Moderne Ultraschallwandler in der medizinischen Diagnostik

Autor(en): **Sørensen, B.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **75 (1984)**

Heft 15

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-904431

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Moderne Ultraschallwandler in der medizinischen Diagnostik

B. Sørensen

Nach einem Überblick über die heutigen Sensoren für die Ultraschalldiagnostik wird ein neuer elektromechanischer Sektorscanner mit zwei rotierenden Schallköpfen beschrieben.

L'article présente un aperçu des capteurs modernes pour le diagnostic aux ultrasons, puis une description d'un nouveau scanographe sectoriel électromécanique à deux sondes tournantes.

Adresse des Autors
B. Sørensen, Brüel & Kjær, Parkvej 53, DK-3460 Birkerod

1. Heutiger Stand

In der Begeisterung über neue Vorrichtungen, moderne Formgebung, grössere Bildschirme und vieles andere wird bei den neuen Ultraschall-Diagnosegeräten oft vergessen, dass nach wie vor der Inhalt an diagnostischen Informationen im Bild vorrangig ist. Gegenüber früher ist es vielen Herstellern gelungen, die Bilder so zu verbessern, dass sie schöner aussehen. Ob dabei auch immer der diagnostische Inhalt erhöht wurde, muss bezweifelt werden. In gewissen Fällen dürfte sogar damit die Mittelmässigkeit des Bildes vertuscht worden sein. Bei der Entwicklung eines neuen Real-Time-Ultraschalltransducers müssen diese Fragen im Auge behalten werden, insbesondere weil viele der wichtigen Eigenschaften des Systems, wie z.B. das axiale und laterale Auflösungsvermögen, die Eindringtiefe, die Breite des Schallbereiches und das Signal-Rausch-Verhältnis, in erster Linie von der Güte des Transducers bestimmt werden.

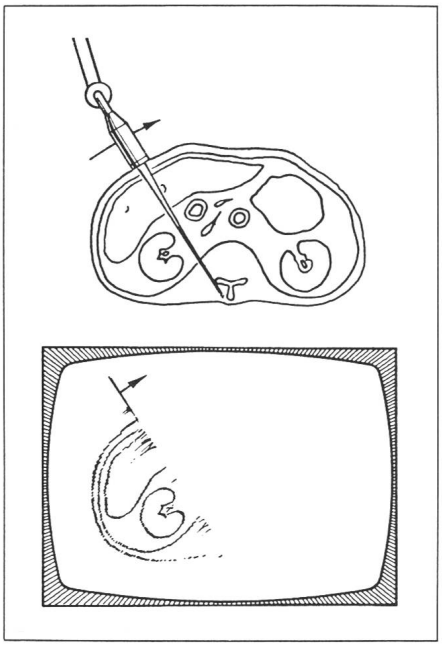


Fig. 1 Beim statischen Scanner wird der Schallkopf von Hand über die Haut des Patienten geführt

Die Position des Schallkopfes sowie die Abtastrichtung wird elektronisch bestimmt, und anhand dieser Daten wird das Bild auf einem Monitor rekonstruiert.

Bis vor wenigen Jahren ist es nur mit aufwendigen, schwer zu bedienenden Geräten möglich gewesen, eine einigermassen gute Bildqualität zu erhalten. Neben der monatelangen Ausbildung des Bedienungspersonals war der wesentliche Nachteil der, dass nur statische Bilder erzeugt werden konnten. Derartige Systeme werden nach wie vor in der Klinik und in der Forschung für gewisse Untersuchungen bevorzugt (Fig. 1). Die Mehrzahl der Ultraschalldiagnosen werden heute jedoch mit dynamischen oder, wie sie meistens genannt werden, Real-Time-Systemen vorgenommen. Die Industrie hat sich deshalb in den letzten Jahren auf die Entwicklung von besseren dynamischen Ultraschallsystemen konzentriert.

Dabei haben sich hauptsächlich zwei grundsätzlich verschiedene Methoden zur Erzeugung eines dynamischen Ultraschallbildes durchgesetzt, nämlich die linearen Scanner (Fig. 2), bei welchen der Transducer eine gros-

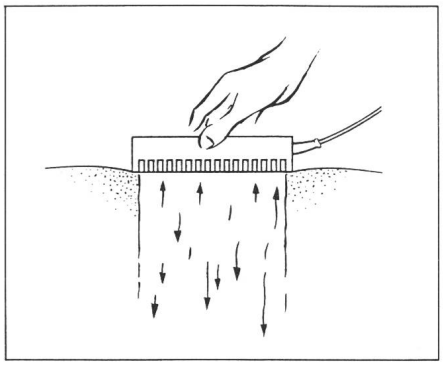


Fig. 2 Der lineare Schallkopf besteht aus einer linear angeordneten Reihe von Kristallen, die nacheinander aktiviert werden und ein Bild, bestehend aus parallelen Linien, erzeugen

Die übliche Bildfrequenz beträgt 20 Bilder pro Sekunde.

