

ULTRASCHALL IN DER MEDIZIN

1. DIAGNOSTIK
2. THERAPIE

1

1. DIAGNOSTIK

- 1942 - Österreich: Dussik, bei der Durchschallung des Schädels zur Darstellung der Ventrikel
- 1949 - USA: Ludwig, Gallenstein Untersuchung
- 1950 - USA: Howry und Bliss, Apparatur zur bildlichen Darstellung anatomischer Details.
- 1950 - Schweden: Leksell, „Mittelecho“ am intakten Schädel
⇒ *Grundstein zur Echoencephalographie*
- 1954 - Schweden: Edler und Hertz, Herz-Untersuchung
⇒ *begründeten die Echokardiographie*
- 1962 - USA: Mundt und Hughes, erste Augenuntersuchung
- 1967 - Deutschland: Krause und Soldner,
Einführung der Echtzeit-Bildgebung

2

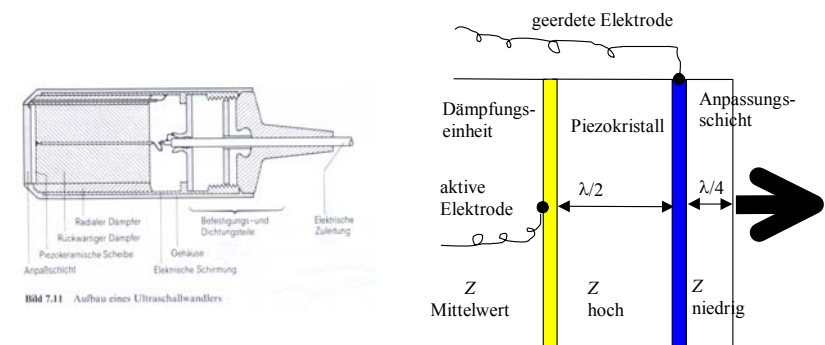
1. DIAGNOSTIK

SONOGRAPHIE - Ultraschalluntersuchung des Patienten

- Vorteile:**
1. Nahezu überall und jederzeit verfügbar (auch auf der Trage oder am Krankenbett)
 2. Biologisch unschädlich (keine Ionisation)
 3. beliebige Wiederholbarkeit
 4. ohne Kontrastmittel

3

Aufbau des Ultraschall-Wandlers



$2 \text{ MHz} < f < 10 \text{ MHz}$, typischer Wert 2,5 MHz

Impulsbetrieb: $\tau \approx 1 \mu\text{s}$, $\Delta t \approx 1 \text{ ms}$

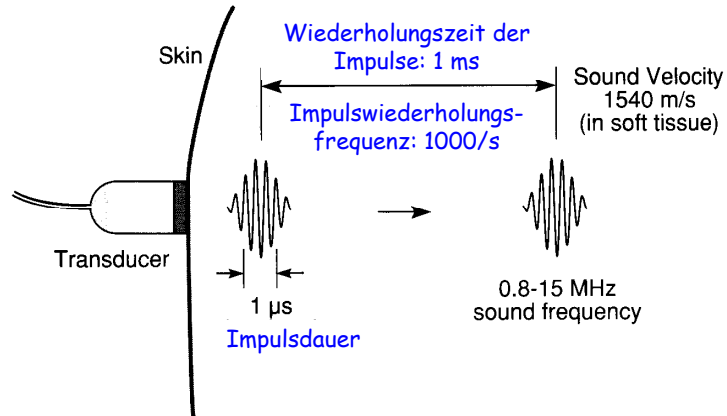
Intensität: $\approx 10 \text{ mW/cm}^2$

4

Charakteristiken der Ultraschall-Impulse

Transducer/Umwandler: Sender und Empfänger

Zeitliche Trennung → Impulse



5

Auflösungsgrenze, Auflösungsvermögen

Auflösungsgrenze: der kleinste Abstand zweier noch getrennt detektierbaren Punkten

Auflösungsvermögen: Reziprokwert der Auflösungsgrenze

Die axiale Auflösungsgrenze hängt von der Impulslänge.

