

Das Ultraschallmuseum der DEGUM informiert

Die Anfänge der Real-time-Ultraschall-Schnittbilddiagnostik vor 50 Jahren

Erste Versuche einer Diagnostik mithilfe von Ultraschall wurden 1940 von Gohr und Wedekind unternommen, allerdings noch ohne Ergebnisse von praktischer Bedeutung. 1942 entwickelte Dussik ein Durchschallungsverfahren für die Anwendung am Gehirn, das er „Hyperphonografie“ nannte. Dieses Verfahren erwies sich aber als ein Irrweg; denn die dargestellten Figuren entsprachen nicht der Anatomie. Das heute benutzte Impuls-Echo-Verfahren wurde der Natur „abgeguckt“, bzw. abgelauscht. Fledermäuse orientieren sich in der Dunkelheit dadurch, dass sie kurze Ultraschallschreie ausstoßen und durch die mit den Ohren empfangenen Echos Insekten und in der Flugbahn befindliche Hindernisse lokalisieren. Das Echoprinzip wurde zuerst in der Seefahrt als Echolot zur Messung von Meerestiefen, aber auch zur Ortung von Fischschwärmen und U-Booten angewandt. In der metallverarbeitenden Industrie wird das Impuls-Echo-Verfahren zur Prüfung von Werkstücken auf Fabrikationsfehler benutzt.

Vom Echolot war der Weg dann nicht mehr weit zur Anwendung des Impuls-Echo-Verfahrens in der Neurologie (Echo-Enzephalografie), der Ophthalmologie (Echo-Ophthalmografie) und in der Kardiologie (Echo-Kardiografie). Dabei wurde zunächst nur das eindimensionale A-mode benutzt, in dem die Echos als Zacken einer Kurve dargestellt wurden. Auch der Vater der gynäkologisch-geburtshilflichen Ultraschalldiagnostik, der Schotte Ian Donald, benutzte zunächst ein Materialprüfgerät im eindimensionalen A-mode zur Untersuchung gynäkologischer Tumoren.

Ende der 1950er und Anfang der 1960er Jahre wurden dann an mehreren Orten in verschiedenen Kontinenten 2-dimensionale Schnittbildgeräte entwickelt, teils mit, teils ohne Wasservorlaufstrecke. Diese Geräte arbeiteten mit einer sog. Speicherröhre, auf welcher innerhalb von 1 bis 2 Minuten ein Schnittbild der untersuchten Körperregion aufgebaut wurde, während der Schallkopf manuell über die Körperoberfläche geführt wurde. Dieses Verfahren war also zeitaufwändig, und die auf der Speicherröhre erzeugten Bilder waren hart, schwarz/weiß, ohne Grautöne.

Außerdem konnten Bewegungsartefakte infolge des langsamen, manuell geführten Bildaufbaus auftreten.

Während der 1960er Jahre wurden auch schon Untersuchungen der weiblichen Brust vorgenommen, vor allem in Japan und den USA. Aber das Verfahren war wegen des schlechten Auflösungsvermögens, des Fehlens von Grautönen und des hohen Zeitaufwands noch nicht mit der Röntgenuntersuchung der Brust konkurrenzfähig.

Das ließ dem jungen Ingenieur Richard Soldner bei der Firma Siemens in Erlangen keine Ruhe. Er konstruierte in den Jahren 1962 bis 1964 ein Gerät, welches mit einer automatischen Abtastung eine Bildfrequenz von zunächst 10, später 16 Bildern pro Sekunde erreichte.

• **Abb. 1** zeigt das Abtastprinzip: Innerhalb eines mit Wasser gefüllten Applikators dreht sich die Schallquelle im Brennpunkt eines Parabolspiegels. Die Schallimpulse werden gegen den Parabolspiegel ausgesandt und von diesem – fokussiert – auf die den Applikator abschließende Folie reflektiert. Dreht sich die Schallquelle, so resultiert eine parallele Verschiebung der vom Parabolspiegel reflektierten Ultraschallimpulse, welche durch die Folie des Applikators in den Körper eindringen. Auf umgekehrtem Weg erreichen die Echos den Schallkopf, der nach der Aussendung eines Ultraschallimpulses von Sendung auf Empfang umgeschaltet wird. Die empfangenen Echos wurden auf einem Bildschirm als Punkte dargestellt, und aus zahlreichen Punkten entstand ein Bild. Infolge der hohen Bildfrequenz von 10, später 16 Bildern pro Sekunde konnte der Untersucher das filmartige Bild unmittelbar, real-time betrachten. Dadurch ließen sich die Nachteile der Speicherröhre vermeiden, sodass auf dem Bildschirm nun auch Graustufen abgebildet wurden. Außerdem war die Abtastung so schnell, dass die weibliche Brust innerhalb weniger Minuten in zahlreichen Schnittebenen untersucht werden konnte. Insofern bot das Gerät gute Voraussetzungen für ein Mammakarzinom-Screening, welches Soldners Idee war. Da es für die Untersuchung der weiblichen Brust im Liegen konzipiert war, genügte die Eindringtiefe von 12 cm.

