



# Dr. Computer

Vom diagnostischen  
Blick zum  
Diagnosecomputer

**Zweifellos basieren die Erfolge der heutigen Medizin auf der langen Tradition dieser Disziplin. Ohne die Elektronik aber wäre der heutige Stand sicher nicht denkbar.**

Manche Abteilungen in unseren Krankenhäusern, die Intensivstationen beispielsweise, aber selbst modern ausgestattete Arztpraxen muten den unerfahrenen Patienten fast wie Elektronik-Laboratorien an: es blinkt, flimmert, leuchtet, summt und anzeigt in einer Tour — und das in einer undurchschaubaren, nicht wenigen Kranken Furcht einflößenden, „unpersönlichen“ Art und Weise. Doch hier soll nicht das beliebte Thema nobler Akademie-Kongresse, die Suche

nach der „verlorengehenden Humanität im Krankenhaus“, einmal mehr ausgesprochen werden — so wichtig dieses Thema auch sicherlich sein mag. Hier soll die Rede davon sein, wie sehr elektronische Innovationen, Dinge, von denen Paracelsus nicht einmal träumen konnte, heute die Diagnose verbessern, die Therapie leiten und die Genesung des Patienten „durchschaubar“ machen. Sofern aller Aufwand nur überhaupt eine Genesung ermöglichen kann.

## **Noch ehe man auf der Welt ist...**

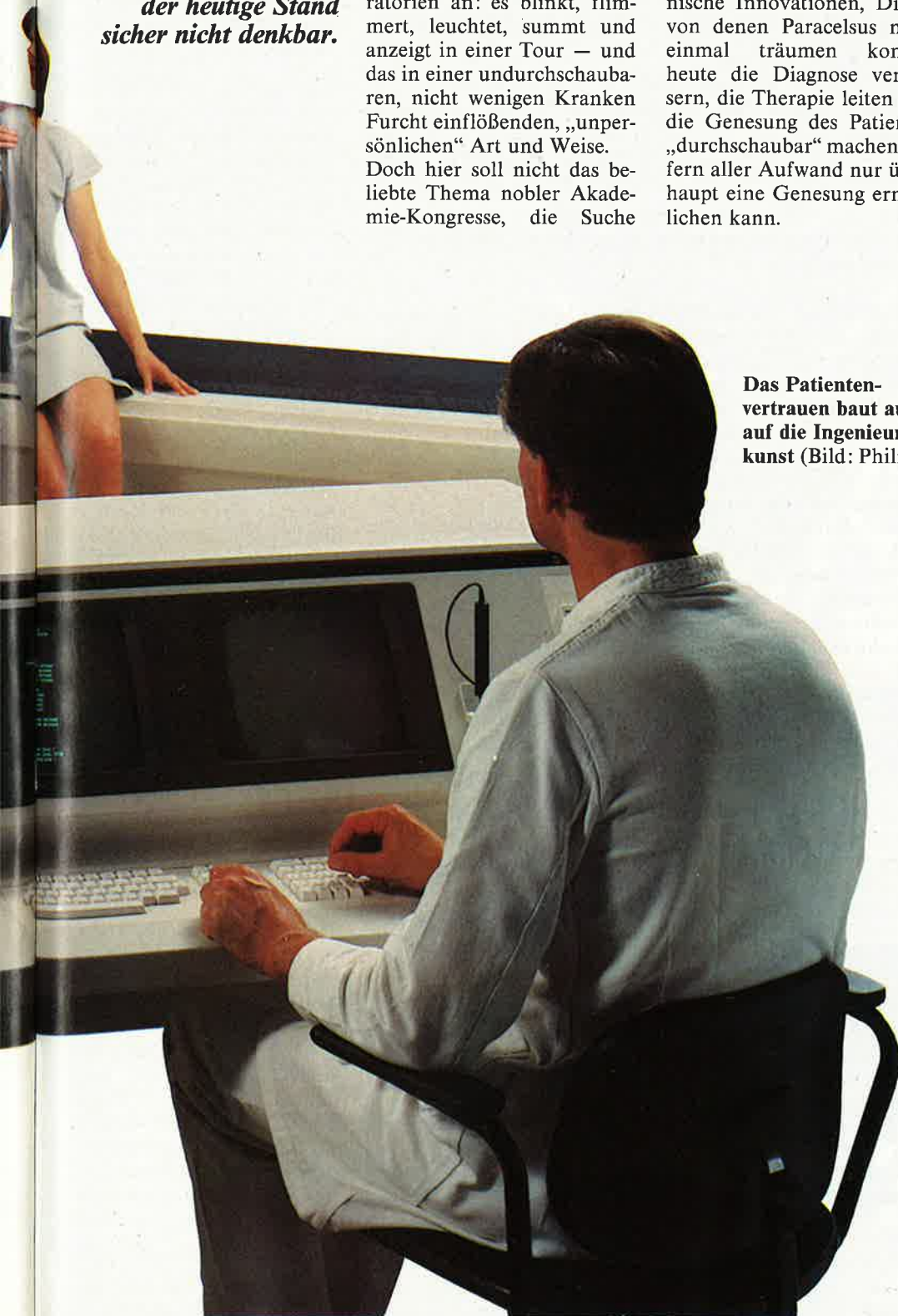
Medizinische Elektronik prüft das Befinden eines Menschen heute schon, bevor er noch geboren ist. Sogenannte „Fetal-Monitore“, hier sei als Beispiel ein Gerät von Hewlett-Packard erwähnt, zeigen dem Arzt den Herzschlag des noch Ungeborenen an und versorgen ihn mit Hinweisen wie den, ob vielleicht eine künstliche Öffnung der Fruchtblase indiziert ist.

