

Ein visuelles Modell der Artikulation

B. J. Kröger

A Visual Model of Articulation

Zusammenfassung

Im klinischen Bereich der Phoniatrie treten zunehmend Sprechstörungen in den Mittelpunkt des Interesses. Bei der Beratung und Behandlung sprechgestörter Patienten fällt auf, dass überwiegend nur wenig konkrete Vorstellungen über Sprechorgane und Artikulationsbewegungen vorliegen. Mittels des hier vorgestellten Computermodells können Sprechorgane und Artikulationsbewegungen beliebiger Äußerungen im Mediosagittalschnitt dargestellt werden. Die Artikulation wird dabei in übersichtlicher Weise auf der Basis von neun grundlegenden Parametern beschrieben. Die Zeitverläufe der Parameterwerte definieren den artikulatorischen Ablaufplan einer Äußerung und geben einen umfassenden Überblick über die räumlich-zeitliche Struktur der zugehörigen Sprechbewegungen. In der Sprechtherapie soll durch den Einsatz des Modells erreicht werden, dass Patienten aufgrund der vermittelten visuellen Information für ihre Sprechwerkzeuge (Artikulationsorgane) – insbesondere für die normalerweise nicht sichtbaren Sprechwerkzeuge (hinterer Zungenbereich, Gaumensegel) – sensibilisiert werden und deren Bewegungsabläufe verstehen lernen.

Schlüsselwörter:

Artikulation · Therapie · Sprechstörungen · Computermodell

Abstract

Speech disorders become more and more important in clinical area of phoniatrics. It is striking during consultation and treatment of patients that there exist only humble concrete notions concerning speech organs and articulatory movements. Using the computational model introduced here speech organs and speech movements of unrestricted utterances can be displayed in the mediosagittal plane. Articulation is described concisely by using nine basic parameters. The time pattern of these parameter-values defines the articulatory motion plan of an utterance and gives a comprehensive overview of the spatio-temporal structure of the appertaining speech movements. The use of the model in speech therapy shall make patients sensitive for the existence of speech articulators – especially for those which are normally not directly visible (back tongue region, soft palate) – and help to understand and memorise the appertaining movement patterns.

Key words

Articulation · speech therapy · speech disorders · computational model

Institutsangaben

Klinik für Phoniatrie, Pädaudiologie und Kommunikationsstörungen, Universitätsklinikum der RWTH Aachen (Direktorin: Frau Univ.-Prof. Dr. med. Ch. Neuschaefer-Rube)

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys. Bernd J. Kröger · Klinik für Phoniatrie, Pädaudiologie und Kommunikationsstörungen, Universitätsklinikum der RWTH Aachen · Pauwelsstraße 30 · 52074 Aachen · E-mail: bkroeger@ukaachen.de

Eingegangen: 2. Oktober 2002 · Angenommen: 12. November 2002

Bibliografie

Laryngo-Rhino-Otol 2003; 82: 402–407 © Georg Thieme Verlag Stuttgart · New York · ISSN 0935-8943

Einleitung

Die Darstellung artikulatorischer Bewegungsabläufe als visuelle sprechtherapeutische Hilfe ist vielfach gefordert und auch bereits mit Erfolg eingesetzt worden [1–3]. Da die direkte Messung der Artikulation (Röntgenverfahren, Magnetresonanztomographie, elektromagnetische Artikulographie, Ultraschall, Elektropalatographie) während des Sprechens nur mit sehr viel Aufwand realisiert werden kann und oft nicht die gewünschte umfassende Information über die Konturen aller Artikulationsorgane liefert [4–6], lag die Idee nahe, ein visuelles Modell der Artikulation als Computerprogramm zum Einsatz in der Sprechtherapie zu realisieren [7,8].

In diesem Beitrag wird ein neu entwickeltes visuelles Modell der Artikulation vorgestellt, das sehr realitätsnah ist, da es in direkter Weise die artikulatorischen Daten eines Sprechers des Standarddeutschen widerspiegelt [9]. Darüber hinaus verfügt dieses Modell über ein umfassendes Konzept zur artikulatorischen Steuerung und zur Modellierung von Koartikulation [10].

Module und Ebenen des Modells

Das Modell umfasst drei Module (Abb. 1). Ein eingegebenes Wort wird zunächst mittels der *Graphem-Allophon-Umsetzung* in phonetische Lautschrift überführt. Das *temporale Artikulationsmodell* generiert hieraus den artikulatorischen Ablaufplan, d. h. den zeitlichen Verlauf aller artikulatorischer Parameter. Mittels des *spatialen Artikulationsmodells* werden hieraus in 40-ms-Abständen (im 25-Hz-Takt) zweidimensionale mediosagittale Schnittbilder, also eine Filmsequenz (Animation) der Sprechbewegungen erzeugt.