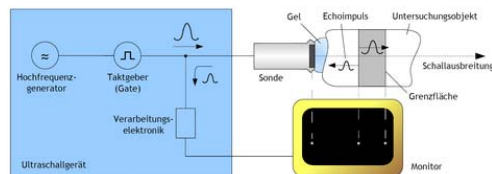
Die Impulslänge ist indirekt proportional zur Frequenz.

Die laterale Auflösungsgrenze hängt von dem Durchmesser des Ultraschallbündels.

6

1.1 SONOGRAPHIE

Prinzip des Echoimpulsverfahrens



$$z = c \cdot t / 2$$

z - Abstand der Grenzfläche vom Schallkopf
 t - Laufzeit

c - Schallgeschwindigkeit

$$A \sim R$$

7

1.1 SONOGRAPHIE

Bemerkungen:

1. Die Reflexion tritt nur an Grenzübergängen auf, die grösser als die Wellenlänge sind.
2. Sind Strukturen ähnlich gross oder kleiner als die Wellenlänge, so wird ein Teil der Intensität gestreut.
3. Je höher die Ultraschallfrequenz, desto stärker ist die Absorption im Gewebe und desto besser ist die Ortsauflösung.
4. Die Eindringtiefe und Auflösungsvermögen hängt von der Ultraschallfrequenz ab.

8

1.1 SONOGRAPHIE

Bemerkungen:

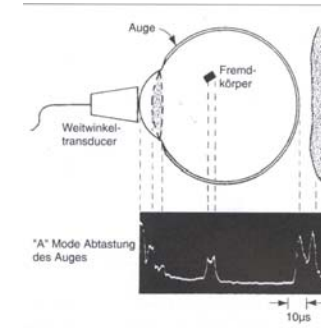
Tabelle 7.4 Anhaltspunkte für typische Kennwerte beim diagnostischen Ultraschall

Sende- frequenz MHz	Wellenlänge mm	Eindringtiefe (hin und rück) cm	laterale Ortsauflösung mm	axiale Ortsauflösung mm
2	0,78	25	3	0,8
3,5	0,44	14	1,7	0,5
5	0,31	10	1,2	0,35
7,5	0,21	6,7	0,8	0,25
10	0,16	5	0,6	0,2
15	0,1	3,3	0,4	0,15

9

1.1 SONOGRAPHIE

Das A-Mode Verfahren



Ultraschallamplitudenmessung zur Bestimmung der Lage eines Fremdkörpers aus der Laufzeit des reflektierten Ultraschallsignals

10

1.1 SONOGRAPHIE

Das B-Bild Verfahren

Man kodiert die Echoamplitude als Intensität oder Grauwert des Kathodenstrahls.

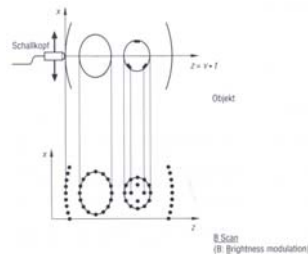


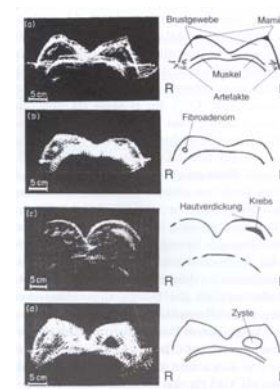
Bild 7.13 Grundsätzliche Darstellung der B-Bild-Technik

Der Schallstrahl wird nach jedem Sendeimpuls in der darzustellenden Ebene Senkrecht zur Körperoberfläche verschoben.

11

1.1 SONOGRAPHIE

Das B-Bild Verfahren



- 2D Darstellung

- rasch und relativ genau (real time scan) - Echtzeitmodus

-Ermöglicht den Nachweis wesentlicher Veränderungen der Gewebe-eigenschaften

12

1.1 SONOGRAPHIE

Das B-Bild Verfahren



2D-Sonogramm eines Menschenfetus von neun Woche

13

1.1 SONOGRAPHIE

Das B-Bild Verfahren

- Der Schallkopf wurde ursprünglich *manuell* auf der Körperfläche bewegt.
- Wird der Wandler gezielt bewegt, entsteht ein 2D *Schnittbild*.

