

Modellierung und Validierung eines piezoelektrischen Ultraschall-Transducers

Studiengang: BSc in Mikro- und Medizintechnik | Vertiefung: Sensorik
Betreuer*innen: Prof. Dr. André Lisibach, Prof. Dr. Andreas Stahel
Expert: Prof. Dr. Jürgen Burger
Industriepartner: Colorado State University, Fort Collins

Die Ultraschallcomputertomographie mit Tonpilz-Transducer ist eine neue Methode, um tomographische Bilder zu erzeugen. Zu diesem Ziel hat die Colorado State University Tonpilz-Transducer entwickelt und zusammengebaut. Diese werden mittels Finite-Elemente-Methoden simuliert und optimiert. Das FEM-Modell wird mit Messungen an einem Laserdopplervibrometer validiert.

Ausgangslage

An der Colorado State University werden piezoelektrische Tonpilz-Transducer entwickelt und getestet, um niederfrequente Ultraschallcomputertomographie (USCT) der Lungen zu betreiben. Diese Transducer sollen dazu dienen, Patienten mit einer chronisch obstruktiven Lungenerkrankung zu untersuchen. Neue Forschung hat gezeigt, dass mit Ultraschall, im Bereich zwischen 10kHz und 750kHz, Anomalien in den Lungen erkannt werden könnten. USCT wird eine neue nicht-ionisierende bildgebende Methode anbieten, um in Echtzeit und mit inhaltsreichen Bildern die Lunge zu untersuchen.

Ziel

Im Rahmen der Bachelorarbeit werden die Transducer mithilfe von FEM-Software modelliert. Das Modell wird dabei so weit vereinfacht, dass der Rechenaufwand minimal gehalten werden kann und dabei trotzdem die wichtigen Eigenschaften erhalten bleiben. Mit einem Laserdopplervibrometer werden Messungen durchgeführt, um die Transducer zu testen. Mit diesen Messungen wird die Simulation validiert. Stimmen die Messungen mit dem FEM-Modell überein, wird dieses verwendet, um komplexere Anordnungen von Transducern zu simulieren.

Vorgehen

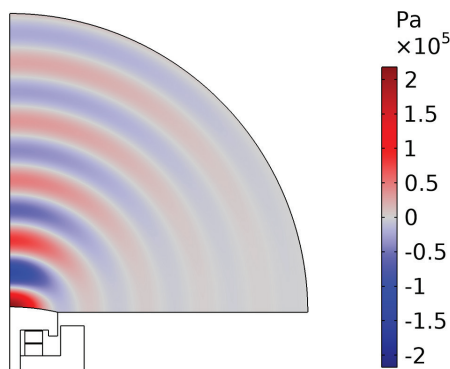
Zuerst wurden die physikalisch-mathematischen Grundlagen des Transducers erarbeitet, um die verschiedenen Parameter und Charakteristiken zu identifizieren. Der Transducer wurde 2D-achsensymmetrisch mit COMSOL Multiphysics modelliert. Geeignete Ausgangsgrößen wurden festgelegt und ausgewertet, um sie mit den Messungen zu vergleichen. Es wurden verschiedene Modelle aufgebaut, um zu erarbeiten, wie sich die Resonanzfrequenzen verhalten, wenn man gewisse Komponenten weglässt oder vereinfacht. Die Auslenkung der aktiven Fläche des Transducers wurde mit dem Laserdopplervibrometer bei verschiedenen Frequenzen gemessen. So konnten die Transducer charakterisiert und das Modell validiert werden.

Resultate

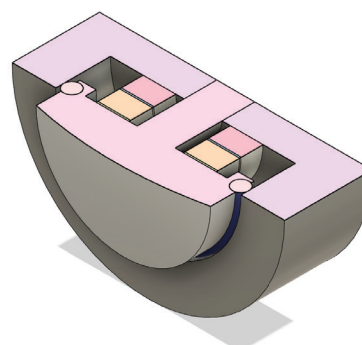
Der Forschungspartner an der Colorado State University hatte erste Messungen der Resonanzfrequenzen durchgeführt. Die ersten simulierten Modelle wiesen sehr ähnliche Resonanzfrequenzen auf, die Maxima lagen ein paar Prozent daneben. Mit dem Vibrometer wurde die Auslenkung bei verschiedenen Frequenzen gemessen. So konnte die Dämpfung der Simulation korrigiert werden und das Modell an die Amplitudenkurve angepasst werden. Mit dem validierten Modell wurden komplexe Interaktionen zwischen mehreren Transducern simuliert.



Luca Giacobbo



Modellierung der akustischen Druckwellen in Wasser bei einer Frequenz von 152kHz



CAD-Aufschnitt des Tonpilz-Transducers