

4 Messaufbau

In diesem Kapitel werden zunächst die verwendeten Messplätze vorgestellt. Gemäß Aufgabenstellung kommen zwei unterschiedliche B-Bild-Geräte - AI 5200 (Dornier) und Ultramark 9 HDI (ATL) - zur Anwendung, von denen das erste analog und das zweite digital arbeitet. Beide Messplätze gewährleisten die Digitalisierung der Echosignale mit einer zur Spektralanalyse hinreichend großen Zeit- und Amplitudenauflösung.

Die Auskopplung der Hochfrequenzsignale erfolgt bei beiden Geräten passiv und parallel zum Datenfluss im B-Bild-System; es ist kein Eingriff in die Signalerzeugung im Gerät erforderlich. Die Spektralanalyse findet in einem separaten PC statt. Dadurch ist das Analyseverfahren für jedes typische B-Bild-System anwendbar, eine komplette Implementierung in das Gerät selbst ist jedoch ebenfalls möglich. Die Daten entsprechen dem im B-Bild dargestellten Areal, wodurch sichergestellt ist, dass die Parameterbestimmung gezielt die zu untersuchende Geweberegion betrifft. Die Datenübernahme findet während einer diagnostischen Ultraschalluntersuchung, ohne zusätzliche Belastungen des Patienten und ohne wesentliche Beeinträchtigung des normalen Untersuchungsablaufes statt. Die Übertragung der Daten vom Ultraschallsystem zum PC erfolgt in möglichst kurzer Zeit, um Bewegungs- oder Atemartefakte zu vermeiden.

4.1 Analoges B-Bild-System

Als analoges Gerätesystem steht ein AI 5200 der Fa. Dornier zur Verfügung. Anhand der Serviceunterlagen werden geeignete Punkte für den Abgriff des Hochfrequenzsignals, der Triggersignale für Bild- und Linienanfang sowie der TGC-Charakteristik ausgewählt. Der Zugriff auf die analogen Hochfrequenzdaten erfolgt nach der tiefenabhängigen Verstärkung.

Der für die Untersuchungen verwendete Wandler ist ein elektronisch fokussierendes Curved-Array mit einer Nominalfrequenz von 7,5 MHz, einem Krümmungsradius von 40 mm und einem Öffnungswinkel von 48°. Es sind 8 Fokuszonen wählbar, für die Untersuchungen wird auf die gleichzeitige Einstellung mehrerer Fokuszonen verzichtet (dabei läge jede Scanlinie sequentiell für jede der gewählten Fokuszonen an).

Der Aufbau des Mess-Systems ist in Abbildung 4/1 dargestellt. Nach der Wahl der Triggerpunkte für Bild- und Linienanfang werden die Hochfrequenzsignale zu einem Speicheroszilloskop übertragen. Die Funktionen des Oszilloskops sind vom PC steuerbar. Die Triggereinheit des Oszilloskops ist in der Lage, eine logische Verknüpfung und Zählung der Impulse für Bild- und Linienanfang vorzunehmen, sodass eine gezielte Digitalisierung der Scanlinien erfolgt.

Die Abtastfrequenz des Speicheroszilloskops beträgt 100 MHz, die dabei erreichte Auflösung 10 bit. Das Bild wird Linie für Linie abgetastet und für 120 Scanlinien ein Zeitfenster von 50 μ s vom Oszilloskop in den internen Speicher des PC übernommen. Dieser Bildausschnitt entspricht dem zentralen Teil des kompletten B-Bildes, die gewählte Größe hat sich bei den in vivo Untersuchungen am Hoden als

ausreichend erwiesen. Der gespeicherte Bereich entspricht bei einer Entfernung von 2 mm vom Wandler einem Areal mit einer zentralen Länge von 3,8 cm und einer mittleren Breite von 3,2 cm (zu den Abmessungen der ROI siehe Abschnitt 7.1). Die Entfernung vom Wandler ist variabel einstellbar. Nach der Aufnahme eines vollständigen Datensatzes erfolgt die Digitalisierung des TGC-Signals für die spätere Korrektur der Echosignale.

Das Speicheroszilloskop und der PC kommunizieren über den GPIB-Bus, sodass die Zeiten für die Datenübernahme eines B-Bildes (eine Fokuszone, 120 Scanlinien) maximal 12 s betragen.