Module	Ebenen	Beispiel
	Text (orthografisch)	Muster
Graphem-Allophon-Umsetzung	↓	
	phonetische Lautschrift	[mʊstɐ]
temporales Artikulationsmodell	↓	
	artikulatorischer Ablaufplan	Abb. 3, oben
spatiales Artikulationsmodell	↓	
	Filmsequenz (Animation)	Abb. 3, unten

Abb. 1 Module und Ebenen des Artikulationsmodells. Für jede Ebene wurde zusätzlich ein Wortbeispiel angegeben.

Die artikulatorischen Parameter

Im Unterschied zu einer physiologisch detaillierten Steuerung (z. B. Steuerung einzelner neuromuskulärer Einheiten) werden in unserem Modell übergeordnete funktionale Einheiten, näm-

lich fünf motorisch komplexe *physiologisch-artikulatorische Funktionseinheiten* parametrisiert: die labio-mandibuläre, die linguo-mandibuläre, die apico-linguale, die velopharyngale und die laryngale Funktionseinheit. Darüber hinaus wird in Anlehnung an die Konzepte von Öhman und Browman [11,12] vokalische und konsonantische Artikulation getrennt parametrisiert. Dies führt zu einer Menge von *neun funktionalen artikulatorischen Parametern* (siehe Tab. 1) und liefert die Basis für eine übersichtliche Darstellung der zeitlich-räumlichen Aspekte artikulatorischer Bewegungsmuster. Mittels dieser Parameter kann die gesamte Artikulation eines Sprechers dargestellt werden.

Die Benennung der artikulatorischen Parameter setzt sich aus dem Namen des *Artikulationsorgans* (z. B. Lippen, Zungenrücken, Gaumensegel) und zwei Begriffen zur *Charakterisierung des zu parametrisierenden Bewegungsbereiches* zusammen; z. B. tief – hoch, hinten – vorne, ungerundet – gerundet. Da einige vokalische Parameter auf alle Artikulationsorgane wirken können, wird hier der Name des Artikulationsorgans durch den Begriff „vokalische Gesamtformung“ ersetzt. Jeder Parameter definiert mindestens zwei *artikulatorische Elementarbewegungen*, auch *artikulatorische Basisgesten* genannt. Beispielsweise definiert der Parameter „Gaumensegel: gesenkt – gehoben“ die Basisgesten „Senkung des Gaumensegels“ und „Hebung des Gaumensegels“.

Drei Parameter beschreiben die vokalische Artikulation: „vokalische Gesamtformung: tief – hoch“ (gesprochen: tief bis hoch), „vokalische Gesamtformung: hinten – vorne“ und „Lippen: ungerundet – gerundet“ (VG:th, VG:hv und LI:ug). Sie definieren den gesamten *artikulatorischen Vokalraum*, d. h. die Menge aller ausführbaren vokalischen Artikulationsbewegungen (siehe Eckvokale [i:], [a:] und [u:] in Abb. 2). Diese drei vokalischen Parameter entsprechen den phonetischen Kategorien zur Systematisierung des artikulatorischen Vokalraumes: „tief – hoch“, „hinten – vorne“, „ungerundet – gerundet“ ([13,14]; „tief – hoch“ wird oft auch durch das Wortpaar „offen – geschlossen“ ersetzt). Die mittels dieser Parameter realisierten vokalischen Basisgesten sind in Tab. 1 angegeben. Die in Abb. 2 gezeigten mediosagittalen Schnittbilder wurden anhand der aus Magnetresonanztomographie gewonnenen Konturen der Sprechorgane eines Sprechers für alle Langvokale und ausgewählte Konsonanten des Standarddeutschen erstellt [9,15]. Diese Konturen bilden die Basis für parametrische Interpolation, d. h. für eine lineare Interpolation nach Vorgabe der Werte der oben beschriebenen artikulatorischen Parameter.

Die Parameter der vokalischen Gesamtformung beschreiben in erster Linie die aktuelle Lage und Formung des Zungenrückens, die Öffnungsweite des Mundes und den Rundungsgrad der Lippen. Sie wirken sich aber letztlich auf die Lage und Formung aller Artikulationsorgane aus: Durch die vokalischen Parameter wird somit auch die (vokalische) Lage bzw. Höhe des Kehlkopfes, die (vokalische) Höhe bzw. Neigungswinkel des Unterkiefers und die (vokalische) Positionierung des Gaumensegels definiert (siehe Abb. 2, Reihe 1). Die vokalischen Parameter determinieren somit in kompakter Weise die *absolute* Lage und Formung *aller* Artikulationsorgane bzw. physiologisch-artikulatorischer Funktionseinheiten bei der Vokalproduktion.