Die 1. Erprobung des Geräts 1962 in einer Universitäts-Frauenklinik war jedoch nicht erfolgreich. Nach einer Überarbeitung kam der Apparat 1965 in die Universitäts-Frauenklinik Göttingen, wo man sich schon seit einiger Zeit mit der Messung des knöchernen Beckens mittels des eindimensionalen A-mode befasste. Aber auch für die Beckenmessung war Soldners Gerät ungeeignet – sollte nun in Erlangen die Weiterentwicklung gestoppt werden? Auf der Suche nach einer weiteren Anwendungsmöglichkeit kam das Gerät dann 1965 zur Erprobung in die **Universitäts-Frauenklinik Münster**; denn ein älterer Assistent der Klinik, Dr. P. Weiser, hatte sich 1964 bei der Firma Siemens nach Möglichkeiten der Ultraschalldiagnostik im Bauchraum erkundigt. Außerdem hatte ein Oberarzt der Klinik, Prof. Dr. D. Hofmann, familiäre Verbindungen zur Firma Siemens.

Am 29. Juli 1965 wurde das Gerät von Herrn Soldner und seinem Laborchef, Herrn Dipl.-Ing. Walter Krause, nach Münster gebracht und aufgebaut. Zu diesem Zeitpunkt war ich der jüngste Assistent der Klinik. Ich kam zufällig vorbei, und da ich Interesse an dem neuen Apparat zeigte und noch kein eigenes Arbeitsgebiet hatte, wurde ich beauftragt, dieses Gerät zu testen.

Der Apparat, der später den Namen ‚Vidison‘ erhielt, bestand aus 3 Teilen: einem fahrbaren Röntgenstativ, welches links das Sichtgerät (ein modifiziertes Materialprüfgerät System Krautkrämer) mit einem Photovorsatz und rechts an einem in 3 Dimensionen beweglichen Arm den von Soldner entwickelten Ultraschallapplikator trug (• **Abb. 2**).

Die Abtastung über den Applikator erfolgte über eine Breite von 13–14 cm bei einer mittleren Zeilenzahl von etwa 1 Zeile pro Millimeter. Die Eindringtiefe betrug bei dem 1. von uns getesteten Prototyp max. 12 cm. Sie wurde später auf 16 und schließlich sogar auf 20 cm vergrößert. Das Gerät arbeitete mit einer Ultraschallfrequenz von 2,5 MHz. Die Impulsdauer betrug etwa 1 µsec. Die mittlere Ultraschallintensität wurde von der Firma Siemens mit ca. 3 mW/cm² angegeben, die Intensität des einzelnen Impulses mit ca. 10 Watt/cm².

Durch eine motorische Verschiebung des Strahlerkopfs innerhalb des Schallapplikators (• **Abb. 3**) konnte die Schnittebene um max. 3,5 cm parallel verschoben werden, ohne den Schallapplikator zu bewegen. Diese Möglichkeit konnte beim Aufsuchen der günstigsten Schnittebene hilf-

reich sein. Die Bilder konnten photographisch fixiert werden. Die Möglichkeit einer elektronischen Speicherung bestand damals noch nicht. Auch konnte das filmartige Schirmbild nicht angehalten werden. Mit dem Gerät wurde mir eine größere Publikation des schwedischen Gynäkologen B. Sundén übergeben. Dieser hatte eine Weile bei I. Donald gearbeitet und 1964 in Lund seine Erfahrungen mit dem von Donald und Mitarbeitern in Glasgow entwickelten Compoundscanner in einer umfangreichen Dissertationsschrift dargestellt.

Allein gelassen mit dem Gerät versuchten wir nun zunächst das zu reproduzieren, was Sundén publiziert hatte.

