

Bochumer Berichte aus der Biomedizinischen Technik



Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. H. Ermert und Prof. Dr.-Ing. J. Werner

Michael Vogt

Konzepte für die hochauflösende Blutflußabbildung mit hochfrequentem Ultraschall

Aachen 2001

SHAKER
VERLAG

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Vogt, Michael:

Konzepte für die hochauflösende Blutflußabbildung
mit hochfrequentem Ultraschall/Michael Vogt.

Aachen: Shaker, 2001

(Bochumer Berichte aus der Biomedizinischen Technik)

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-9068-6

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-9068-6

ISSN 1432-8569

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

Konzepte für die hochauflösende Blutflußabbildung mit hochfrequentem Ultraschall

Michael Vogt, Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Ruhr-Universität Bochum

In der medizinischen Diagnostik ermöglichen Ultraschall-Doppler-Systeme eine Beurteilung des Durchblutungszustandes von Organen und von Blutgefäßen. Bei der für die Dermatologie wichtigen Problemstellung der Abbildung von Blutfluß in der Haut stellen sich mit den kleinen Gefäßdurchmessern und den kleinen Blutflußgeschwindigkeiten große Anforderungen an das Orts- und Geschwindigkeitsauflösungsvermögen sowie an die Robustheit derartiger Systeme und von Verfahren für die Ableitung der Geschwindigkeitsinformation. Im Rahmen dieser Arbeit sind Konzepte für die hochauflösende Blutflußabbildung mit hochfrequentem Ultraschall im Bereich von 50 MHz für die Dermatologie entwickelt und erprobt worden.

Als Grundlage für den Entwurf eines geeigneten Ultraschallabbildungssystems ist zunächst das bei der Rückstreuung an fließendem Blut und an Gewebe vorliegende Abbildungsproblem aus systemtheoretischer Sicht analysiert worden. Die speziellen Bedingungen durch die frequenzabhängige Schallausbreitung sind dabei in Hinblick auf den Einsatz hochfrequenten und breitbandigen Ultraschalls besonders berücksichtigt worden. Die Abbildung von Gewebe und Blutfluß ist im weiteren als Problem der Systemidentifikation aufgefaßt und analysiert worden, die aus grundlegender Sichtweise durch Abtastung der Schallausbreitungsstrecke im Zeitbereich bzw. im Frequenzbereich erfolgen kann. Es wurde gezeigt, daß Puls-Doppler-Systeme diese beiden Aspekte kombinieren, womit ein großes Orts- und Geschwindigkeitsauflösungsvermögen erzielt werden kann.

Für die Implementierung von Ultraschall-Puls-Doppler-Systemen existiert eine Vielzahl von Konzepten, die sich insbesondere in der Art der Erzeugung eines Sendesignals, mit dem das Ultraschallsystem beaufschlagt wird, sowie in der Art der Echosignalverarbeitung voneinander unterscheiden. Verschiedene Realisierungskonzepte sind miteinander verglichen und hinsichtlich der für die Schätzung der Blutflußparameter herangezogenen Abtastsignale auf eine gemeinsame Basis gestellt worden. Um den speziellen Gegebenheiten bei der Ausbreitung hochfrequenten Ultraschalls Rechnung zu tragen, ist ein Konzept für ein Puls-Doppler-System unter Einbeziehung eines Wellenformgenerators für eine flexible Sendesignalerzeugung und eines Transientenrekorders für die Echosignalabtastung entwickelt worden. In Hinblick auf die Optimierung der Bildgebung können mit diesem Konzept die frequenzabhängigen Ausbreitungseigenschaften durch eine inverse Vorfilterung des Sendesignals kompensiert werden und es kann ferner eine Vergrößerung der Sendesignalenergie durch Aussendung frequenzmodulierter Signale mit großer Signaldauer und Pulskompression der Echosignale erfolgen.

Für die hochauflösende Bildgebung sind Verfahren für die Kompensation von Bewegungsartefakten realisiert worden, die der Schätzung der Flußgeschwindigkeit vorangestellt werden können. Zur Schätzung der axialen Geschwindigkeitskomponente in Schallausbreitungsrichtung erfolgt bei Ultraschall-Doppler-Systemen typischerweise eine Frequenzbereichsanalyse der Abtastsignale im Sinne einer Dopplerfrequenzanalyse. Eine Schätzung der axialen Flußgeschwindigkeit kann jedoch auch orientiert an der axialen Bewegung der rückstreuenden Blutkörperchen durch eine Zeitbereichsanalyse erfolgen. In dieser Arbeit sind schwerpunktmäßig Methoden für die kombinierte Zeit- und Frequenzbereichsanalyse analysiert worden, mit denen eine hochauflösende und robuste Schätzung der axialen Blutflußgeschwindigkeit möglich ist. Im Zusammenhang mit diesem Ansatz ist im weiteren ein Verfahren für die Schätzung der Flußgeschwindigkeitskomponente transversal zur Schallausbreitungsrichtung entwickelt worden. Die Eigenschaften der Verfahren sind mit Hilfe von Simulationen erprobt worden.

Das Konzept eines Puls-Doppler-Systems mit Wellenformgenerator ist im Zusammenhang mit einem 50 MHz Ultraschallabbildungssystem implementiert und mit Hilfe von Referenzmessungen charakterisiert worden. Die diskutierten Verfahren für die hochauflösende Blutflußabbildung sind in diesem Zusammenhang mit Messungen an künstlichen Gefäßphantomen erprobt worden. Abschließend wurden Messungen an der lebenden Haut durchgeführt, deren Ergebnisse die praktische Verwendbarkeit des implementierten Systems aufzeigen.