Tab. 1 Namen und Kürzel der artikulatorischen Parameter, zugehörige Basisgesten und Laute, an deren Produktion die Basisgesten vornehmlich beteiligt sind. Zu vielen Lauten wurden ergänzend Beispielwörter angegeben. Bei vielen Lauten treten Kombinationen von Basisgesten auf. Diese Laute sind durch Stern gekennzeichnet. Ad 1: zusätzlich Rundung der Lippen; ad 2: zusätzlich vokalische Anhebung der gesamten Zunge; ad 3: der Verschluss des Mundes kann entweder bilabial (Abb. 2d) oder labiodental (Abb. 2e) erfolgen; ad 4: zusätzlich Vorverlagerung der gesamten Zunge; ad 5: zusätzlich Rückverlagerung der Zungenspitze; ad 6: zusätzlich Bildung eines oralen Verschlusses (Verschluss des Mundes, Anhebung des Zungenrückens oder der Zungenspitze). Mediosagittalschnitte der hier angegebenen Laute sind in Abb. 2 zusammengestellt.

Name	Kürzel	Basisgesten	Beispiele
vokalische Gesamtformung: tief – hoch	VG:th	vokalische Anhebung/Absenkung der gesamten Zunge (mit Unterkiefer)	[a] <-> [i] [a] <-> [u] ^{*1}
vokalische Gesamtformung: hinten – vorne	VG:hv	Vorverlagerung/Rückverlagerung der gesamten Zunge	[u] <-> [i] ^{*1}
Lippen: ungerundet – gerundet	LI:ug	Rundung/Spreizung (Nicht Rundung) der Lippen	[i] <-> [y], [a] <-> [u] ^{*2}
Lippen: vokalisch – verschlossen	LI:vv	Schluss/Öffnung des Mundes bei Konsonanten	[b, p, m], [f, v] ^{*3} („Abi, ab, am, auf, wahr“)
Zungenrücken: vokalisch – gehoben	ZR:vg	konsonantische Anhebung/Absenkung des Zungenrückens	[g, k, ŋ, x], [ç] ^{*4} („Egge, Acker, Enge, ach, ich“)
Zungenspitze: vokalisch – gehoben	ZS:vg	Anhebung/Absenkung der Zungenspitze	[d, t, n, l] („da, Hut, an, All“)
Zungenspitze: hinten – vorne	ZS:hv	Vorverlagerung/Rückverlagerung der Zungenspitze (vorne: dental, Mitte: alveolar, hinten: postalveolar)	[s, z], [ʃ, ʒ] ^{*5} („Ass, sah, Asche, Genie“)
Gaumensegel: gesenkt – gehoben	GS:gg	Anhebung/Absenkung des Gaumensegels	Absenkung bei Nasalen [m, n, ŋ] ^{*6} , Anhebung bei Obstruenten (Plosive, Frikative) ^{*6}
Stimmlippen: verschlossen – geöffnet	SL:vg	Stimmlippen fest verschlossen [2], locker verschlossen (Phonation), geöffnet (stimmlose Laute), weit geöffnet (Atemstellung)	[2] („Aa“), stimmhafte Laute, stimmlose Laute, Atemstellung

Alle weiteren artikulatorischen Parameter sind konsonantisch. Auf die vokalische Artikulation aufbauend bewirken diese eine *Änderung* der Lage bzw. Formung *einer* physiologisch-artikulatorischen Funktionseinheit. Die konsonantischen Parameter wirken somit *relativ* – d.h. auf die momentan aktuelle vokalische Gesamtformung aufbauend – und *lokal* – d.h. räumlich begrenzt [6]. Die konsonantische Steuerung geht somit immer von der aktuellen vokalischen Artikulation aus.

Die Parameter für die labio-mandibuläre, die linguo-mandibuläre und die apico-linguale Funktionseinheit heißen „Lippen: vokalisch – verschlossen“, „Zungenrücken: vokalisch – gehoben“ und „Zungenspitze: vokalisch – gehoben“ (LI:vg, ZR:vg und ZS:vg). Der Minimalwert der Skalen dieser Parameter („vokalisch“, d.h. rein vokalische Artikulation) repräsentiert das Fehlen konsonantischer Artikulation, während der Maximalwert („verschlossen“ bzw. „gehoben“) eine starke konsonantische Aktivität repräsentiert. Starke konsonantische Aktivität tritt beispielsweise bei der Verschlussbildung der Plosivlaute [b], [g] und [d] auf (siehe Tab. 1).