Unser 1. Ziel war die Darstellung gynäkologischer Tumoren, z.B. Myomen und

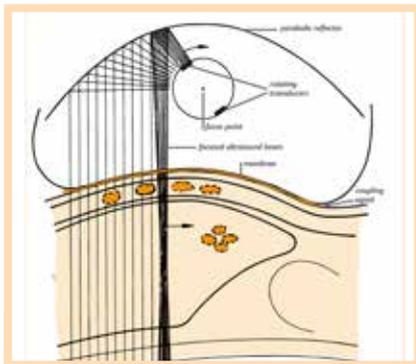


Abb. 1 Darstellung des Scan-Prinzips beim „Vidoson“ (nach Soldner und Krause).

Ovarialtumoren. Hierbei waren wir rasch erfolgreich (Abb. 3). Durch eine Senkung der Verstärkerschwelle wurden nicht nur die Konturen der Tumoren, sondern auch Binnenstrukturen sichtbar, und zwar sehr viel besser als auf den Bildern von Sundén, der ja noch mit einer Speicherröhre arbeitete. Nachdem das neue Gerät zunächst von manchen Kollegen mit Skepsis oder gar Spott betrachtet worden war, änderte sich deren Einschätzung, als es mir gelang, bei einer 81-jährigen, adipösen Patientin eindeutig einen Ovarialtumor darzustellen, der vorher selbst in Narkose nicht getastet worden war.

Unser 2. Ziel war die Diagnostik in der 2. Schwangerschaftshälfte – 1965 wurde in unserer Klinik bei ca. 10% aller zur Entbindung eingewiesenen Frauen eine Röntgenuntersuchung durchgeführt. Typische Fragestellungen waren: Zwillinge?, intrauteriner Fruchttod?, Hydrocephalus?, Anencephalus?, Lage des Kindes?, verengtes Becken? Nach und nach stellten wir fest, dass sich diese Fragen auch durch eine Ultraschalluntersuchung beantworten ließen. Rasch ersetzte die Ultraschall-

Röntgendiagnostik, und in den folgenden Jahren ging die Zahl der Röntgenuntersuchungen um 90% zurück. Nur eine Beckenmessung mittels Ultraschalls war uns nicht möglich.

Die 1. Erprobungsphase wurde nach 8 Wochen beendet und das Gerät nach Erlangen zurückgeholt. Unsere – vorwiegend positive – Erfahrungen stellten wir am 10.11.1965 in der Medizinischen Gesellschaft in Münster vor. Die Firma Siemens war jetzt ermutigt, die Entwicklung des Gerätes fortzuführen, sodass wir ab dem 1. März 1966 nochmals für 3 Monate Gelegenheit zur weiteren Erprobung bekamen. Dabei ergaben sich jetzt völlig neue diagnostische Möglichkeiten.

In jener Zeit hatten wir nämlich noch viele Schwangere mit Rhesus-Inkompatibilität zu betreuen. Eines Tages fragte ein Kollege, der Amniocentese bei Rhesus-Inkompatibilität durchführte, ob man nicht mittels Ultraschalls die Plazenta lokalisieren könne, um das Risiko der Amniocentese zu vermindern. Nachdem diese Frage einmal gestellt war, gelang uns die Darstellung der Plazenta sogleich, und wir fragten uns, warum wir sie nicht schon vorher gesehen hatten. Bei retrospektiver Betrachtung älterer Aufnahmen war die Plazenta auch auf diesen sichtbar, aber



Abb. 2 Der Prototyp des „Vidoson“ der Fa. Siemens, 1966.

wir hatten sie nicht gesehen, bevor die Frage aufgeworfen worden war. Wir waren begeistert über diese Entdeckung, und ab sofort wurde vor jeder Amniocentese und jeder intrauterinen Bluttransfusion eine Plazentalokalisation vorgenommen und die Punktion an einer plazentafreien Stelle durchgeführt.

Bei diesen Ultraschalluntersuchungen beobachteten wir erstmals Zeichen eines schweren Rh-bedingten Morbus haemolyticus: eine Polyhydramnie, eine hydroprische Verdickung der Plazenta und die Zeichen eines Hydrops des Kindes (Ascites und Doppelkontur am Kopf infolge der ödematösen Verdickung der Haut,

Abb. 4). Trat ein intrauteriner Fruchttod auf, war dieser – wie im Röntgenbild – nach einigen Tagen an einer Deformierung des kindlichen Schädels zu erkennen.

