

Kommunikationsstörungen -
Berichte aus Phoniatrie und Pädaudiologie

Band 20

Anxiong Yang

**Analysis and Modeling of Vocal Fold
3D-Dynamics during Human Phonation**

D 29 (Diss. Universität Erlangen-Nürnberg)

Shaker Verlag
Aachen 2011

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 2011

Copyright Shaker Verlag 2011

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9934-7

ISSN 1436-1175

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Zusammenfassung

Die menschliche Stimme ist das Trägersignal der lautsprachlichen Kommunikation. Es entsteht primär durch symmetrische Schwingungen der Stimmlippen im Kehlkopf während der Phonation. Bei gewissen Pathologien wie der funktionellen Dysphonie tritt keine sichtbare morphologische Veränderung der Stimmlippen auf, sondern eine lateral asymmetrische oder auch irreguläre Bewegung. Mittels einer konventionellen endoskopischen Hochgeschwindigkeitskamera werden die Stimmlippenschwingungen bislang in einer 2D Horizontalebene aufgezeichnet. In bisherigen Untersuchungen wurde die Bewegung meist durch Zwei- oder Mehr-Massen-Modelle nachgebildet, die lediglich laterale Auslenkungen bzw. die 2D Glottisfläche berücksichtigten. Dies beschreibt die physiologischen Vorgänge jedoch nur unvollständig.

In aktuellen *in vitro* Studien zeigte sich, dass während der Phonation zusätzliche nicht zu vernachlässigende vertikale Bewegungskomponenten (d.h. Randkantenverschiebung) der Stimmlippen auftreten. Die gesamten 3D Stimmlippenbewegungen lassen sich bisher in vivo am Patienten nicht messen, da das Endoskop nur die laterale Projektion des Kehlkopfes aufzeichnet.

In der vorliegenden Arbeit wird ein biomechanisches 3D-Mehr-Massen-Modell mit zugehöriger Optimierungsprozedur entwickelt, mit der sich realistische Stimmlippenbewegungen in 3D nachbilden lassen. Die physikalischen Parameter wie Massen, Steifigkeit und Volumendurchfluss werden durch die modellbasierte Analyse nach Anpassung an die experimentelle Bewegung bestimmt. Diese Parameter sind nicht direkt während der Phonation messbar. Mithilfe der errechneten Parameter ist die objektive Quantifizierung der Bewegungen möglich. Durch die Nichtkonvexität der Zielfunktion und der fehlenden stetigen Differenzierbarkeit des vorhandenen gewöhnlichen Differentialgleichungssystems werden ableitungsfreie globale und lokale Optimierungsverfahren miteinander kombiniert. Die Optimierungsstrategie beinhaltet eine stufenweise Verfeinerung, bei der sukzessive immer mehr Einzelmassen berücksichtigt werden. Die Funktionalität der Optimierungsprozedur wird mit synthetisch erzeugten symmetrischen Datensätzen bei verschiedenen Glottisschlusstypen gezeigt. Die Methode wird weiterhin auf verschiedene *in vitro* experimentelle Hemilarynxdaten angewandt. Es werden biomechanische Parameter extrahiert und analysiert, um die physiologisch interpretierbaren Eigenschaften der Stimmlippenbewegungen in 3D widerzuspiegeln. Dies liefert auch erste Erkenntnisse über die Verteilung von Gewebesteifigkeiten während der Phonation.