Bei Frikativen (Reibelauten) muss die Artikulationsstelle allerdings noch genauer spezifiziert werden. Bei dorsalen Frikativen (konsonantische Anhebung des Zungenrückens; ZR:vg) muss beispielsweise zwischen velar [x] und palatal [ç] unterschieden werden (Abb. 2, Reihe 6). Dies wird durch entsprechende Spezifikation des Parameters der „vokalischen Gesamtformung: hinten – vorne“ realisiert. Es muss kein weiterer konsonantischer Parameter eingeführt werden. Bei apikalen Frikativen (Hebung der Zungenspitze; ZS:vg) muss zwischen alveolar [s] und postalveolar [ʃ] unterschieden werden (Abb. 2, Reihe 5). Dies geschieht

durch entsprechende Spezifikation des Parameters „Zungenspitze: hinten – vorne“ (ZS:hv).

Die Parameter der velopharyngalen und der laryngalen Funktionseinheit „Gaumensegel: gesenkt – gehoben“ und „Stimmlippen: verschlossen – geöffnet“ (GS:gg und SL:vg) können ausgehend von „vokalisch“ jeweils in zwei Richtungen geändert werden. Das Gaumensegel (Parameter GS:gg) wird bei Nasallauten abgesenkt, bei Obstruenten (d.h. bei Plosiv- und Frikativlauten) hingegen muss es über die vokalische Stellung hinausgehend stark angehoben werden, um einen luftdichten Verschluss des Nasaltraktes gegenüber Mund- und Rachenraum zu ermöglichen (Abb. 2, Reihe 3 bis 5).

Die Stimmlippen (Parameter SL:vg) sind bei der Vokalproduktion und bei allen anderen stimmhaften Lauten (z.B. Nasale [m], [n]) locker verschlossen. Dies ermöglicht bei entsprechenden aerodynamischen Voraussetzungen die Stimmlippenschwingung und damit die Phonation. Ausgehend vom lockeren Schluss der Stimmlippen kann die Stimmritze fest verschlossen oder aber geöffnet bzw. auch weit geöffnet werden. Ein fester Verschluss der Stimmritze tritt beispielsweise bei der Produktion des Glottisverschlusslautes [ʔ] (z.B. am vokalischen Wortanfang [2a:]) auf. Eine mittelweite Öffnung der Stimmritze tritt bei der Produktion von stimmlosen Lauten (z.B. stimmlose Frikative [f], [s] und [h], Abb. 2 Reihe 5 und 6), eine weite Öffnung tritt beim Atmen auf.

Um die Benennung der artikulatorischen Parameter so einfach wie möglich zu halten, wurden die konsonantischen Parameter allerdings nicht nach den physiologisch-artikulatorischen Funk-

