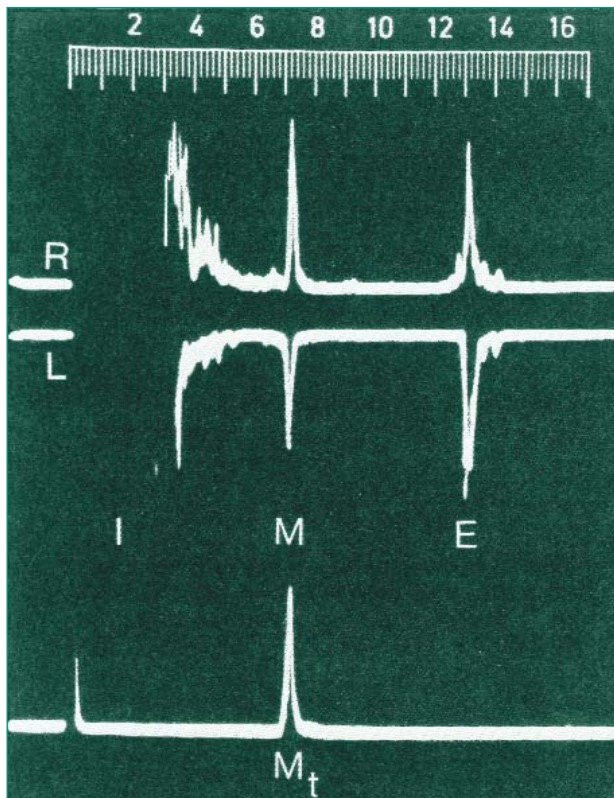


# A-Scan



Normales Echoencephalogramm.  
Der Schallimpuls verläuft von links nach rechts.  
I = Eintrittsecho  
E = Austrittsecho  
M = Mittelecho

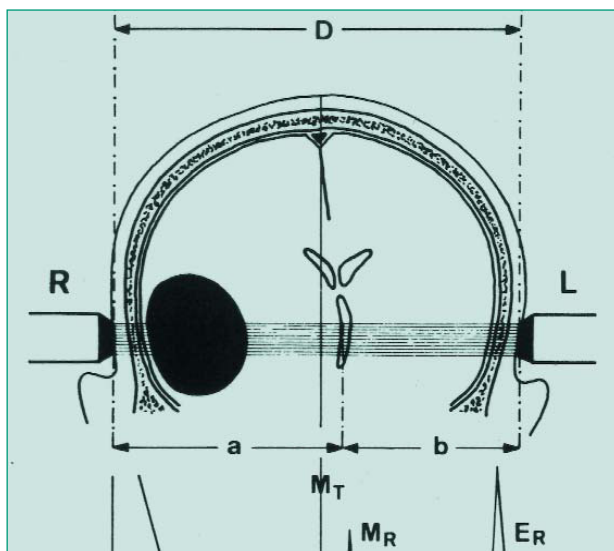
Das *A-Scan-Verfahren* stand am Beginn der Ultraschall-diagnostik. Ein piezoelektrischer Kristall sendet periodisch mit einer Frequenz von 0,3 bis 10 kHz Impulse für die Dauer von ca. 1 ms aus.

Mit jedem Schallimpuls wird auf dem Bildschirm eine Zeitlinie geschrieben, die den Laufweg darstellt. In den Sendepausen werden die von akustischen Grenzflächen reflektierten Echos empfangen und als Echozacken (Amplituden) abgebildet.