Aufnahme von Schnittbildern (Scan):

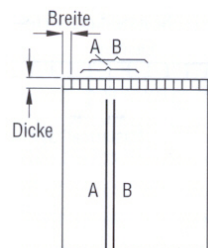
Regelmässige *Abtastung* einer Ebene der zu untersuchenden Körperregion mit Ultraschallimpulsen mit einem bestimmten *Scanformat*.

14

Das B-Bild Verfahren

Abtastverfahren (Scanverfahren)

Linearscan (Parallelsan)



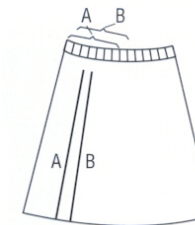
- Schallwandler wird linear verschoben
- 2D, rechtwinklige Abtastung

15

Das B-Bild Verfahren

Abtastverfahren (Scanverfahren)

Convexscan



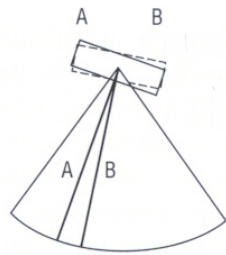
- Schallwandler wird längs einer konvex gebogenen Linie verschoben
- 2D Abtastung

16

Das B-Bild Verfahren

Abtastverfahren (Scanverfahren)

Sektorscan



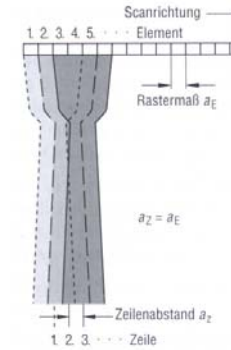
- Schallwandler wird um einen Drehpunkt geschwenkt
- 2D Abtastung

17

Das B-Bild Verfahren

Elektronische Scanner

Linear-Array - reihenförmige Anordnung von Einzelwandlern



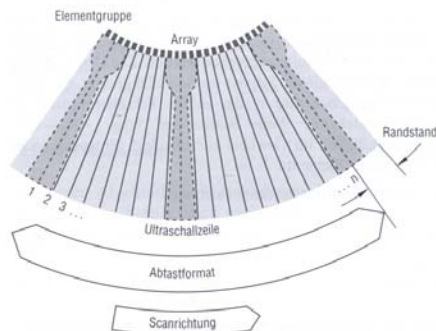
- Vorteile:
- grosse Körpereintrittsfläche
 - gute Darstellbarkeit
 - keine Mechanik

18

Das B-Bild Verfahren

Elektronische Scanner

Convex-Array - reihenförmige, gebogene Anordnung von Einzelwandlern



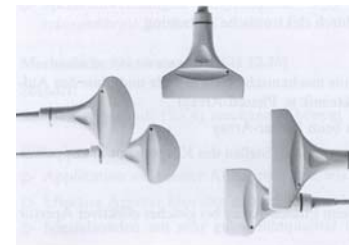
- Vorteile:
- Sektorförmige Abtastung
 - Gekrümmte Ankoppelfläche
 - keine Mechanik

