DOI: https://doi.org/10.34657/23169
Handle: https://oa.tib.eu/renate/handle/123456789/24152

Teil I: Kurzbericht

Schlussbericht zum Teilvorhaben „Akustische Messmethodik und Impedanzanpassung für HiFU-Schallwandler“

im Verbundprojekt „MR-gestützte Behandlung des Pankreaskarzinoms mit hochintensivem fokussiertem Ultraschall (MR-HiFU – Pankreas)“

Ausführende Stelle: Soluxx GmbH
FKZ 13GW0364B, 01.12.2019 – 31.05.2025

Inhaltliche Beschreibung der Arbeiten im Projekt

Das Verbundprojekt befasste sich mit der Erforschung einer nicht-invasiven, bildgesteuerten Therapie basierend auf hochintensivem fokussierten Ultraschall (HiFU) zur Behandlung inoperabler Pankreastumore. Der zentrale Baustein dieses Behandlungsverfahrens ist ein HiFU Schallwandler.

Soluxx behandelte im Projekt technische Aspekte, wie z.B. die Etablierung und Optimierung von Messtechnik zur dreidimensionalen Charakterisierung der akustischen Eigenschaften des HiFU Schallfeldes und der Schall-Leistung sowie elektronische Entwicklungen für das sog. „matching board“.

AP 1: Patientenlagerung

Um einen akustischen Zugang zum Pankreas des Patienten zu gewährleisten musste ein neues Patientenlagerungssystem angefertigt werden. Zu diesem Zweck wurden im Konsortium verschiedene Konzepte für einen geeigneten Formkörper - einen Gelpad-Abstandhalter – evaluiert, wobei Soluxx verschiedene 3D-gedruckte Formen fertigte, die als Modell für einen Formungsprozess dienten, der anschließend an der UKK durchgeführt wurde. Es wurden im Konzepte zur Hautkühlung entwickelt, die durch Profound und UKK zu einem funktionsfähigen Prototypen weiterentwickelt wurden (siehe deren Berichte), der nun für Forschungszwecke im Einsatz ist.

AP 2: Messaufbauten zur Schallfeldmessung

Im Projekt wurden drei verschiedene Methoden zur Messung der akustischen Eigenschaften des HiFU-Schallfeldes realisiert: ein Schlieren-Aufbau, ein Hydrofon-Aufbau und eine Auftriebswaage. Durch genaue Kenntnis der räumlichen Verteilung des Schallfeldes und seiner Gesamtenergie kann eine optimale Fokussierung der Energie auf das gewünschte Ziel erfolgen.

Die mechanischen und elektronischen Komponenten der Messaufbauten sowie die Programmierung einer grafischen Benutzeroberfläche (GUI) für Messung und Datenerfassung, wurden von Soluxx in enger Zusammenarbeit mit der UKK realisiert. Die anschließenden Messungen mit diesen Systemen wurden hauptsächlich durch die UKK durchgeführt.

Der **Schlieren-Aufbau** dient zur Visualisierung der räumlichen Druckverteilungen in Pseudoprojektionen orthogonal zur Richtung des Schallstrahls. Das System besteht größtenteils aus nicht-magnetischen Teilen. Dies ermöglicht durch austauschbare Komponenten die Kompatibilität mit dem Magnetfeld im MRT. Die Entwicklung des optischen/mechanischen Aufbaus wurde von Soluxx durchgeführt, während die Messelektronik und die Durchführung der Experimente von der UKK übernommen wurden.

Der **Hydrophon-Aufbau**, der im Rahmen dieses Projektes in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erfolgreich entwickelt und realisiert wurde, dient zur Messung der lokalen Druckverteilung von Schallfeldern, die durch den HiFU-Schallkopf induziert werden. Er besteht aus einem präzisen, von Schrittmotoren angetriebenen 3D-Positionierungssystem, das über einen Mikrocontroller von einem externen PC aus gesteuert wird, einer Signalverarbeitungselektronik,

bestehend aus einem sehr empfindlichen Vorverstärker, der kleine Drucksignale verstärken kann und einer Elektronik zur Extraktion der Gleichstromkomponente (Amplitude) aus der Druckkurve.