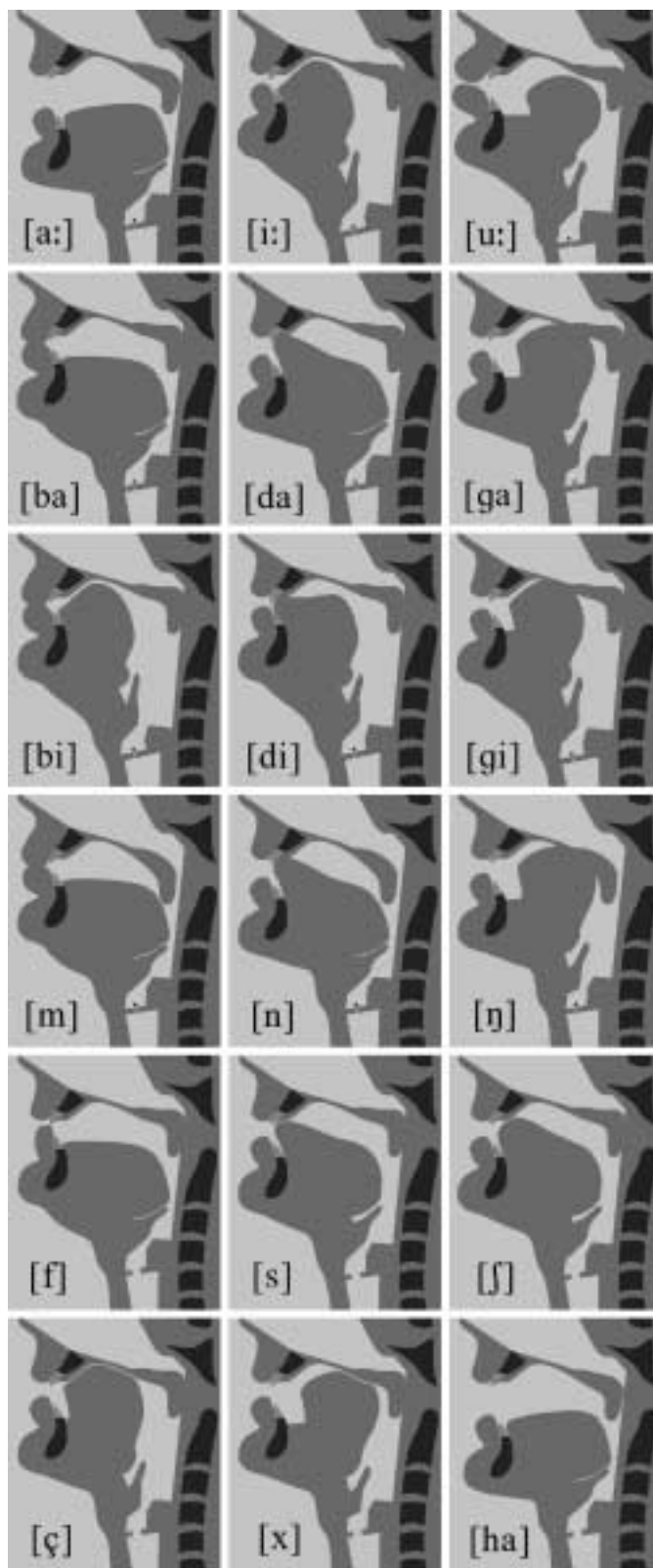


Abb. 2 Mittels des Modells erzeugte mediosagittale Schnittbilder. Reihe 1: Vokale [a:], [i:] und [u:]; Reihe 2: Plosive [b], [d] und [g] im [a]-Kontext ([ba], [da], [ga]); Reihe 3: Plosive im [i]-Kontext ([bi], [di], [gi]); Reihe 4: Nasale [m], [n] und [ŋ] im [a]-Kontext; Reihe 5 und 6: Frikative [f], [s], [ʃ], [ç], [x] und [h] im [a]-Kontext. Der Punkt oberhalb der Stimmritze deutet das Auftreten von Phonationsschall an (nur stimmhafte Laute).

tionseinheiten, sondern nach den von den Parametern primär gesteuerten Artikulatoren (Lippen, Zungenrücken, Zungenspitze, Gaumensegel, Stimmlippen) benannt. Dennoch kontrolliert jeder konsonantische Parameter jeweils eine ganze physiologisch-artikulatorische Funktionseinheit. Der Parameter LI:vv steuert neben den Lippen auch den Unterkiefer: Beim [b] in [ba]-Kontext (Abb. 2, Reihe 2) tritt neben der labialen Verschlussbildung auch eine Anhebung des Unterkiefers gegenüber dem isolierten [a] (Abb. 2, Reihe 1) auf. Der Parameter ZR:vg steuert neben dem Zungenrücken ebenfalls den Unterkiefer: Beim [g] im [ga] tritt neben der lingualen Verschlussbildung ebenfalls eine Anhebung des Unterkiefers gegenüber dem isolierten [a] auf (Abb. 2). Der Parameter ZS:vg steuert neben der Zungenspitze auch den Zungenrücken und den Unterkiefer: Beim [d] in [da] tritt neben der Anhebung der Zungenspitze auch eine Anhebung des Zungenrückens und des Unterkiefers gegenüber dem isolierten [a] auf (Abb. 2). Es muss somit zwischen *primären und sekundären Artikulatoren* einer physiologisch-artikulatorischen Funktionseinheit unterschieden werden. Der primäre Artikulator einer physiologisch-artikulatorischen Funktionseinheit realisiert in direkter Weise die konsonantische Artikulation (Lippen bei der labio-mandibulären, Zungenrücken bei der linguo-mandibulären und Zungenspitze bei der apico-lingualen Funktionseinheit). Alle weiteren (sekundären) Artikulatoren werden wie oben beschrieben koartikulatorisch mitbewegt (räumliche Koartikulation).

Neben den hier beschriebenen neun kontinuierlich spezifizierbaren Parametern treten noch weitere diskret spezifizierbare Parameter zur Unterscheidung der Artikulationsart (insbesondere Plosiv-, Nasal und Frikativlaut) auf. So kann für den Zungenrücken und für die Zungenspitze (linguo-mandibuläre und apico-linguale Funktionseinheit) noch „vollständige Verschlussbildung“ (bei Plosiv- und auch Nasallauten) und „kritische Engebildung“ (bei Frikativlauten) spezifiziert werden. Im Fall der Lippen (labio-mandibuläre Funktionseinheit) entscheidet dies über bilabiale oder labiodentale Artikulation ([b] vs. [f], Abb. 2).