Wiewohl so ein Gerät seine Informationen über ein Ultraschallverfahren gewinnt, entsprechen die Herzfrequenz-Kurven, wie der Hersteller angibt, ganz exakt denen, die eine elektrokardiographische Direktaufzeichnung liefert, beziehungsweise liefern würde (Bild 1).

Diese Genauigkeit kommt natürlich nicht von ungefähr, sondern ist nicht an letzter Stelle der modernen Mikroprozessortechnik zu verdanken: Der kleine Computer gestattet es, die aufgenommenen Schallsignale in einer mathematisch komplizierten Art und Weise („Autokorrelationsmethode“) zu verarbeiten und dabei die — interessierenden — periodischen (Herz-)Signale von Störsignalen und vom Rauschen sicher zu trennen. Was nicht zuletzt deshalb wichtig ist, weil Störsignale im Uterus die schwachen, fetalen Herzschläge leicht verdecken können.

Wie komfortabel so eine Überwachungstechnik dank immer weiter ausgefeilter Elektronik im Laufe der Zeit geworden ist, zeigen aber erst die Details: So meldet der Fetal-Monitor nach einem Selbsttest nicht nur, daß er betriebsbereit ist, er meldet mit grünem Licht und hörbaren Herztönen auch, daß der Ultraschall-Aufnehmer korrekt sitzt und eine brauchbare Aufnahme zu erwarten ist. Das macht seinen Einsatz erst so richtig sicher. ▷

**Das Patientenvertrauen baut auch auf die Ingenieurkunst (Bild: Philips)**





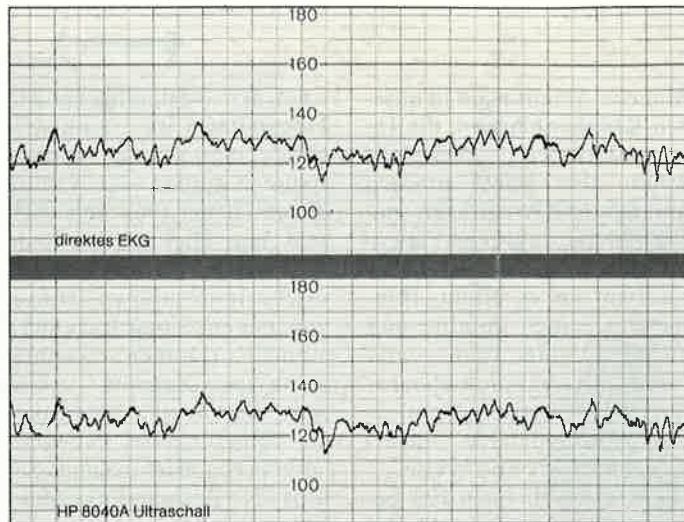
## Taugen die Blutgefäße noch?

Springen wir jetzt um Jahrzehnte weiter — unser so prima überwachtes Neugeborenes soll inzwischen älter und ein Opfer der typischen Herz-Kreislauf-Defekte geworden sein, die unsere sitzende, von überreicher Nahrungsaufnahme gekennzeichnete Lebensweise so oft nach sich zieht. Und die Frage möge lauten, wie intakt sind die (Blut-)Gefäße des Patienten eigentlich noch?

Bisher war es nötig, dem Patienten zur Beantwortung dieser Frage zunächst ein sogenanntes Röntgenkontrastmittel einzuspritzen (es sorgt dafür, daß Adern im Röntgenbild schön klar erkennbar sind), dann eine Röntgenaufnahme zu machen und diese schließlich mit einer exakt deckungsgleichen weiteren, zuvor gemachten Aufnahme zur Deckung zu bringen: so erst konnte man, auf dem Wege der „fotografischen Röntgensubtraktion“ diagnostisch relevante Detailinformationen über den Zustand des Patienten gewinnen.