19

Das B-Bild Verfahren

Elektronische Scanner

Linear- und Convex-Array

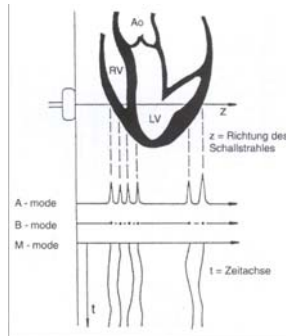


20

1.1 SONOGRAPHIE

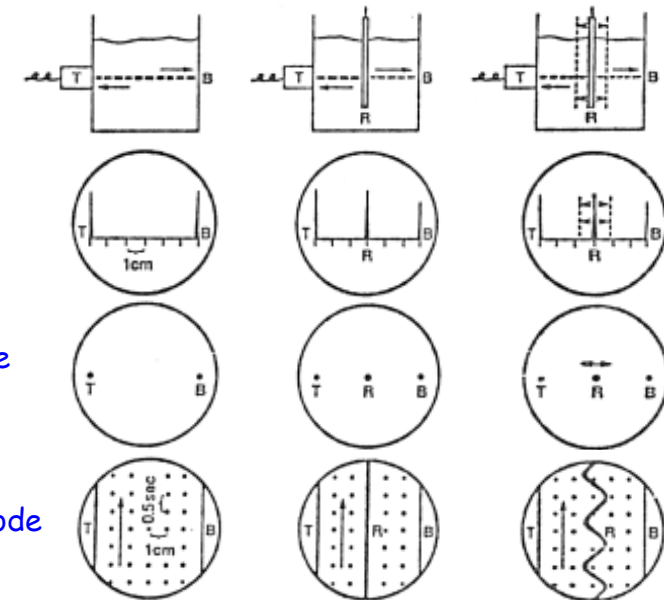
Das M-Mode Verfahren

Man schreibt die zeitlich aufeinanderfolgenden Echozeilen nebeneinander.



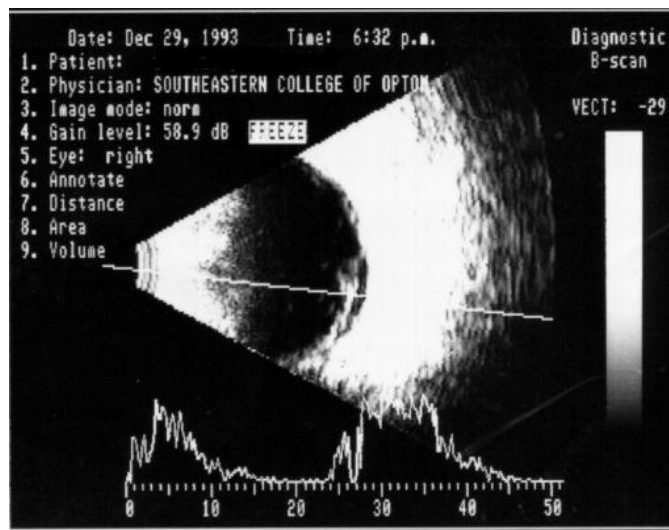
Bewegungsablauf, Amplitude, Geschwindigkeit der Bewegung anatomischer Strukturen lassen sich genau verfolgen.

21



22

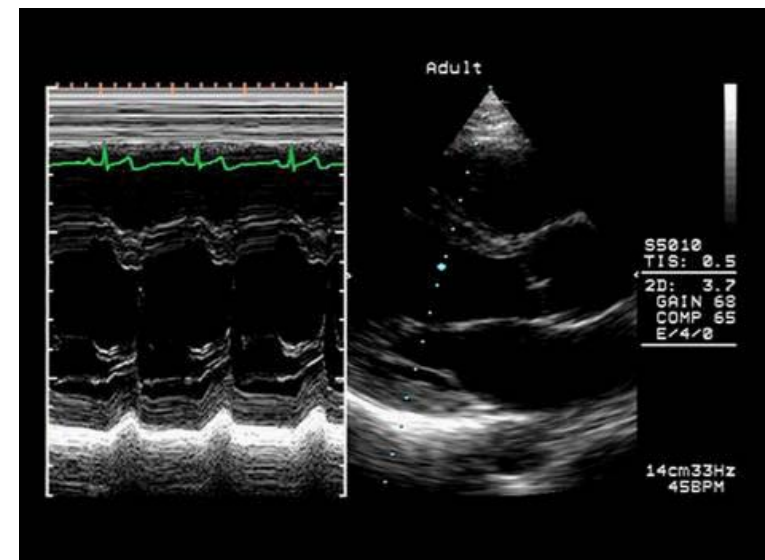
Zweidimensionales B-Bild und A-Bild



23

TM-Bild

B-Bild



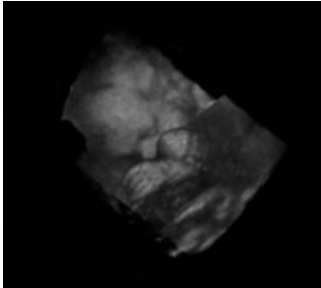
24

1.1 SONOGRAPHIE

Mehrdimensionale Anwendung

3D-Ultraschall: produziert räumliche Standbilder

4D-Ultraschall (Live-3D): 3D plus zeitliche Dimension



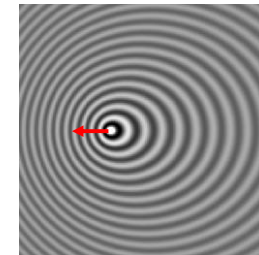
25

1.1 SONOGRAPHIE

Der Doppler-Effekt (Ch. DOPPLER 1803 - 1853)

Das Phänomen, dass der sich bewegende Beobachter eine andere Frequenz registriert als der ruhende Beobachter, bezeichnen wir als Doppler-Effekt.