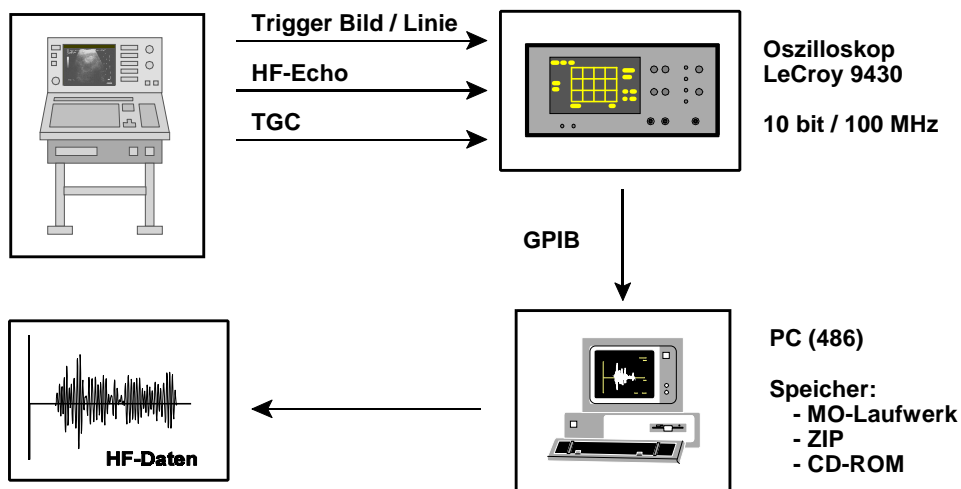


Abb. 4/1
Blockschema zur Ableitung von Hochfrequenz-Echodaten mit dem analogen B-Bild-System

4.2 Digitales B-Bild-System

Das zweite verwendete B-Bild-System ist das digital arbeitende Ultramark 9 HDI der Fa. ATL mit einem Interface für den externen Zugriff auf die Hochfrequenzdaten. Dieses System erzeugt intern eine digitale Signalfolge. Die Abtastfrequenz der Echosignale beträgt 20 MHz. Mit dieser Frequenz laufen die Daten in Form von 16-bit-Integerzahlen an der Datenschnittstelle auf, sodass die Daten praktisch in Echtzeit zur Verfügung stehen. Jeder Datensequenz einer Linie ist ein Datenkopf vorangestellt, der die Angaben über Liniennummer, Fokuszone und Wandler enthält. Parallel zu den Datenbits ist ein Overflow-Bit verfügbar, welches die Übersteuerung eines der aktiven A/D-Wandler markiert.

Für die Untersuchungen stehen zwei verschiedene Multielementwandler mit elektronischer Fokussierung zur Verfügung, die jeweils 8 wählbare Fokuszonen besitzen. Bei den Messungen sind davon jeweils 2 Fokuszonen eingestellt. Die Auswertung beschränkt sich auf die Hochfrequenzdaten der weiter vom Wandler entfernten Fokuszone, da das Gerät nur für diesen Bereich die Signale komplett überträgt. Der

Datensatz entspricht bei diesem System dem kompletten, am Gerät dargestellten B-Bild. Für die in vivo Untersuchungen am Hoden kommt ein Linear-Array mit einer Nominal-Bandbreite von 5 MHz - 10 MHz und einer Bildbreite von 50 mm zum Einsatz. Der Datensatz besteht aus 192 Linien. Vergleichsmessungen an Phantomen erfolgten zusätzlich mit einem Curved-Array mit einer Nominal-Bandbreite von 4 MHz - 7 MHz, einem Krümmungsradius von 40 mm und einem Öffnungswinkel von 64°.

Die Datenübernahme vom Gerät zum PC wird über eine PCI-I/O-Karte mit 8 MByte Speicher (PCI.212, Fa. Spectrum) realisiert. Damit ist gewährleistet, dass die Hochfrequenzdaten und Statusbits (Datenkopf, Daten, Übersteuerung) eines kompletten Bildes in Echtzeit in den Speicher der Karte gelangen, welche die Daten anschließend über den PCI-Bus in den Speicher des PC überträgt. Die Sortierung der Scanlinien erfolgt anhand der Informationen im Datenkopf, der jeder Scanlinie vorangestellt ist (Abbildung 4/2). Bewegungsartefakte sind durch die Übernahme der Daten in Echtzeit (<100 ms, je nach Bildfrequenz) weitgehend ausgeschlossen. Die Übernahmezeiten der Daten vom PCI-Board in den Hauptspeicher, einschließlich der Sortierung und Darstellung der B-Bild-Linien, liegen je nach Bildgröße im Bereich von 2 s - 4 s.