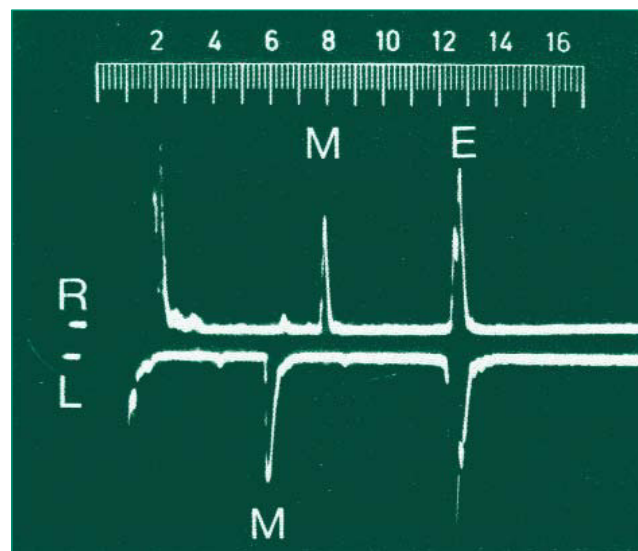
Dieses Verfahren ging zunächst als *Echolot* etwa 1912 in die Schifffahrt ein und wurde in den dreißiger Jahren zur zerstörungsfreien *Materialprüfung* genutzt.

**1949** wurde es durch **G. Ludwig** (Pennsylvania) in die Medizin eingeführt und bekam unter der Bezeichnung »A-Scan« große Bedeutung in der *Echoencephalographie*, die noch bis in die achtziger Jahre durchgeführt wurde.

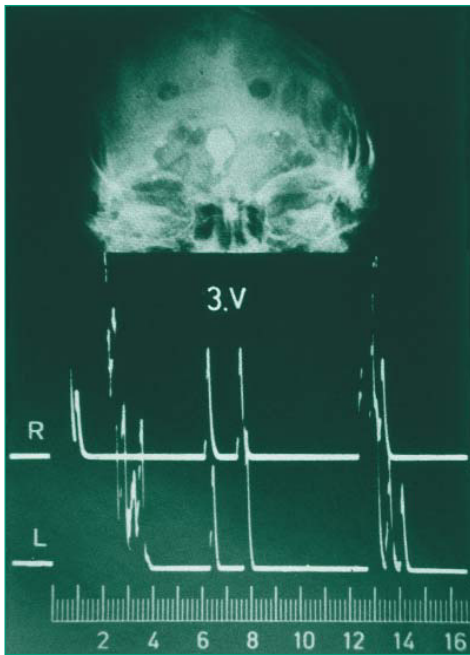
Im Laufe der Entwicklung wurde diese Art der Signalverarbeitung wegen der fehlenden anatomischen Orientierungsmöglichkeiten durch das »B-Scan-Verfahren« abgelöst.



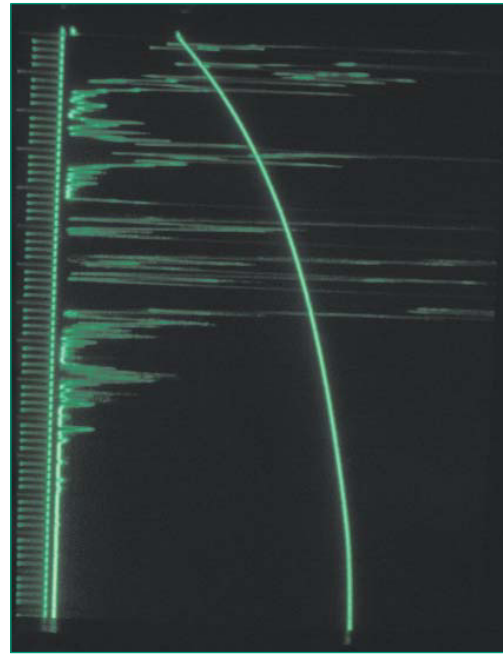
Der rechtsseitige Hirntumor verlagert das Mittelecho nach links, so dass es nicht mehr mittelständig ist



