

**5. Workshop
Automatisierungstechnische
Verfahren für die Medizin vom
15.-16. Oktober 2004 in
Saarbrücken**



**„Grundlagen zur Bestimmung akustischer
Gewebeparameter und zum Parameter-Imaging auf Basis
der Ultraschallspektroskopie“**

K. V. Jenderka
Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig, Braunschweig, Deutschland
E-Mail: kvjend@ieee.org

S. Brand
MPCS Department, Ryerson University Toronto, Kanada

M. Schultz
GAMPT mbH, Zappendorf, Deutschland

Band: „Tagungsband, Automed 2004“
Editors: W. I. Steudel
ISBN: 3-00-013509-X
Pages: 21-22

Grundlagen zur Bestimmung akustischer Gewebeparameter und zum Parameter-Imaging auf Basis der Ultraschallspektroskopie

K. V. JENDERKA¹, S. BRAND², M. SCHULTZ³

¹Physikalisch-Technische Bundesanstalt Braunschweig (PTB)
Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

²MPCS Department, Ryerson University
Toronto, CA-Kanada

³GAMPT mbH
Straße der Freundschaft 25, 06179 Zappendorf

E-Mail: kvjend@ieee.org

EINLEITUNG

Seit nunmehr Jahrzehnten werden weltweit intensive Forschungen zur Bestimmung akustischer Gewebeparameter betrieben. Ziel dieser Bemühungen ist es, neben den qualitativen Bildinformationen, die Auskunft zur Morphologie und Topologie der Untersuchungsregion geben, auch quantitative Parameter zu bestimmen, die den Zustand des Gewebes beschreiben. Diese quantitativen akustischen Gewebeparameter stellen in der US-Diagnostik eine wertvolle Ergänzung des konventionellen US-B-Bildes dar.

Zu den Basis-Parametern gehören neben der Schallausbreitungsgeschwindigkeit die frequenzabhängige Ultraschalldämpfung und -streuung, hier insbesondere die Rückstreuung. Erfolgt eine zuverlässige lokale Bestimmung dieser Parameter, ist im nächsten Schritt die Erzeugung von Parameterbildern möglich, die in Kombination mit dem B-Bild die Befunderhebung weiter unterstützen.

PRINZIP

Zugang zu den Ultraschall-Echodaten bietet sich bei kommerziellen Geräten an drei Systemschnittstellen: den Video-Daten (B-Bild), den Roh-Daten und den Hochfrequenz(HF)-Daten (Abb. 1).

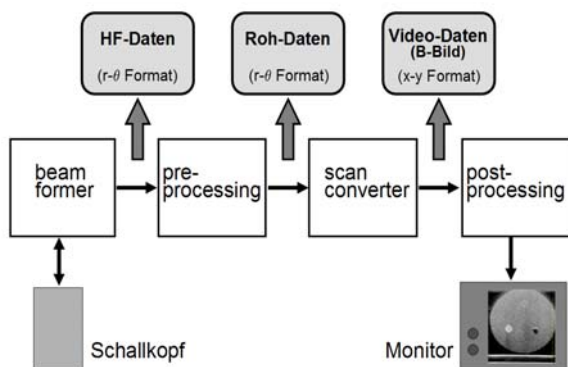


Abb. 1: Signalfluss in einem Ultraschallsystem mit Datenschnittstellen

Bis auf die HF-Daten stehen die Schnittstellen standardmäßig an den Ultraschallsystemen zur Verfügung. Das ist zukünftig für die HF-Daten ebenfalls zu erwarten, da diese den höchsten Informationsgehalt (Ampli-

tude und Phase des Echosignals in ihrer Frequenzabhängigkeit) besitzen und zunehmend die Grundlage für moderne US-Verfahren darstellen (z. B. Darstellung von US-Kontrastmitteln, Elastographie). Weiterhin ist die Korrektur der Schallfeldeinflüsse und variablen Systemeinstellungen im Sinne einer geräteunabhängigen Parameterschätzung nur auf der Basis von unverarbeiteten, hochfrequenten Echosignalen durchführbar.