Aber wir entdeckten plötzlich auch ganz neue Möglichkeiten des Real-time-Verfahrens: Wir sahen, dass wir im Ultraschallbild Bewegungen des Kindes und seinen Herzschlag beobachten konnten. Und so konnten wir einen intrauterinen Fruchttod sofort durch die Beobachtung des Herzstillstands erkennen und nicht wie bisher erst nach mehreren Tagen, nach Auftreten der Mazerationszeichen. An die Möglichkeit, im Real-time-Bild auch Bewegungen zu beobachten, hatte Richard Soldner bei der Entwicklung des Gerätes noch gar nicht gedacht.

Nachdem wir in der 2. Schwangerschaftshälfte so atemberaubende Ergebnisse erzielt hatten, setzten wir das Gerät zunehmend auch in der 1. Schwangerschaftshälfte ein. Sundén war aufgrund ausgiebiger Literaturrecherche, eigener Erfahrung und eigener Tierexperimente zu der Erkenntnis gekommen, dass diagnostischer Ultraschall weder Schäden am Embryo noch an den Ovarien verursache.

Der schwangere Uterus war damals vor der 20. Schwangerschaftswoche diagnostisch noch ein schwarzes Loch. Der Fetus war weder im Röntgenbild darstellbar, noch war sein Herzschlag so früh festzustellen. Und Bewegungen des Kindes werden von der Mutter ja erst ab etwa der 20. Woche wahrgenommen.

Schon bald konnten wir 1966 während der 2. Erprobungsphase den Embryo ab der 12. Woche p.m. darstellen und seine Bewegungen beobachten; die Herzaktion ließ sich ab der 13. Woche erkennen (spä-



Abb. 3 Sonogramm eines soliden, malignen Ovarialtumors. Deutliche Binnenstruktur des Tumors bei niedriger Verstärkerschwelle des Geräts. Die Zeilenabstände des Rasters auf dieser und den folgenden Abb. entsprechen einer Entfernung von 2 cm innerhalb des Körpers.

ter, bei größerer Erfahrung, in Einzelfällen frühestens in der 7. Woche).

Eine Zwillingsschwangerschaft wurde 1966 schon in der 17. Woche diagnostiziert (◉ **Abb. 5**) und differenzialdiagnostisch von einer Blasenmole unterschieden.

Auch Messungen des kindlichen Schädels waren mit dem neuen Ultraschallgerät bereits ab der 13. Woche möglich, wodurch die Bestimmung des Schwangerschaftsalters genauer wurde, als wenn – wie bisher publiziert – die Messung erst nach der 30. Woche vorgenommen wurde.

Aufgrund unserer neuen Erkenntnisse über die Bedeutung der Ultraschalldiagnostik für die Geburtshilfe entschied sich die Firma Siemens, eine kleine Serie des neuen Gerätes zu bauen. Es erhielt den Namen ‚Vidoson‘. 1967 konnten wir die Nr. 1 in Betrieb nehmen. Das Vidoson hatte jetzt eine Eindringtiefe von 15–16 cm statt bisher 12 cm, was für die Untersuchung in der 2. Schwangerschaftshälfte wichtig war, insbesondere für die Messung des kindlichen Bauchumfangs, der sich als wichtiger Parameter für die Gewichtsbestimmung des Kindes erwies. Nach erst 120 Untersuchungen war das Vidoson in unserer Klinik bereits allgemein als eminent wichtiges diagnostisches Instrument anerkannt. Die Untersuchungsfrequenz stieg von Jahr zu Jahr. Da die Kollegen der benachbarten Medizinischen Klinik von der Existenz der neuen diagnostischen Möglichkeit gehört hatten, kamen sie immer öfter mit Patienten, die eine vergrößerte Leber und / oder Milz hatten, mit Ascites oder einem Pericarderguss. So blieb unsere diagnostische Tätigkeit nicht nur auf gynäkologische Fälle beschränkt (◉ **Abb. 6**).

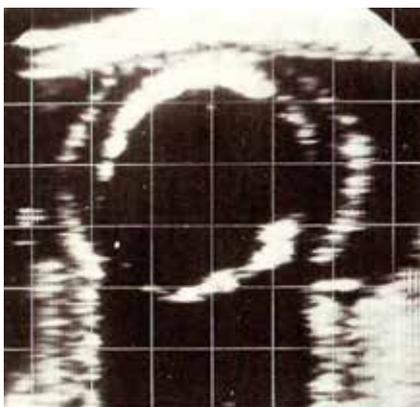


Abb. 4 Kindlicher Schädel mit Doppelkontur („Heiligenschein“) infolge Hydrops bei schwerem morbus haemolyticus. 28. Schwangerschaftswoche.