# Vom A-Scan zum B-Bild



A-Scan  
zum Ausmessen  
des 3. Ventrikels



A-Scan der Leber

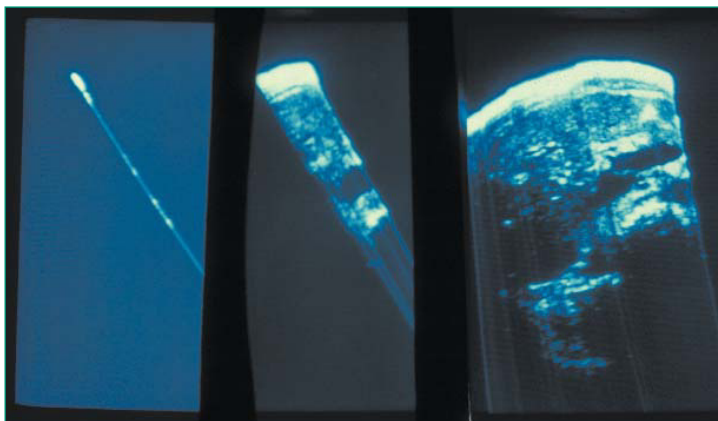
Das **1954** von **Leksell** eingeführte A-Scan-Verfahren zur Schäldiagnostik schien von vornherein in komplexen Körperregionen wie dem Bauchraum ungeeignet. Zur topographischen Orientierung war hier ein echtes bildgebendes Verfahren erforderlich. Zwei Schritte führten vom A-Scan zum eigentlichen bildgebenden Verfahren, dem *B-Bild*:

1. Umwandlung des Amplituden-Scans in einen *Brightness-Scan*, das heißt, das Echo wird hier als (helligkeitsmodulierter) Bildpunkt auf einer Bildröhre dargestellt.
2. Im zweiten Schritt wird aus dem eindimensionalen Messstrahl durch Anordnung zahlreicher

Scanlinien in einer Ebene ein zweidimensionales Schnittbild.

Bei den ersten Geräten wurde die Schallsonde von der Hand geführt. Die einzelnen Ultraschallimpulse wurden zwar in einer Ebene, aber in der Richtung ungeordnet in den Körper »eingeschallt«: *Compoundscan* (**Howry 1952**)

Die Empfindlichkeit war noch gering, so dass eine Grenzfläche mehrfach getroffen werden musste, um ein messbares Echo zu erhalten. Über dem Schwellenwert wurde jedes Echo gleich hell dargestellt (*bistabiles B-Bild*). Der Bildaufbau dauerte mindestens mehrere Sekunden, zwischenzeitliche Bewegungen führten zu Störungen.



Aus dem eindimensionalen B-Scan entsteht durch Aneinanderreihen vieler Scanlinien (durch Verschieben des Schallkopfes) das zweidimensionale B-Bild (Schnittbild)



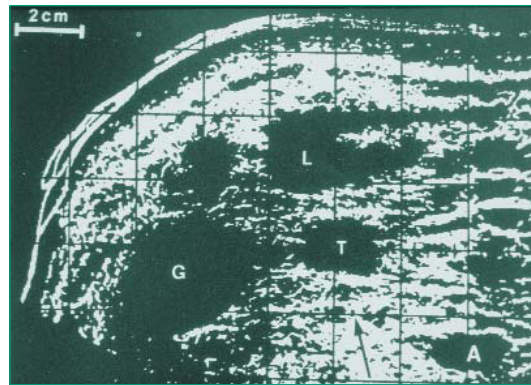
Fertiges B-Bild des Oberbauches  
(Compound-Scan)

# Vom bistabilen Bild zur Grauwerttechnik

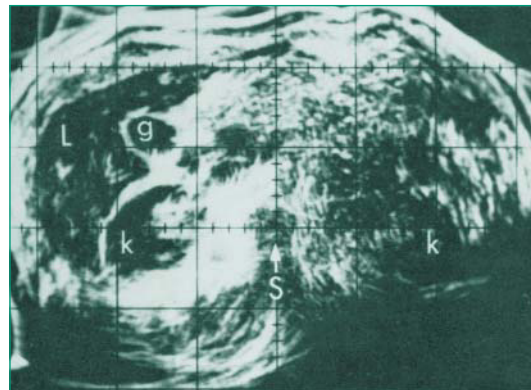
Die ersten Ultraschallbilder waren sogenannte bistabile Schwarzweißbilder: Ein Echo wurde ab einem (einstellbaren) Schwellenwert als immer gleich heller Bildpunkt abgebildet. Zusätzlich musste ein echoerzeugender Objektpunkt anfangs mehrfach von einem Ultraschallimpuls getroffen werden, um ein in einen Bildpunkt umsetzbares Echo zu liefern.