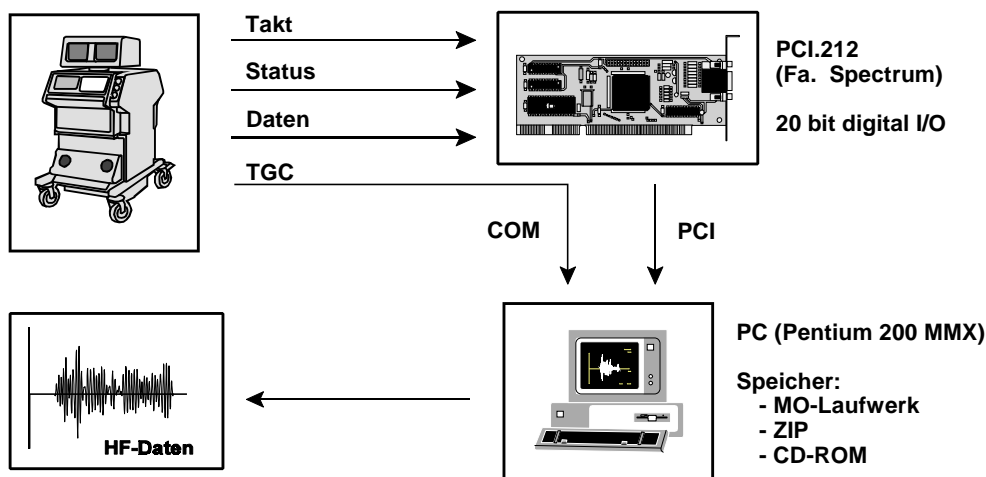


Abb. 4/2
 Blockschema zur Ableitung von Hochfrequenz-Echodaten mit dem digitalen B-Bild-System

Nach der kompletten Aufnahme der Hochfrequenz-Echosignale eines Bildes erfolgt über die serielle Schnittstelle (RS 232) eine Abfrage der TGC-Daten. Diese enthalten die aktuell eingestellten Verstärkungswerte im Pegelmaß dB in Abständen von 1,6 µs Laufzeit.

4.3 Software zur Messwertaufnahme

Für die Messungen an beiden Systemen wurde spezielle Software erstellt, die denselben Untersuchungsablauf in Kombination mit der jeweiligen Hardware sicherstellt. Die Auswertung der Messdaten erfolgt off-line mit einem auf beide Systeme angepassten, separaten Programm.

Zu Beginn einer Messung lassen sich über Pull-Down-Menüs Fenster für die Eingabe von Patientendaten, Untersuchungsregion, Befund und weitere Beschreibungen der Messung öffnen. Der angeschlossene Wandler, die Lage und Zahl der Fokuszonen werden automatisch erfasst bzw. eingegeben. Nachdem alle Einstellungen gewählt wurden, startet die Messung durch einen Tastendruck.

Nach Aufnahme der Hochfrequenzdaten eines Bildes erzeugt das Messprogramm ein Grauwertbild. Die Darstellung enthält wahlweise auch die Kennzeichnung der übersteuerten Bildbereiche, sodass der Untersucher durch Veränderung der TGC-Charakteristik oder der Grundverstärkung das Signal optimieren kann. Generell sollte die Einstellung so erfolgen, dass eine möglichst große Signalamplitude vorliegt, aber in den interessierenden Bildbereichen keine Übersteuerung auftritt. Die Überprüfung der Messung anhand eines aus den Hochfrequenzdaten am PC konstruierten B-Bildes stellt sicher, dass die Datenübernahme störungs- und artefaktfrei erfolgte und der zu untersuchende Bereich optimal dargestellt ist. Nach der Kontrolle werden die Daten gespeichert. Dafür kommt ein spezielles Format zur Anwendung, das die Scanlinien in Form von Integerwerten (entweder 10 bit komprimiert oder 16 bit) enthält. In einer zusätzlichen Linie sind die TGC und in einer weiteren Linie sämtliche, zur späteren Auswertung notwendigen Informationen über die Messung (Gerät, Wandler, Fokuszonen, Organ, Befund, Skalierungsfaktoren, Abtastrate) gespeichert.

Die Integration der Hochfrequenz-Datenaufnahme in die normale Ultraschalluntersuchung ist ohne weiteres möglich. Durch die Software ist gewährleistet, dass die Datenübernahme vom B-Bild-System in kürzester Zeit abgeschlossen ist, um die Patientenbelastung gering zu halten und Bewegungsartefakte durch den Patienten oder den untersuchenden Arzt zu minimieren.