Das Vidoson wurde ab 1967 auch in anderen deutschen Frauenkliniken eingesetzt, z. B. in Aachen, Berlin, Essen, Frankfurt, München und Tübingen.

1969 fand in Wien der 1. Ultraschall-Weltkongress statt. Dort trugen 13 gynäkologisch-geburtshilfliche Arbeitsgruppen aus aller Welt ihre Ergebnisse mit der Schnittbilddiagnostik vor. Nur 3 von ihnen arbeiteten zu dieser Zeit mit dem Vidoson, alle anderen noch mit Compound-Geräten.

In Wien lernte ich 1969 auch Gerhard Rettenmaier kennen, den Pionier der Vidoson-Anwendung auf internistischem Gebiet. Er trug dort seine Untersuchungsergebnisse über normale und krankhafte Ultraschallreflexionen in der Leber vor. Danach hatte er heftigen Streit mit den Anwendern der Compound-Technik mit Speicherröhre, welche die normale Leber echoleer fanden, während Rettenmaier mit dem Vidoson auch in der normalen Leber ein Echomuster fand. Rettenmaier bezeichnete später (1977) die fehlende Darstellung von Grauwerten als einen Geburtsfehler der Speicherbild-Technologie, welcher erst ab 1977 durch eine neue Grauwerttechnik des Compoundscan-Verfahrens (Scanconverter) beseitigt wurde.

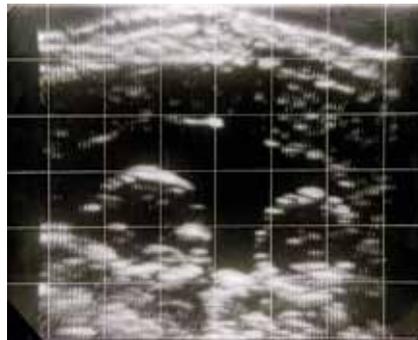


Abb. 5 Die Köpfe von Zwillingen in der 17. Woche.

Auch im Fach der Frauenheilkunde wurde in den Jahren 1968 bis 1975 zuweilen heftig diskutiert über die Vor- und Nachteile des Compound-Scanverfahrens einerseits und des Real-time-Verfahrens andererseits. Ein Vorteil des Compound-Verfahrens war zweifellos die Möglichkeit, Querschnitte des ganzen Abdomens darzustellen, während das Vidoson nur Ausschnitte von 14 cm Breite und 16 cm Tiefe zeigte, dafür aber schneller war. Alfred Kratochwil in Wien kombinierte den Compound-Scan mit dem eindimensionalen A-Mode, um die kindliche Herzaktion nachzuweisen oder auch für die Darstellung von Gewebstrukturen.

Das Vidoson fand nach 1969 in Europa weite Verbreitung, sowohl in der Frauenheilkunde als auch in der Inneren Medizin, vorwiegend in Deutschland, kaum dagegen im anglo-amerikanischen Raum. Es wurden über 3000 Geräte produziert. In Deutschland erwarben vor allem viele Frauenärzte während ihrer Ausbildung Kompetenz in der Ultraschalluntersuchung und kauften bei ihrer Niederlassung ein Vidoson.

Das Ende der Vidoson-Ära begann sich 1975 abzuzeichnen, als auf dem ersten Europäischen Ultraschall-Kongress in München von der Firma ADR das 1. serienmäßig hergestellte Gerät mit einem elektronischen Linear-Array vorgestellt wurde. Die Firma Siemens reagierte darauf mit einer weiteren Verbesserung des



Abb. 6 Vergrößerte Milz bei Leberzirrhose.

Vidosons. Das neue Vidoson 735 konnte sich dann aber nicht mehr lange in der Konkurrenz mit den billigeren und handlicheren Geräten mit elektronischer Abtastung behaupten. Etwa 1980 wurde die Produktion des Vidosons eingestellt. Auch die Produktion von Compound-Geräten lief zu dieser Zeit aus.

Es bleibt das Verdienst von Richard Soldner, dass er weltweit als erster die Vorteile der Real-time-Schnittbilddiagnostik gesehen und seine Idee in die Tat umgesetzt hat. Ich persönlich bin dankbar, daß ich bei der Geburt der Real-time-Sonografie auf dem Gebiet der Frauenheilkunde Geburtshilfe leisten durfte.

*Prof. Dr. med. Hans-Jürgen Holländer,
Dinslaken*

Literatur (Seite 525, englische Version)