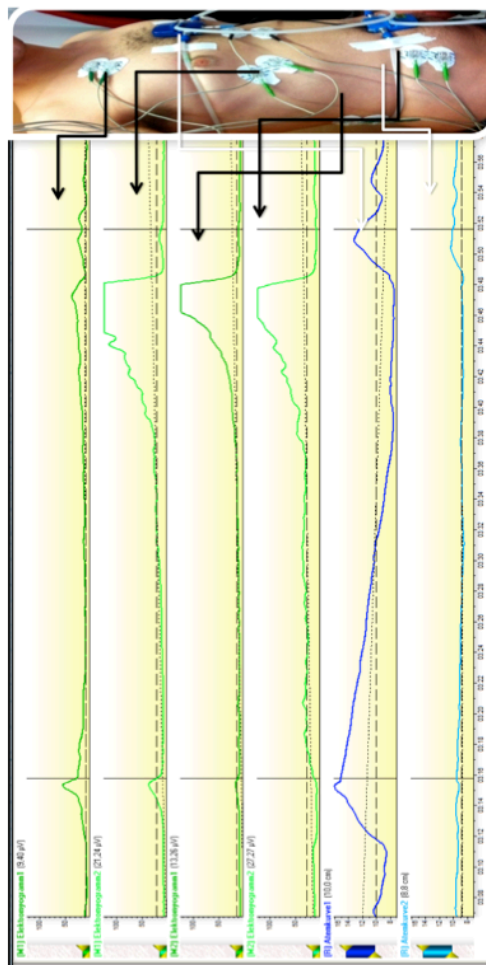
Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass die Atemtätigkeit mithilfe beider Messmethoden (Atemgürtel + EMG) bei Sängern einsetzbar ist, um Aktivierungsmuster zu dokumentieren. Im einfachsten Fall konnte gezeigt werden, dass eine Sängerin unter Stress dazu neigte, die Atmung nach schwierigen Passagen für längere Zeit zu unterbrechen, und die Schultermuskulatur unter Spannung hielt, welches zu vermehrter Erschöpfung bei Konzertsituationen führte.

Sehr gut konnte in mehreren Beispielen gezeigt werden, dass die Stütze, also die muskuläre Gegenspannung bei der Ausatmung, in längeren Passagen zu sehr hoher Bauchmuskulaturaktivierung führt.

Die Messmethode erlaubt auch eine zeitliche Dokumentation des Ablaufs der Atmung, d.h. es ist zu erkennen, wann im Atemverlauf welche Muskelgruppen dominieren, das Verhältnis zwischen Expirations- und Inspirationsdauer, und wann und wie lange Zäsuren gemacht werden.

Zusammenfassend kann aus den vorliegenden exemplarischen Einzelfalldarstellungen gefolgert werden, dass der Einsatz dieser Methode als eine weitere Möglichkeit zur Darstellung der

Atemstruktur geeignet ist, und in Folge eventuell zur objektiven Atemkontrolle oder für weitere Fragestellungen ein brauchbares Hilfsmittel darstellt.



Abbildungen. Unten: Atemhilfsmuskulatur nach Bierbaumer. Mitte: Messdarstellung der 4 EMG Sensoren und beider Atemgürtel. Oben: Das Setup der Atemgürtel und der Oberflächen-Elektroden.