Die Generierung von Sprechbewegungen

Ein wesentliches Merkmal des Modells ist die Erstellung *artikulatorischer Ablaufpläne*. Hier werden für jeden Laut auf der Basis von artikulographischen Messungen die zugehörigen artikulatorischen Zielpunkte und der Zeitverlauf der zu diesen Zielpunkten führenden artikulatorischen Bewegungen festgelegt [10]. Abb. 3 stellt den artikulatorischen Ablaufplan des Wortes „Muster“ dar. Für die vokalischen Parameter treten Transitionen von der Ausgangsstellung der Artikulationsorgane (Zeitpunkt 1) über die Vokale (Vokalmittle 1: Zeitpunkt 4; Vokalmittle 2: Zeitpunkt 8) zurück zur Ausgangsstellung (Zeitpunkt 9) auf. Die konsonantischen Lippen- und Zungenspitzenparameter (LI:vv und ZS:vg) zeigen die Zeitbereiche konsonantischer Aktivität zur Ausbildung eines labialen Verschlusses bei [m] (Zeitpunkt 2 bis 3) und zur Realisierung der apikalen Enge bei [s] (Zeitpunkt 5 bis 6) bzw. des apikalen Verschlusses bei [t] (Zeitpunkt 6 bis 7).

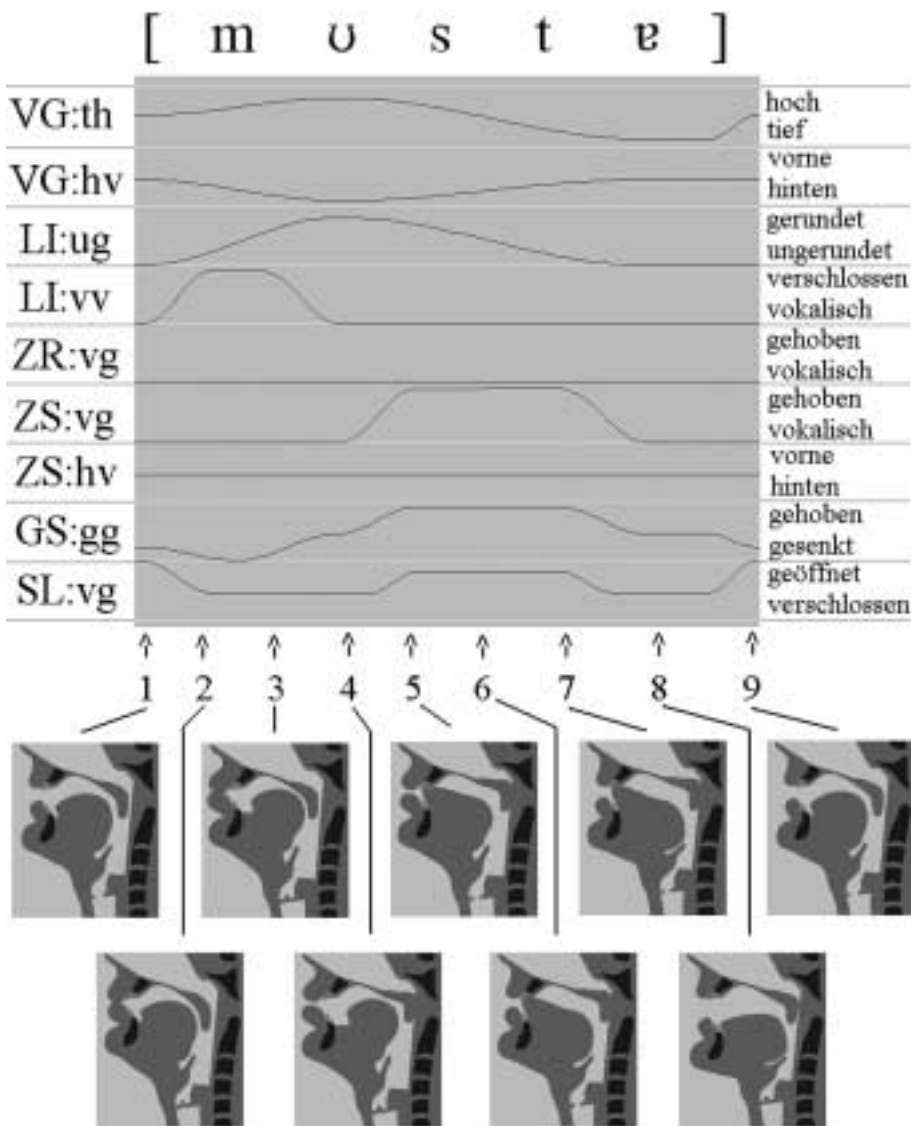


Abb. 3 Artikulatorischer Ablaufplan des Wortes „Muster“. Oben: Phonetische Transkription des Wortes, links: Kürzel der artikulatorischen Parameter, rechts: Spezifikation des Wertebereiches für jeden artikulatorischen Parameter, unten: Kennzeichnung neun ausgewählter Zeitpunkte und zugehörige mediosagittale Schnittbilder.