Der Abgriff der HF-Echosignale erfolgt direkt hinter dem Beamformer - hier steht das Signal mit hohem Dynamikumfang nach tiefenabhängiger Verstärkung (TGC) für die Signalanalyse und Parameterextraktion zur Verfügung. Der Zugang zu den Roh-Daten erfolgt nach dem Pre-Processing (Bestimmung der Einhüllenden, Amplitudenkompression), aber noch vor der Scan-Konvertierung. Der Dynamikumfang bleibt erhalten, allerdings besteht jetzt kein direkter Zusammenhang zwischen den nunmehr logarithmierten Amplituden der Einhüllenden und der Frequenz. Nach der Scan-Konvertierung und Zuordnung der Grauwerte stehen am Ende die Bild-Daten mit merklich eingeschränktem Dynamikumfang zur Verfügung.

METHODE

Neben der Erfassung der zu analysierenden HF- oder Roh-Daten sind zusätzlich alle relevanten Geräteparameter und die aktuelle Einstellung der TGC, der Gesamtverstärkung und der aktiven Fokuszonen zu sichern. Für Kontrollzwecke bietet sich ebenfalls eine Speicherung des zum Messzeitpunkt vom Gerät angezeigten B-Bildes an (Abb. 2).

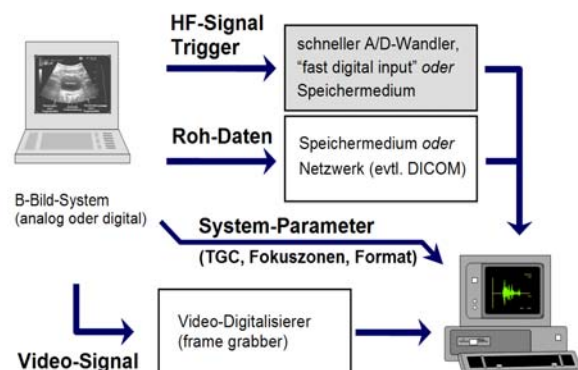


Abb. 2: Übersicht der zu erfassenden Daten und Signale

Vor der Frequenzanalyse sind im nächsten Schritt die Signalamplituden mit Hilfe der aufgezeichneten TGC-Charakteristik auf die Werte vor dem Tiefenausgleich zurückzurechnen. Ist ein Zugriff auf die TGC-Daten technisch nicht realisierbar, kann nur bei fest gewählten Standardeinstellungen gemessen werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Die Korrektur des Tiefenausgleichs erfolgt dann gemeinsam mit der Schallfeldkorrektur.

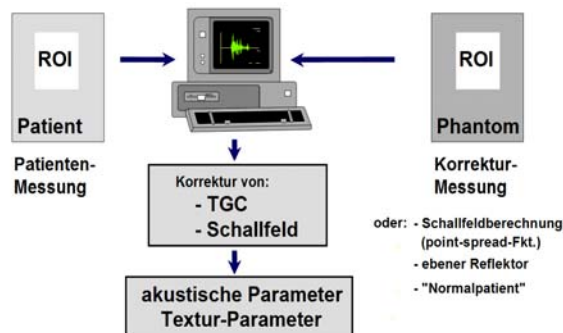


Abb.3: Prinzip zur Korrektur von Schallfeld- und Systemparametern

Generell muss für eine sinnvolle Parameterbestimmung die Korrektur des Schallfeldes vorgesehen werden (Abb. 3). Aufgrund der Schallfeldcharakteristik kommt es tiefenabhängig zu Signalabweichungen vom erwarteten Amplitudenwert. Besonders stark ist dieser Effekt für Fokuszonen in Schallkopfnahe. Diese Abweichungen lassen sich mit Hilfe von akustisch homogenen, gewebeähnlichen Phantomen erfassen [Gärtner1998]. Dazu ist für alle mit dem jeweiligen Schallkopf verwendeten Fokuszonen ein Satz Korrekturfunktionen in Abhängigkeit von Laufzeit und Frequenz aufzustellen. Die Messungen sollten mit mindestens zwei Phantomen unterschiedlicher Dämpfung erfolgen.