Der erste Schritt zu einer modernen Bildtechnik war die unterschiedlich helle Darstellung eines Echos in Abhängigkeit von seiner Stärke (1973, gray-scale-Technik). Diese Technik wurde noch bei Compound-Scan-Geräten eingeführt. Sie war bei den real-time-Geräten von vornherein vorhanden.

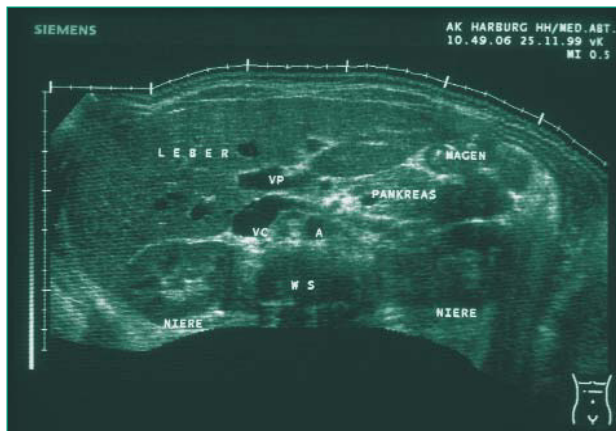
Einschneidende weitere Verbesserungen der Bildqualität wurden mittels elektronischer Fokussierung beim Senden und beim Empfang, durch Artefakt-Unterdrückung insbesondere



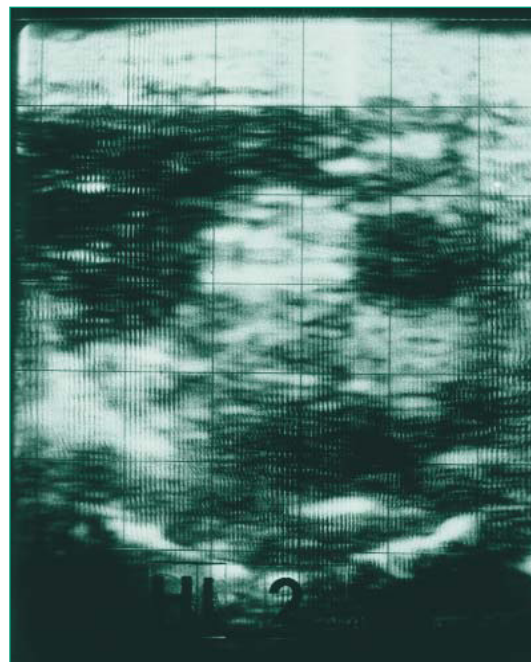
Bistabiles Bild des rechten Oberbauches mit Darstellung eines Pankreastumors (1966)



gray-scale-Compound-Scan-Bild des Oberbauch-Querschnittes (1973)



1999, Oberbauch-Querschnitt mit moderner Technik



real-time (Vidoson): Darstellung eines Oberbauch-Querschnittes mit einem Pankreastumor (1973)



1999, Dreidimensionale Darstellung eines Feten

im Nahfeld, und durch Einführung des digitalen Bildspeichers erreicht.

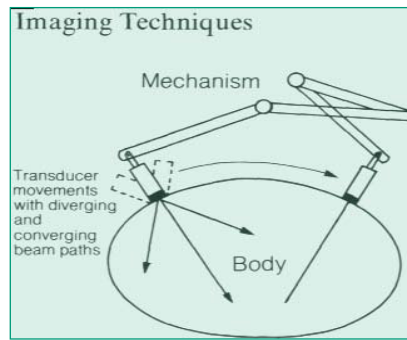
Die moderne Technik umfasst heute (1999) die Integration der Dopplersonographie als Duplex- und Triplex-Bild, die dreidimensionale Darstellung und die Technik des *Tissue-Harmonic-Imaging* zur weiteren Verbesserung der Bildqualität sowie die Entwicklung von Kontrastmitteln.