Änderungen treten ebenso auf, wenn der Beobachter ruht und die Quelle sich bewegt.



26

1.1 SONOGRAPHIE

Der Doppler-Effekt

wenn: $v \ll c$

v Geschwindigkeit der Bewegung
 c Schallgeschwindigkeit

$$f = f_0 \cdot \left(1 \pm \frac{v}{c}\right)$$

$$f - f_0 = \pm f_0 \cdot \frac{v}{c}$$

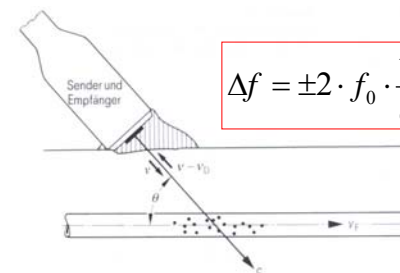
$$\Delta f = f_D = \pm f_0 \cdot \frac{v}{c}$$

27

1.1 SONOGRAPHIE

Doppler-Sonographie (CW - Continuous Wave)

- Blutströmungsgeschwindigkeit in Arterien, in Venen
- fetale Herzschläge und fetaler Blutfluss



$$\Delta f = \pm 2 \cdot f_0 \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos \Theta$$

zB. $f = 8 \text{ MHz}$
 $v = 12 \text{ cm/s}$
 $c = 1600 \text{ m/s}$
 $\Theta = 34^\circ < 40^\circ$

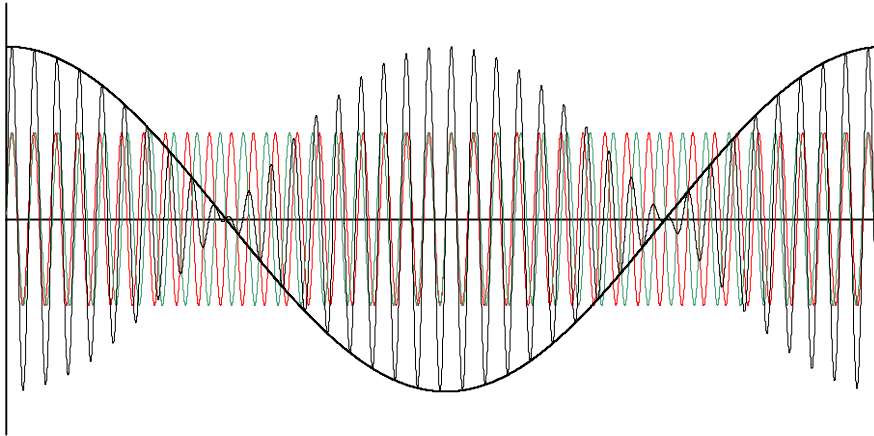
$\Rightarrow f_D = 1 \text{ kHz}$
(Schwebung)

28

Schwebung

$$f_{\text{rot}} \geq f_{\text{grün}}$$

Die Frequenz der Schwebung ist gleich der Differenz der Frequenzen von interferierenden Wellen



<http://www.walter-fendt.de/ph14d/schwebung.htm>

29

1.1 SONOGRAPHIE

Doppler-Sonographie

- Information nur aus einem *kleinen* vorgebbaren Bereich
- Entdeckung und Beurteilung angeborener und pathologischer Herz- und Herzklappenfehler
- Beurteilung von Gefäßverengungen (Stenosen) und deren Schweregrad
- Direkte Bestimmung des Volumenflusses im Gefäß

30

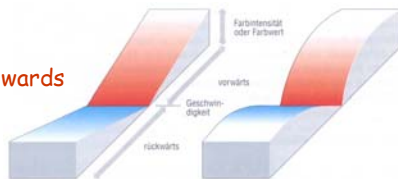
1.1 SONOGRAPHIE

Farb-Doppler Verfahren

Information wird aus einem *grossen Ausschnitt* erhalten.