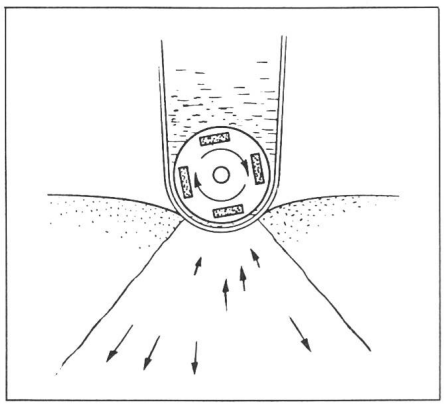


Fig. 3 Prinzip eines Sektor-Schallkopfes mit einem rotierenden Zylinder

In den Zylinder sind eine Anzahl von Kristallen eingebettet. Das mit einem derartigen Schallkopf erzeugte Ultraschallbild besteht aus radial angeordneten Linien.

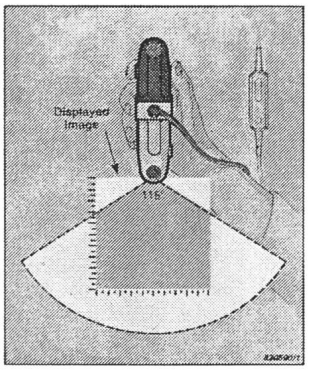
se Anzahl linear angeordneter Kristalle besitzt, und der Sektorscanner (Fig. 3), der von einem Punkt aus einen sektorförmigen Bereich abtastet. Zu diesen kommen neuerdings invasive Systeme, die in Hohlräume des Körpers eingeführt werden können (Fig. 4).

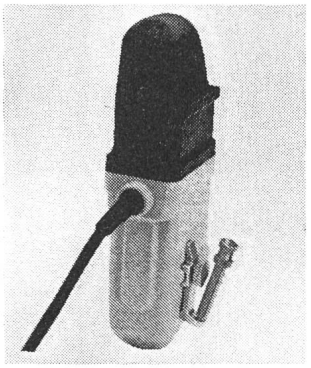
Der Sektorscanner hat für allgemeine klinische Anwendungen gegenüber dem linearen Scanner gewisse Vorteile. So kann z.B. mit den heutigen elektromechanischen Geräten ein grösserer Winkelbereich abgetastet werden. Insbesondere für die Darstellung von an der Oberfläche liegenden Strukturen ist dieser Vorteil von Bedeutung, weshalb die mechanischen Sektorscanner immer noch von vielen Kunden bevorzugt werden. Eine Ausnahme bilden die Kardiologen, welche fast immer den Phased-Array-Scanner vorziehen, weil sie damit gleichzeitig die M-Mode- und B-Mode-Darstellung[1]) erhalten können.

[1]) M-Mode (Time-Motion-Mode) = Oszillogramm, macht Bewegungsabläufe sichtbar. B-Mode (Brightnes-Scan-Mode) = Tomographie

Fig. 5
Sektor-Schallkopf mit einem Sektorwinkel von 115°

Der Schallkopf erlaubt die Wahl zwischen den zwei Frequenzen von 3 und 5 MHz.





2. Beschreibung eines elektromechanischen Sektorscanners

Einen der neuesten mechanischen Sektorscanner, denjenigen von *Brüel & Kjær*, zeigt Figur 5. Die Probleme, die sich bei der Entwicklung von derartigen Scannern ergeben, betreffen einerseits Signalerzeugung und -empfang, andererseits aber auch die Signalübertragung. Es ist unmöglich, einen Schallkopf herzustellen, der für alle diagnostischen Aufgaben optimal ist. Mit Bezug auf Eindringtiefe, Fokussierung und Auflösungsvermögen stellt jeder Ultraschallkopf einen Kompromiss dar. Um eine Vielzahl von klinischen Anwendungen zu ermöglichen, ist der neue Scanner mit zwei Schallköpfen ausgerüstet, einer an jedem Ende. Der erste hat eine Frequenz von 3 MHz und einen Fokusbereich von 5 bis 11 cm. Er zeichnet sich vor allem durch eine sehr grosse Eindringtiefe aus. Im anderen Teil des Transducers findet sich das Element für die Frequenz 5 MHz und den Fokusbereich 2,5 bis 6 cm. Obwohl dieses ebenfalls ein gutes Eindringvermögen hat, zeichnet es sich vor allem durch die ausgezeichnete Bildauflösung, die sich aus der höheren Frequenz ergibt (Fig. 5), aus.

Jede der beiden Schallköpfe besteht aus einem Zylinder, in welchem die piezoelektrischen Kristalle eingebettet sind. Der Zylinder dreht sich mit einer Geschwindigkeit, die von 1½ bis 6⅔ Umdrehungen pro Sekunde eingestellt werden kann. Daraus ergibt sich eine Bildfrequenz von 5 bis 20 Bildern pro Sekunde. Mit den drei Kristallen kann theoretisch ein Sektorwinkel von 120° abgetastet werden. In der Praxis ergibt sich jedoch ein Winkel von 115°.