# Vom Compound-Scan zum real-time-System

Das ursprüngliche *Compound-Scan-System* hatte eine Reihe von Nachteilen. Dazu gehörte der komplexe, hohe technische Aufwand zur richtigen topographischen Zuordnung der Echos und der hohe Zeitaufwand zum Bildaufbau, der zu Bewegungsartefakten und langen Untersuchungszeiten führte. Bei der von Hand geführten Sonde war auch die Reproduzierbarkeit begrenzt.

Dies führte zur Entwicklung von »*real-time-Systemen*« mit schneller mechanischer und später auch elektronischer Abtastung.

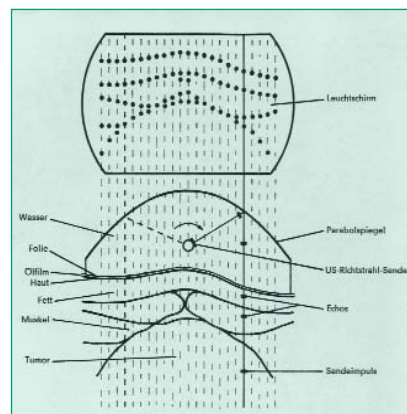
Das erste System war das *Vidoson-System*, bei dem von einem rotierenden Ultraschallsender die Ultraschallimpulse zunächst gegen einen Parabolspiegel und von diesem durch eine Wasservorlaufstrecke parallelgerichtet in den Körper geschallt wurden. Die Echos nahmen den gleichen Weg zurück. Der Bildaufbau geschah nun in Sekundenbruchteilen, was aber mit einer schmalen Abbildungsbreite erkauft werden musste.



Prinzip des Compound-Scans



Zwillings-Schwangerschaft (1968)



Vidoson: Prinzip der schnellen mechanischen Abtastung



1976, »Gesicht« eines Fötus, Compound-Scan



1980, Real-Time-System, sektorförmiges Bild

Die »*real-time-Technik*« setzte sich aufgrund der besseren Reproduzierbarkeit und des schnellen Bildaufbaus durch.

Bewegungen konnten direkt beobachtet werden wie z.B. die Bewegungen des Fötus oder die Pulsation eines Gefäßes. Die Untersuchungszeiten wurden kurz.

Die weitere technische Entwicklung führte zu verschiedenen Systemen, die lange Zeit und teilweise heute noch parallel genutzt werden. Im Einzelnen handelt es sich um mechanische und elektronische Abtastverfahren mit paralleler oder sektorförmiger Anordnung der Bildzeilen.

# TM-Bildverfahren oder TM-Mode

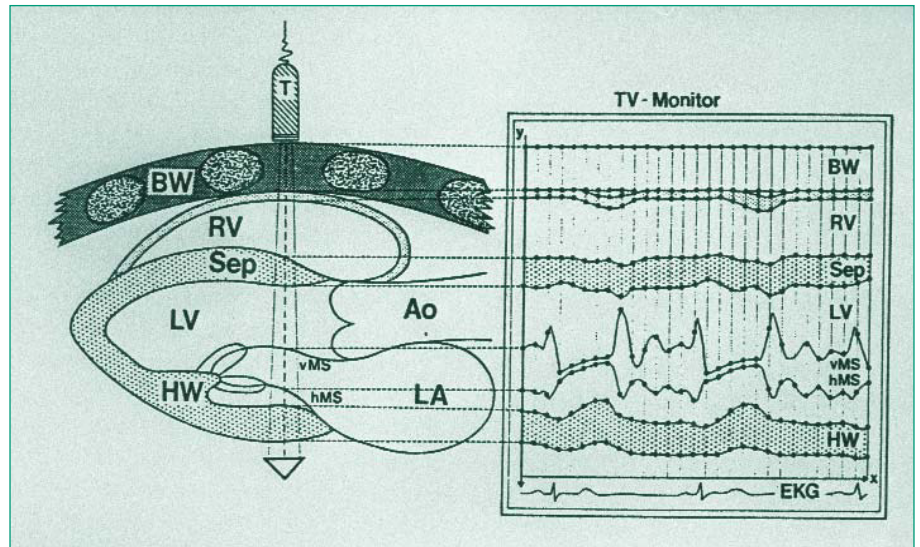
Im *A-Mode* lassen sich am besten ruhende Strukturen durch die Position des Echos abbilden.

