

Experimente mit einem historischen Kehlkopf-Modell nach Gutzmann

Rüdiger Hoffmann, Dieter Mehnert

TU Dresden, Institut für Akustik und Sprachkommunikation, 01062 Dresden,

E-Mail: ruediger.hoffmann@tu-dresden.de, di.mehnert@freenet.de

Einleitung

In der Experimentalphonetik hat die Erforschung der Stimmbildung durch die Stimmlippen stets eine große Rolle gespielt. So entstanden verschiedene mechanische Kehlkopfmodelle, bei denen gespannte Gummimembranen durch einen Luftstrom zum Schwingen gebracht wurden. Die historische akustisch-phonetische Sammlung (HAPS) der TU Dresden besitzt mehrere dieser Modelle, von denen das Modell nach Gutzmann aus dem Jahre 1910 besonders attraktiv ist. Es zeichnet sich dadurch aus, dass das Ende eines Gummischlauches, das die Stimmritze bildet, während des Experiments durch variable Gewichte unterschiedlich gespannt werden kann und dadurch eine Variation des entstehenden Anregungssignals möglich ist. Der supraglottale und orale Raum wird durch ein knieförmiges Holzrohr mit anschließendem Trichter gebildet. Das historische Modell wurde durch Erneuerung der Gummiteile wieder funktionsfähig gemacht. Messungen zeigen den Einfluss der mechanischen Spannung der Nachbildung der Stimmritze sowie der unterschiedlichen Öffnungsgrade des Ansatzrohres.

Modelle der Spracherzeugung

Der Ablauf der Stimmerzeugung ist bekanntlich sehr kompliziert. Deshalb wurden seit der Frühzeit der Experimentalphonetik die verschiedensten Möglichkeiten genutzt, durch Bilder und Modelle die Spracherzeugung für die Zwecke der Lehre im weitesten Sinne zu veranschaulichen. Ihre Entwicklung kann anhand der Exponate in der HAPS nachverfolgt werden [1]. Im einfachsten Falle wurden sogenannte Lauttafeln verwendet, die geeignete Abbildungen der Artikulationsorgane zeigen. Anspruchsvoller sind dreidimensionale Modelle des Artikulationstraktes, bei denen durch einen Baukasten sogar eine Konfigurierung für die Bildung bestimmter Laute möglich ist.

Der Nachteil ist, dass diese Modelle statisch sind. Man hat sich deshalb bemüht, die Abläufe dynamisch darzustellen, und hat originelle Lösungen gefunden („Daumenkino“, stroboskopische „Wundertrommel“ usw.), die allerdings aufgrund des großen Aufwandes nur Einzelphänomene zeigen.

Eine besondere Stellung nehmen Modelle ein, die eine unmittelbare Nachbildung des Sprechvorganges beabsichtigen und damit auch als frühe Beiträge zur artikulatorischen Sprachsynthese angesehen werden können. Es handelt sich um Quelle-Filter-Modelle, also Kombinationen aus Modellen des Kehlkopfes und des Artikulationstraktes. Dabei bildet das Modell nach Gutzmann aus dem Jahre 1910, das 2005 mit der Sammlung des ehemaligen Phonetischen Instituts der Universität Hamburg nach Dresden gekommen ist, einen wichtigen Meilenstein.



Abbildung 1: Kehlkopf-Modell mit Ansatzrohr nach Gutzmann (J. Ganske, Berlin 1910). HAPS Dresden, Foto: Dr. Rolf Dietzel.

Das Modell nach Gutzmann

Das Modell, das in einem Katalog des Herstellers aufgeführt ist [2] und als „Popularisierung des Müllerschen Versuchs“ charakterisiert wurde, ist in Abbildung 1 gezeigt. Der Luftstrom zur Anregung der Schwingungen tritt durch den unteren hölzernen Anschlussstutzen ein und strömt durch einen Spalt, der dadurch zustande kommt, dass das obere Ende eines weiten Schlauches aus weichem Gummi in einer Richtung so gespannt wird, dass ein schmaler Spalt entsteht. Die rechte Seite des dabei entstehenden dachförmigen Spaltes ist an der Innenseite des zylindrischen Kehlkopf-Modells befestigt. Die andere Seite lässt sich mit einem Faden, an dem Gewichte angehängt werden können, mehr oder weniger spannen.

Der supraglottale und orale Raum wird im Modell durch das knieförmige Holzrohr mit dem anschließenden Trichter nachgebildet. Die Trichteröffnung lässt sich mit austauschbaren Lochscheiben verkleinern und damit die unterschiedlichen Mundöffnungen bei der Vokalartikulation nachbilden.



Abbildung 2: Vergleich der Spektren des Anregungssignals (blau, ohne aufgesetzten Vokaltrakt) und des Signals, das mit Vokaltrakt und mittlerer Lochscheibe (rot) gewonnen wird.

Experimente

Um das Modell wieder einsetzbar zu machen, musste das schlauchförmige Gummitteil, das die Stimmlippen nachbildet, erneuert werden. Das Material eines Fahrradschlauches erwies sich als geeignet, jedoch musste das Spannungsgewicht im Vergleich zu den in Abbildung 1 gezeigten Originalen deutlich vergrößert werden.

