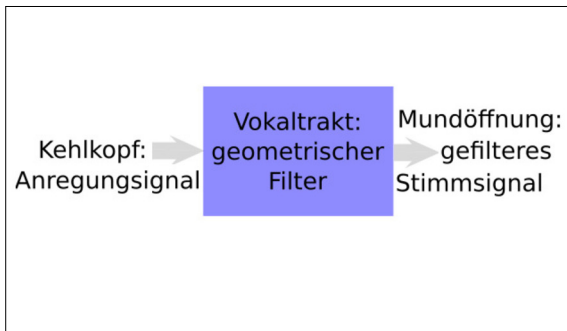
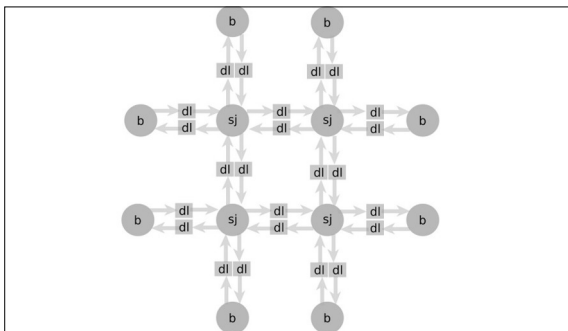


Studentin	Isabelle Kernhof
Examinator	Prof. Dr. Guido Schuster
Themengebiet	Sensor, Actuator and Communication Systems

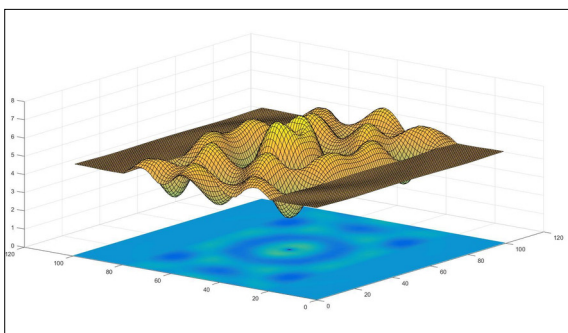
## Entwicklung und Evaluation einer digitalen Filterungsmethode, basierend auf der physikalischen Modellierung der menschlichen Stimmerzeugung.



Blockdiagramm des abstrahierten Systems 'menschlicher Stimmapparat'.



Schematische Darstellung einer 2-D Waveguide Mesh Struktur. (dl=delayline, sj=scatering junction, b=boundary)



2-D Waveguide Mesh Simulation mit MATLAB;(Sinus 1kHz); x- und y-Achse: Mesh Elemente; z-Achse: Amplitude der Druckwelle.

**Einleitung:** In dieser Arbeit wird ein erster Entwurf eines anpassungsfähigen digitalen Filters vorgestellt, welcher auf der geometrischen Abbildung des menschlichen Vokaltraktes basiert. Ausgangspunkt dieser Modellierung ist die Idee, das physikalische System des menschlichen Stimmapparates digital zu abstrahieren. Unter Verwendung der Methode der digitalen Waveguides, einem Verfahren zur Simulation der Wellenausbreitung in einem akustischen Raum, werden 1-D sowie 2-D Prototypen dieses Filterverfahrens vorgestellt. Zur Anregung dieses Filters wird ein spezieller Kehlkopf-Oszillator erstellt.

**Vorgehen / Technologien:** Um das System des menschlichen Stimmapparates abbilden zu können wird zuerst dessen Funktionsweise analysiert und beschrieben – von der Generierung des Luftstromes bis hin zur Klangformung im Vokaltrakt. Im nächsten Schritt wird diese Funktionsweise abstrahiert und in die digitale Domäne übersetzt. Um die Ausbreitung von Schall im menschlichen Stimmapparat zu simulieren werden zunächst 1-D Modelle mit der Waveguide Methode entwickelt. Diese Methode wurde in jüngsten Forschungsarbeiten zum Thema der Stimmsynthese basierend auf der physikalischen Modellierung verwendet und lässt sich aufgrund ihrer diskreten Formulierung direkt numerisch implementieren. Die Ergebnisse der numerischen Simulationen werden mit analytischen Lösungsansätzen der Wellengleichung verglichen und bestätigen die Nützlichkeit der Methode. Eine kritische Analyse der Methode und ihre Formulierung im Kontext mit den analytischen Lösungen, sowie die notwendigen Annahmen der Formulierung werden diskutiert und evaluiert. Basierend auf diesen Analysen werden zwei 1-D Modelle der Geometrie des Vokaltraktes erstellt und evaluiert. Anschließend werden die Modelle mit Aufnahmen menschlicher Stimmsignale verglichen. Eine Verknüpfung der 1-D Waveguides zu einer Mesh-Struktur ermöglicht die Abbildung eines 2-D Raumes. Eine eingehende Validierung der Simulationen für die Ausbreitung in einem homogenen Raum bestätigen die Übertragbarkeit der Waveguides in höhere Dimensionen. Bei der Simulation von inhomogenen Media der 2-D Modelle kommt es jedoch zu unerwünschten Nebeneffekten. Ein Grund hierfür könnte ein Verstoß gegen die der Theorie zugrundeliegende Annahme sein, dass das System für einen Zeitpunkt  $t > 0$  nicht angeregt werden darf. Um eine gültige Wellenausbreitung im 2-D Raum zu realisieren, muss die Theorie dieser Methode angepasst und ergänzt werden.

**Fazit:** Als Ergebnis dieser Arbeit werden, basierend auf der 1-D und 2-D Umsetzung der digitalen Waveguides, mehrere vom Benutzer anpassbare MATLAB-Programme vorgestellt, mit der eine Anzahl an Gesangstönen nachempfunden werden kann. Die Manipulation der Geometrie des Vokaltraktes, sowie variable Anregungssignale erlauben dem Benutzer eine interaktive Erfahrung dieser ersten Version des anpassungsfähigen digitalen Filters, basierend auf dem System des menschlichen Stimmapparates. Aufbauend auf diese Arbeit ist in Zukunft die Entwicklung eines mehrdimensionalen Modells des Vokaltraktes in Echtzeit denkbar. Hierfür ist jedoch zuerst eine Erweiterung der Theorie hin zu beliebigen Anregungssignalen notwendig. Des Weiteren ist es denkbar, dass zusätzliche Rahmenbedingungen eingeführt werden müssen, um die Stabilität der Simulationen zu gewährleisten.