Sobald sich die Strukturen bewegen, ist zur Messung der Bewegung das *M-Mode-Verfahren* notwendig. Denn im *A-Bild* lässt sich die Hin- und Herbewegung der Signale messtechnisch nicht verarbeiten.

Das *M-Mode-Verfahren* lässt neben einer exakten Lagebestimmung des Echoreflektors auch eine genaue Wiedergabe des Bewegungsmusters zu. Im oberen Abbildungsschema (Herz) bewegen sich zwei Strukturen parallel zueinander, wobei eine schnelle Ab- und Aufbewegung von einer längeren unbewegten Phase abgelöst wird (horizontale Linien). Dann erfolgt erneute Bewegung. Bewegte Grenzflächen oder Reflektoren werden hierbei in ihrer Position und Positionsänderung über die Zeit festgehalten, was zu der Bezeichnung *Time-Motion-Verfahren* oder *M-Mode* geführt hat.

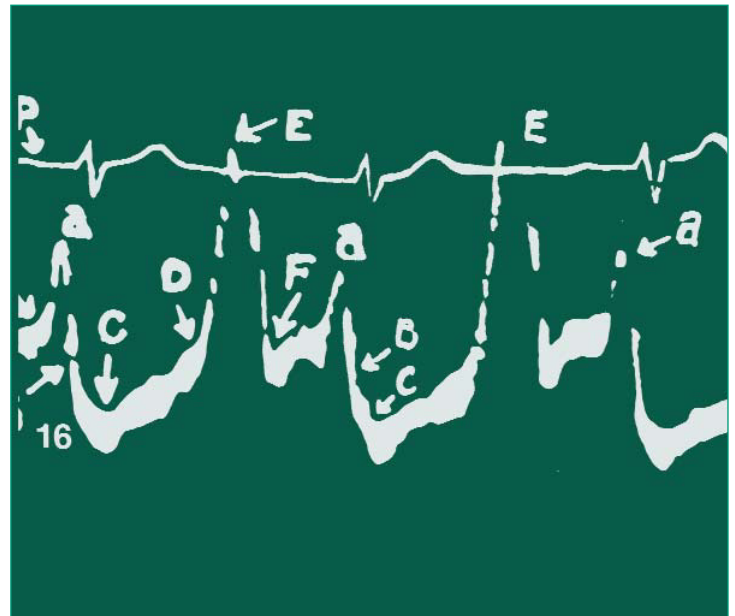
Im einfachsten Fall entsteht ein solches *M-Mode-Bild*, wenn ein Registrierpapier mit bekannter Geschwindigkeit über eine schlitzförmige Kathodenstrahlröhre bewegt wird. Oder wenn auf einem normalen Bildschirm die bewegten Bildpunkte mit einer wählbaren zeitlichen Ablenkung über die Schirmbreite bewegt werden.

Es ist das Verdienst von **H. Hertz** und **L. Edler**, dieses Verfahren **1953** erstmalig entwickelt und für die Darstellung von Herzklappen eingesetzt zu haben. Durch Weiterentwicklung wurde die *Echokardiographie* zur wichtigsten Untersuchungsmethode des Herzens in der täglichen Praxis. Durch immer leistungsfähigere Rechner ist es heute möglich, Abbildungen des Herzens in kompletten Schnittbildern mit Darstellung und Messung von Blutgeschwindigkeiten zu erhalten.



Schematische Darstellung des Signalaufbaus bei der TM-Echokardiographie:

- T = Transducer
- BW = Brustwand
- RV = rechter Ventrikel
- SEP = Ventrikelseptum
- LV = linker Ventrikel
- AO = Aorta
- HW = Hinterwand des linken Ventrikels
- LA = linker Vorhof
- VMS = vorderes Mitralsegel
- HMS = hinteres Mitralsegel



1957, Echokardiogramm (Krautkrämer-Siemens)