Die Auftriebswaage ist ein Messsystem, mit dem die vom Ultraschallwandler abgegebene Gesamtenergie bestimmt wird. Hierfür wird die akustische Kraft mit dem Prinzip der Auftriebswaage gemessen. Der mechanische und elektronische Aufbau sowie die Programmierung der Software und der Treiber für das Auftriebswägesystem zur Messung der akustischen Kraft von HIFU-Schallköpfen wurden in enger Zusammenarbeit mit den Projektpartnern erfolgreich abgeschlossen.

AP 3: Schallwandler und Elektronik

Für einen neuen Schallwandler V3 war es vorgesehen, ein neues, sogenanntes „matching board“ zur Leistungsanpassung mittels MRT-kompatiblen Luftspulen herzustellen. Dieses Teilvorhaben beinhaltete das Schaltungsdesign und die Herstellung der Komponenten, sowie den Bau des „matching boards“. Das „matching board“ ist ein Impedanzanpassungsnetzwerk zur Leistungsanpassung von Stromquelle und Verbraucher (Ultraschallwandler) und nimmt für alle 256 Kanäle des Ultraschallwandlers V3 individuell eine Leistungsanpassung vor. Dieses wurde im Projekt entworfen und hergestellt. Es ist mechanisch und elektrisch mit dem bestehenden Matching-Board im Inneren des MR-Tisches kompatibel, bietet aber mehr Vielseitigkeit. Durch geschickte Trennung von Unterelementen konnte die Hauptplatine kleiner und weniger komplex gestaltet werden, was zu einem Leiterplattendesign führt, das aus nur 6 Lagen besteht, von denen 2 nur Abschirmungslagen sind. Auch die notwendigen PCD-Spuren für eine (mögliche) automatische Impedanzanpassung und ein IO-Port für die entsprechende Logik sind bereits enthalten. Weiterhin wurde ein Kalibriersystem für die Impedanzanpassungsschaltung neu entwickelten. Es kann entweder an das Matching Board selbst oder an eine einzelne steckbare Filterplatine angeschlossen werden. Dieses System wurde entwickelt, um die Induktivität der Luftspulen feinabstimmen zu können.

Im Laufe des Projekts einigten sich die Projektpartner darauf, statt eines kommerziellen Schallwandlers ein neues Array-Schallwandlerdesign zu verwenden, das von Profound entwickelt wurde. Infolgedessen wurde die weitere Entwicklung des Matching Boards für den neuen Schallwandler beim Projektpartner Profound fortgesetzt.

AP 4: Alternative Methoden zur Impedanzanpassung

Leiterbahnen und IO-Ports für die Impedanzanpassung wurden bereits beim Entwurf des Matching Boards (AP3) vorgesehen. Ein Neudesign der entwickelten Leiterplatte konnte daher entfallen. Im Laufe des Projekts einigten sich die Partner auf die Verwendung des neuen Array-Schallwandler-Designs, das von Profound entwickelt wurde. Daher wurde dieses Arbeitspaket zur Impedanzanpassung beim Projektpartner Profound fortgesetzt.

AP 5: MR-HIFU am Kleintier

In Arbeitspaket wurde ein MRT-System zur Untersuchung von Kleintieren („small animal coil“), welches am UKK vorhanden ist und zur Erforschung neuer medizinischer Applikationen dient, optimiert. Hierzu wurden 3D-CAD-Modelle erstellt und Teile aus nichtmagnetischen Materialien durch konventionelle Bearbeitung und 3D-Laser-Sintern hergestellt. Alle Schrauben und Nieten sind aus Messing gefertigt.

Schlussbemerkung: Alle Projektaufgaben von Soluxx wurden erfolgreich abgeschlossen und es sind keine weiteren Arbeiten von Soluxx im Projekt notwendig. Soluxx wird jedoch gerne während der noch laufenden klinischen Studien den Projektpartnern UKK und Profound mit Unterstützung, Beratung und für Fragen zur Verfügung stehen.