Bedingt durch die Definition der artikulatorischen Parameter (Tab. 1) wird die konsonantische und vokalische Artikulation auf der Ebene des artikulatorischen Ablaufplans unabhängig voneinander dargestellt. Wir erkennen wie oben beschrieben die Zeitbereiche konsonantischer Aktivität für die Realisierung des [m], [s] und [t] und unabhängig davon die vergleichsweise langsame und monotone Änderung der vokalischen Parameter. Somit wird bereits während der Produktion eines Konsonanten der jeweils nachfolgende Vokal artikulatorisch vorbereitet (zeitliche Koartikulation bzw. Vokal-Konsonant-Koartikulation). Die mediosagittalen Schnittbilder des [m] (Abb. 3, Zeitpunkt 2 bis 3) zeigen zunehmende Lippenrundung und zunehmende Hebung des Zungenrückens nach hinten – also die Vorbereitung des nachfolgenden Vokals (Zeitpunkt 4) während des [m]. Die mediosagittalen Schnittbilder des [s] und [t] (Abb. 3, Zeitpunkt 5 bis 7) zeigen entsprechend eine abnehmende Lippenrundung und Absenkung des Zungenrückens – also die Vorbereitung des nachfolgenden Vokals (Zeitpunkt 8) während des [s] und [t]. Der Effekt der Vokal-Konsonant-Artikulation kann noch deutlicher anhand des Vergleiches der Realisierung des [b], [d] und [g] im [a]- bzw. im [i]-Kontext erkannt werden (Abb. 2, Reihe 2 und 3). Bei der Realisierung des [b] und [d] entspricht die Lage und Formung des

Zungenrückens bereits weitgehend der des entsprechenden Vokals. Beim [g] ist dieser Effekt nicht so deutlich, da hier der Zungenrücken selbst auch der primäre konsonantische Artikulator ist.

Diskussion und Ausblick

Mittels des hier vorgestellten visuellen Modells der Artikulation können artikulatorische Ablaufpläne und nachfolgend eine Filmsequenz (Animation) der Sprechbewegungen für beliebige Wörter (bzw. beliebige kurze Sätze) generiert werden. Es werden neun funktionale artikulatorische Parameter für die vokalische bzw. konsonantische Artikulation für fünf physiologisch-artikulatorische Funktionseinheiten definiert. Die Zeitverläufe dieser Parameter (artikulatorische Ablaufpläne) ermöglichen eine anschauliche Darstellung komplexer artikulatorischer Zusammenhänge. Die große Realitätsnähe des Modells resultiert aus der Basierung des Modells auf artikulatorische Messdaten (MRT-Daten, Articulographiedaten [10]). Darüber hinaus verfügt das Modell über ein detailliertes Konzept zur artikulatorischen Steuerung und zur Realisierung von Koartikulation.

Im Mittelpunkt weiterer Arbeiten soll der Einsatz dieses Modells bzw. des zugehörigen Computerprogramms in der Therapie von Sprechstörungen stehen. Die meisten Studien zum Einsatz von Computerprogrammen in der Therapie kommen zu dem Schluss, dass Computerprogramme zwar nicht als Alternative zu traditionellen Therapieverfahren gesehen werden sollten, bei sinnvoller Einbindung in ein umfassendes Therapiekonzept aber durchaus gewinnbringend sein können [16–20]. Insbesondere ist der Erfolg des Einsatzes von Computerprogrammen aber immer stark von der Einstellung des Patienten gegenüber diesem Therapiehilfsmittel abhängig.

Der Einsatz unseres visuellen Modells der Artikulation scheint insbesondere bei solchen Patienten erfolgversprechend zu sein, die nicht in der Lage sind, artikulatorische Basisgesten korrekt auszuführen (Dyslalien, Dysarthrien) oder die Probleme bei der Koordination des zeitlichen Ablaufes mehrerer Sprechgesten zeigen (Sprechapraxien). In jedem Fall sollte der Patient aber in der Lage sein, das dargebotene mediosagittale Schnittbild interpretieren zu können. Die zunehmende Vertrautheit des Patienten mit den mediosagittalen Schnittbildern kann bereits als Therapieerfolg gewertet werden, da es zu einer Sensibilisierung des Patienten für seine Sprechwerkzeuge (Artikulationsorgane) und deren Bewegungsmuster führt. Pilotstudien zum Einsatz des visuellen Modells der Artikulation in der Therapie von Sprechstörungen werden zur Zeit an unserer Klinik durchgeführt.