Es erwies sich am einfachsten, das Modell mit dem Mund über einen Schlauch anzublasen. Die entstehenden Laute wurden für die im Kopf der Tabelle 1 ersichtlichen Fälle aufgezeichnet.

Das Kehlkopfmodell selbst (ohne das aufgesetzte Ansatzrohr) lieferte ein Anregungssignal mit einem Spektrum, dessen schnell abfallende Harmonischenstruktur aus Spalte 2 der Tabelle 1 hervorgeht. Ausgewertet wurden weiterhin die Spektren, die mit Ansatzrohr, ohne und mit Einbeziehung der bereits erwähnten Lochscheiben, entstanden. Nach einer Normierung der Aussteuerung der Signale auf ± 6 dB wurde jedes der Spektren mit dem Spektrum des Anregungssignals verglichen, wie es Abbildung 2 für den Fall der mittleren Scheibe zeigt. Die Vergleichsdaten sind ebenfalls in Tabelle 1 enthalten und können wie folgt interpretiert werden:

- Das Aufsetzen des Ansatzrohres ohne Lochscheibe verändert die Struktur des Spektrums nur wenig.
- Auch das Hinzufügen der Lochscheibe mit der großen Öffnung hat keinen nennenswerten Einfluss.
- Die Lochscheibe mit der mittleren Öffnung verändert das Spektrum signifikant, auch wenn sich der subjektive Höreindruck nur wenig verändert.
- Die Lochscheibe mit der kleinen Öffnung führt dazu, dass sich das Spektrum des abgestrahlten Signals dem des Anregungssignals wieder stärker angleicht.

Da die Grundfrequenz der entstehenden Schwingung mit etwa 560 Hz in einem für die Spracherzeugung untypischen Bereich lag, wurde versucht, durch eine Verbreiterung der Stimmlippen-Nachbildung niedrigere Frequenzen zu erhalten. Es gelang jedoch nur eine Verringerung auf etwa 470 Hz, die die Aussagekraft der Spektren nicht verbesserte.

Tabelle 1: Harmonischenstruktur der Spektren für verschiedene Konfigurationen des Modells. Angaben in dB.

Harmonische	ohne Ansatzrohr	mit Ansatzrohr (Vergleichswerte zu Spalte 2)			
		keine Scheibe	mit Scheibe; Öffnung:		
			groß	mittel	klein
1.	0	+8	+10	+8	+8
2.	-16	-9	-10	-10	0
3.	-12	-6	-5	-16	-8
4.	-32	-8	-3	-25	-10
5.	-34	-1	-2	-24	-12
6.	-31	-6	-2	-20	-4
7.	-29	-7	-3	-33	-13
8.	-30	-9	-12	-30	-4
9.	-41	-9	-15	-24	-18
10.	-40	-12	-17	-24	-18

Schlussbemerkung

Die Betrachtung des Modells nach Gutzmann bildet einen interessanten Schnappschuss in einer längeren Entwicklungsreihe. Dass das Modell in mehrerer Hinsicht verbesserungswürdig ist, ist offensichtlich. Im Bereich der Modellierung des Kehlkopfes wurde der bedeutendste Fortschritt durch eine dreidimensionale Nachbildung der Stimmlippen in den sog. Polsterpfeifen von Wethlo erreicht. Dieses Modell hat zwar auch eine unnatürlich hohe Grundfrequenz, liefert aber ein deutlich breitbandigeres Anregungssignal [3].

Fortschritte bei der Modellierung des Traktes wurden durch Rohrmodelle mit abschnittsweise konstanten Querschnitten erreicht. Eine solche Struktur ist bei Gutzmann noch nicht vorhanden. Dagegen konnte man nach [2] den Artikulationstrakt mit einem Deckel verschließen und stattdessen einen „Nasenverschluss“ öffnen. Diese Zusatzteile sind jedoch in der Sammlung nicht (mehr) vorhanden; die Öffnung für den Nasaltrakt ist bei unserem Exemplar schon in alter Zeit verklebt worden.

Danksagung

Für engagierte Mitwirkung bei der Durchführung der Experimente danken wir Herrn Dipl.-Ing. Steffen Kürbis.

Literatur

- [1] Mehnert, D.: Historische phonetische Geräte. Katalog der historischen akustisch-phonetischen Sammlung (HAPS) der TU Dresden, 1. Teil. Dresden: TUDpress 2012 (Studientexte zur Sprachkommunikation, Bd. 62).
- [2] Ganske, J.: Illustriertes Verzeichnis von Apparaturen für die experimentelle Phonetik. Verlagsdruckerei Zehlendorf bei Berlin, 1918, S. 11.
- [3] Hoffmann, R.; Mehnert, D.; Dietzel, R.; Kordon, U.: Acoustic experiments with Wethlo's larynx model. Grazer Linguistische Studien 62 (2004), S. 51 - 60.