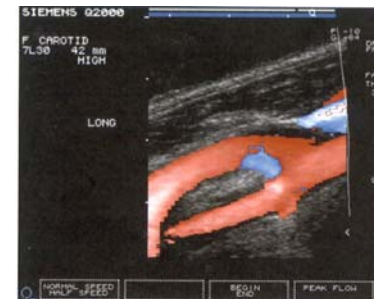
Die *Flussgeschwindigkeiten* werden als **Farbton** dem gesamten **B-Bild** überlagert.

BART: Blue Away Red Towards



Ergebnis: die *räumliche Verteilung* der mittleren Geschwindigkeit und seiner Richtung im durchströmten Gefäß.

31



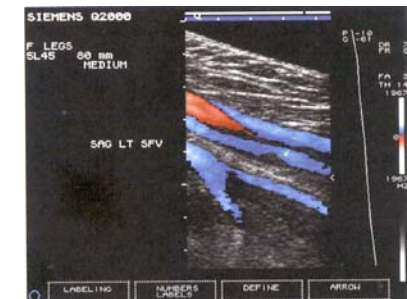
Bifurkation der Arteria carotis (rot) mit Flussumkehr (blau) im Bulbusbereich



Stenose der A. femoralis superficialis und Wandveränderung der A. femoralis profunda vor der Bifurkation



Normale Nierenarterien (rot) und Nierenvenen (blau)

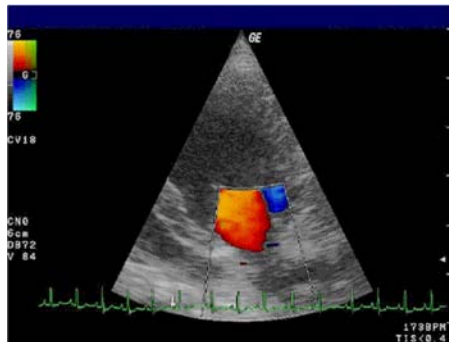


Stenose der V. femoralis superficialis (blau) mit Abschnitt der A. femoralis superficialis (rot) und der V. superficialis profundae

32

1.1 SONOGRAPHIE

Farb-Doppler Verfahren

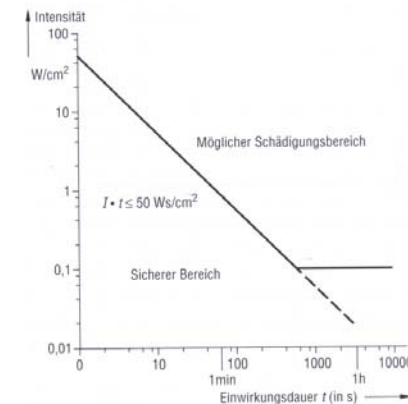


Herzuntersuchung: Mitralinsuffizienz

33

SICHERHEITSASPEKTE

Schädigungsgrenze für diagnostisch angewendeten Ultraschall nach W.L. Nyborg



34

2. THERAPIE

Die **Ultraschalltherapie** beruht auf der Wärme- und mechanischen (Mikromassage-) Wirkung des Ultraschalls.

- ✓ Kleinere Intensität: Mikromassage
- ✓ Größere Intensität: Zerstört Gewebe, Moleküle; (entstehen freie Radikale, DNA-Brechungen)
 - ✓ Kavitation (Entstehung von Hohlräumen bzw. Gasbläschen)

35

2. THERAPIE

Ultraschalltherapie: Thumorthherapie (Hyperthermie)
physikalischen Therapie (z.B. Tennis-Ellebogen)
Zahnsteinentfernung

Übliche Werte:

Betriebsfrequenz: 800 kHz,

Maximalintensität: einige W/cm².

Ultraphonophorese-Therapie - eine Behandlung, wobei Medikamente mit Hilfe der Ultraschallenergie (dem Schalldruck) in den Körper gebracht werden

36