Literatur

- ¹ Scholz W, Riek C. UK-Dynamo. Ein Erfahrungsbericht. *IPKöln-Berichte* (Köln: Institut für Phonetik der Universität zu Köln) 1989; 15: 33–44
- ² Schwarz B. Phonetische Beschreibung ausgewählter Sprachstörungen von Kindern und Therapiemöglichkeiten mit einer Computerartikulationshilfe (Dynamo). *IPKöln-Berichte* (Institut für Phonetik der Universität zu Köln) 1990; 17: 5–165
- ³ Springer L. Erklärungsansätze und Behandlung sprechapraktischer Störungen. *Forum Logopädie* 1995; 3: 3–7
- ⁴ Ball MJ, Code C. *Instrumental clinical phonetics*. London: Whurr Publishers, 1997
- ⁵ McNeil M. *Clinical management of sensorimotor speech disorders*. New York, Stuttgart: Thieme, 1997
- ⁶ Hardcastle WJ, Hewlett N. *Coarticulation: theory, data and techniques*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999
- ⁷ Heike G, Philipp J, Hilger S. Computergrafikdarstellung von Artikulationsbewegungen zur Unterstützung des Artikulationstrainings. *Sprache – Stimme – Gehör* 1986; 10: 4–6
- ⁸ Heike G. UK-Dynamo. Ein Computerprogramm für den Ausspracheunterricht. *IPKöln-Berichte* (Köln: Institut für Phonetik der Universität zu Köln) 1989; 15: 9–21
- ⁹ Kröger BJ, Winkler R, Mooshammer C, Pompino-Marschall B. Estimation of vocal tract area function from magnetic resonance imaging: Preliminary results. *Proceedings of 5th Seminar on Speech Production: Models and Data* Kloster Seeon, Bavaria: 2000: 333–336
- ¹⁰ Kröger BJ. Ein phonetisches Modell der Sprachproduktion. Tübingen: Niemeyer, 1998
- ¹¹ Öhman SEG. Numerical model of coarticulation. *Journal of the Acoustical Society of America* 1967; 41: 310–320
- ¹² Browman CP. Consonants and vowels: Overlapping gestural organization. *Proceedings of the 12th International Congress of Phonetic Sciences* 1991; 1: 379–383
- ¹³ International Phonetic Association. *Handbook of the International Phonetic Association: A guide to the use of the International Phonetic Alphabet*. Cambridge: Cambridge University Press, 1999
- ¹⁴ Grassegger H. *Phonetik – Phonologie*. Idstein: Schulz-Kirchner Verlag, 2001
- ¹⁵ Kröger BJ. Analyse von MRT-Daten zur Entwicklung eines vokalischen Artikulationsmodells auf der Ebene der Areafunktion. In: Fellbaum K (Hrsg). *Elektronische Sprachsignalverarbeitung*. Studentexte zur Sprachkommunikation. Dresden: W.e.b.-Universitätsverlag, 2000; 20: 201–208
- ¹⁶ Ruoss M, Drautzburg M. Sprechtraining mit „visible speech“: Entwicklung und Evaluierung eines neuen Systems. *Folia Phoniatria* 1990; 42: 184–200
- ¹⁷ Weniger D, Weber S. Computergestützte Therapieverfahren in der Logopädie: Mehr als nur ein modischer Trend? *Sprache – Stimme – Gehör* 1992; 16: 11–16
- ¹⁸ Neuschaefer-Rube C, Angerstein W, Klajman S. Einsatzmöglichkeiten des „SpeechViever II“ zum Stimmtraining bei Stimmlippenpareesen. *Laryngo-Rhino-Otol* 1994; 73: 492–495
- ¹⁹ Vicsi K, Hacki T. „CoKo“ – Computergestützter Sprechkorrektor mit audiovisueller Selbstkontrolle für artikulationsgestörte und hörbehinderte Kinder. *Sprache – Stimme – Gehör* 1996; 20: 141–145
- ²⁰ Harnischmacher C. Eine Evaluationsstudie zur auditiven Wahrnehmungsförderung durch computergestützte Lernsituation bei sprachbeeinträchtigten Kindern. *Die Sprachheilarbeit* 2001; 46: 164–169