Die Liniendichte, ausgedrückt in Linienanzahl pro Winkelgrad, variiert zwischen 1,42 bei 20 Bildern pro Sekunde bis zu 5,69 bei 5 Bildern pro Sekunde. Bei der niedrigsten Drehzahl ergibt sich somit die beste laterale Bildauflösung.

Die Kristalle müssen mit grosser Genauigkeit in den Zylinder eingebaut werden, und die Umschaltung von einem Kristall zum nächsten muss genau zur richtigen Zeit erfolgen, damit das Bild auf dem Monitor ruhig bleibt. Die Umschaltung erfolgt über magnetisch gesteuerte Reed-Kontakte.

Die Übertragungsvorrichtung für die Signale zu und von den Kristallen muss einerseits den grossen Stromstoss zur Erzeugung des Ultraschallimpulses mit einem Spitzenwert von 4 A und einer Spannung von 150 V und andererseits die kleinen, von den Echos erzeugten Impulse mit einer Amplitude von bis zu 1 mV störungsfrei übertragen. Dies geschieht im vorliegenden Fall mittels eines induktiven Schaltkreises. Da die beiden Kristallzylinder gemeinsame Bauteile benötigen, nämlich einen Motor mit zugehörigem Regelkreis, einen Vorverstärker und einen Winkeldekoder, sind die Produktionskosten für dieses Gerät nicht viel höher als diejenigen für einen Sektorschallkopf mit nur einem Frequenz- und Fokusbereich.

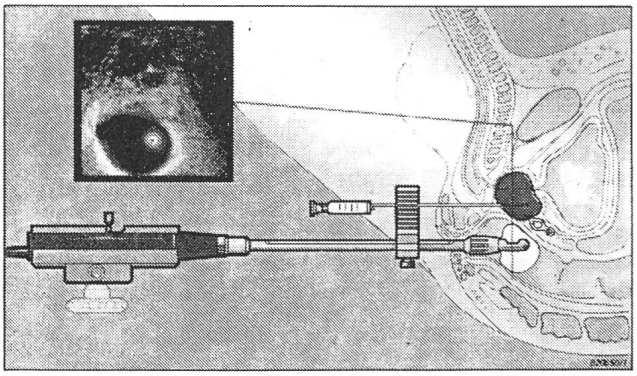


Fig. 4
Prinzip des endosonischen Schallkopfes

Der Schallgeber wird in den Körperhohlraum, z. B. die Blase oder das Rektum, eingeführt und tastet einen 360°-Winkel ab.

Die Anpassung der akustischen Impedanz von der Kristalloberfläche bis zum Gewebe ist für die Leistungsfähigkeit der Geräte von massgebender Bedeutung. Es bestehen drei Übergänge: vom Kristall zum Öl im Gehäuse, vom Öl zum Schallfenster des Gehäuses und von der Gehäuseoberfläche zum Gewebe. Für den letzten Übergang wird Kontaktgel oder Öl benutzt. Die Anpassung aller drei Übergänge erfordert umfassende Materialstudien und Experimente.

Zur Beurteilung eines Ultraschallgerätes gehört auch die Angabe der bei der Erzeugung von Bildern verwendeten Intensität. Das *American Institute of Ultrasound in Medicine* hat Richtlinien für Grenzen und Messmethoden ausgearbeitet, welche der Konstruktion und der Prüfung der Sektorscanner zugrunde gelegt werden. Für jeden einzelnen Sektorscanner wird bei der Endprüfung die Intensität nach zwei verschiedenen Verfahren bestimmt. Beim SPPA-Verfahren (Spatial Peak Pulse Averaging) werden die maximale Intensität innerhalb eines Ultraschallbursts (Enveloppe eines HF-Impulses) und der quadratische Mittelwert über die Burstscanner gemessen. Beim SPTA-Verfahren (Spatial Peak Temporal Averaging) wird wie beim ersten Verfahren die maximale Intensität gemessen, jedoch statt nun über die Burstscanner über eine ganze Periode, d.h. von Burstflanke zu Burstflanke, quadratisch gemittelt. Diese Messung ist ein Mass für die dem Gewebe zugerichtete Ultraschall-Dosisleistung.

3. Zukünftige Entwicklung

Wenn auch in naher Zukunft noch die linearen Scanner und die elektromechanischen Sektorscanner den Markt beherrschen werden, ist doch zu erwarten, dass die langfristige Entwicklung in Richtung der rein elektronischen Sektorscanner, der Phased-Array-Systeme, geht. In bezug auf diagnostische Information sind diese bereits heute den besten mechanischen Sektorscannern ebenbürtig; auch sind die zugehörigen Transducer bedeutend kleiner. Die Elektronik dieser Geräte ist jedoch sehr umfangreich und heute noch entsprechend teuer.