Weitere etablierte Verfahren zur Schallfeldkorrektur basieren auf unterschiedlichen, für das jeweilige Messproblem optimierten Methoden (Linienbildfunktion [Schmitz1999], Reflektor im Fokus [Feleppa1996], Normalgewebe [Huisman1996]) mit ihren spezifischen Vor- und Nachteilen. Der Bezug auf eine Referenz (z. B. ein gewebeähnliches Phantom) an einem Punkt der Verarbeitungskette ist für die zuverlässige Bestimmung von spektralen Parametern ebenso von Bedeutung wie für die Berechnung von Texturparametern aus Roh- oder Video-Daten mit Hilfe der Grauwertstatistik 1. und 2. Ordnung [Bleck2000].

Nach Auswahl der interessierenden Geweberegion (ROI) im B-Bild erfolgt letztendlich die Frequenzanalyse der HF-Echodaten. Dabei werden durch schrittweise Verschiebung von Fensterfunktionen (z. B. Hanning-, Hamming- oder Gauss-Fenster) für einzelne Signalabschnitte innerhalb der ROI die spektralen Amplituden innerhalb der Wandlerbandbreite ermittelt. Die Einzelspektren sind dabei durch Mittelung über benachbarte Scanlinien und/oder cepstral zu glätten [Jenderka1999]. Die lokalen spektralen Amplitudenwerte sind die Basis für die abschließende Schätzung von Parametern wie die frequenzabhängige Dämpfung und Rückstreuung oder den mittleren Streuerabstand.

ERGEBNISSE

Das Verfahren eignet sich insbesondere für homogene Gewebestrukturen, die ohne maßgebliche vorgelagerte Gewebeschichten der Ultraschalluntersuchung zugänglich sind. Dazu zählen neben der Prostata (Abb. 4) u. a. Hoden, Schild- und Ohrspeicheldrüse.

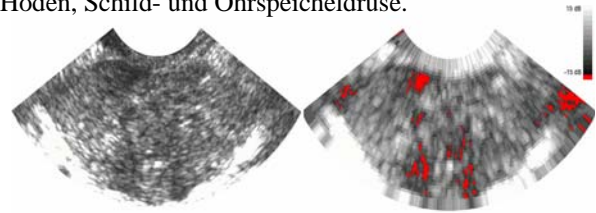


Abb. 4: Beispiel zum Parameter-Imaging: Prostata im aus HF-Daten berechneten B-Bild (links) und im Parameter-Bild des relativen Rückstreuoeffizienten (rechts)

AUSBLICK

Multiparameter-Analyse in Verbindung mit Neuronalen Netzen und Fuzzy-Logic-Algorithmen [Scheipers2003] führen zu hohen Kennzahlen für Sensitivität und Spezifität. Eine Erhöhung der Zuverlässigkeit bei der lokalen Parameterschätzung für das Parameter-Imaging ist durch die Analyse von "spatial compounded" Scans zu erwarten [Jenderka2004].

LITERATUR

- [Bleck2000]
J. S. Bleck et al., "Quantitative Sonographie: Bedeutung und Perspektive", *Internist* Vol 41, p 10, 2000
- [Feleppa1996]
E. J. Feleppa et al., "Typing of prostate tissue by ultrasonic spectrum analysis", *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* Vol 43, p 609, 1996
- [Gärtner1998]
T. Gärtner et al., "Geräteunabhängige Ultraschall-Gewebecharakterisierung von Hoden und Prostata", *Radiologe* Vol 38, p 424, 1998
- [Huisman1996]
H. J. Huisman, J. M. Thijssen, "Precision and accuracy of acoustospectrographic parameters", *Ultrasound Med Biol* Vol 22, p 871, 1996
- [Jenderka1999]
K. V. Jenderka et al, "System independent tissue typing of human testis and prostate" in *Proc. of the 1999 IEEE Ultras. Symp.* Vol 2, p 1377, Lake Tahoe, 1999
- [Jenderka2004]
K. V. Jenderka, "Resolution improved parameter estimation based on raw data of spatial compound scans", *Technol Health Care* Vol 12, p 170, 2004
- [Scheipers2003]
U. Scheipers et al., "Ultrasonic Multifeature Tissue Characterization for Prostate Diagnostics", *Ultrasound Med Biol* Vol 29, p 1137, 2003
- [Schmitz1999]
G. Schmitz et al., "Tissue-characterization of the prostate using radio frequency ultrasonic signals", *IEEE Trans Ultrason Ferroelec Freq Control* Vol 46, p 126, 1999