Elektronik nun vereinfacht diese zeitraubende Prozedur ganz entscheidend und erlaubt es, angiografische Funktionsabläufe — also das, was in den Gefäßen geschieht — „in Echtzeit“ (so eine Siemens-Information) darzustellen.

Die genannte Firma entwickelte dazu Bildverarbeitungssysteme namens „Angiotron“



**Bild 1: Das EKG beweist die Gleichwertigkeit der schonenden Ultraschalldiagnose des Herzschlages bei Ungeborenen (Bild: Hewlett-Packard)**

und „Digitron“, die die Signale des Röntgenbildes fortlaufend digitalisieren und zunächst einmal die Bilddaten des sogenannten „Leerbildes“ (ohne Kontrastmittel) speichern. Von diesen Daten werden nun fortlaufend die digitalen Daten des vergleichbaren „Füllbildes“ subtrahiert und aus den Differenzwerten wiederum analoge Videosignale erzeugt. Sie schließlich werden auf dem Bildschirm als „Subtraktionsbild“ — es wird 50mal pro Sekunde erzeugt — sichtbar gemacht.

Und was bringt nun der ganze elektromedizinische Diagnoseaufwand? Eine ganze Menge, wie die Väter dieses Verfahrens gern festgehalten wissen möchten — und zwar vor allem für den Patienten: denn da man nun-

mehr mit viel geringeren Konzentrationen des Kontrastmittels auskommen und elektronisch dennoch brauchbare Bilder erzeugen kann, muß man es nun nicht mehr in die Arterie, sondern kann es in die Vene injizieren. Das wiederum erleichtert dem Patienten diese Prozedur ganz wesentlich — so sehr, daß man die einschlägigen Untersuchungen nun neuerdings auch ambulant durchführen kann.

Und das, ganz nebenbei, müßte eigentlich wiederum die Gesundheitspolitiker freuen: denn schon lange gibt es intensive Bestrebungen, von teuren, stationären Krankenhausaufenthalten wegzukommen und mehr in der — angeblich billiger arbeitenden — Praxis des freien Arztes machen zu lassen.

## Im Notfall zur Stelle

Szenenwechsel. Statt im Krankenhaus oder in einer ärztlichen Praxis, sind wir nun irgendwo auf einem Sportplatz, in einer unfallbedrohten Arbeitsumgebung oder vielleicht gerade bei einer ergometrischen Messung — da passiert es: plötzliches Herzflimmern; rasche Hilfe tut not.

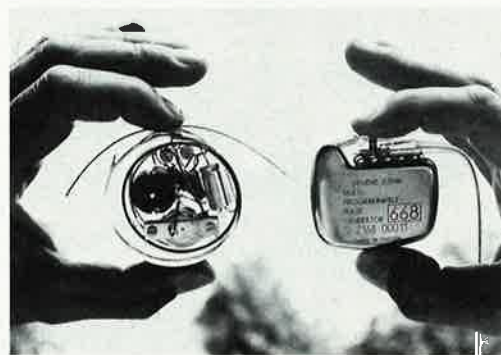
Hier kann man auf aufwendige Diagnostik getrost verzichten, hier ist unter den elektronischen Helfern der Arztes bloß einer gefragt, der diesem lebensbedrohlichen Zustand rasch und wirksam ein Ende setzen kann. Nämlich ein kompakter, notfalls allein mit Batterie betreibbarer „Defibrillator“, wie ihn beispielsweise das Freiburger medizinelektronische Spezialhaus Hellige entwickelt hat (Bild 2).

So ein Defibrillator hat die Aufgabe, durch Abgabe gezielter elektrischer Impulse über zwei Flächenelektroden, die auf der Brust des Patienten aufgelegt werden, das gefährliche Flimmern zu beenden und wieder eine geregelte Herzstätigkeit zu ermöglichen. Es darf dabei aber nicht einfach nur starke Stromstöße abgeben — die Zeiten eines Dr. Eisenbart sind längst vorbei — und es muß außerdem auch Sicherheiten besitzen, die unkontrollierte oder versehentliche Impulsauslösungen zuverlässig verhindern.

Genau hier liegen auch prompt die elektronischen Raffinessen moderner Defibrillatoren, die nicht bloß über Sicherheitseinrichtungen der beschriebenen Art verfügen, sondern die auch automatisch dafür sorgen, daß eventuell nach Abbruch der Behandlung noch verbliebene Rest-Spannungen intern entladen werden. Und die es gestatten, die Energie in zahlreichen Stufen — etwa zwischen 5 und 320 J an 50 Ohm — genau so zu dosieren, daß der Herzmuskel des Patienten



**Bild 2: Mit dem Defibrillator läßt sich das gefährliche Herzflimmern beenden (Bild: Hellige)**



**Bild 3: Der Arzt kann telemetrisch das Programm des Herzschrittmachers nach dem Einpflanzen noch ändern (Bild: Siemens)**



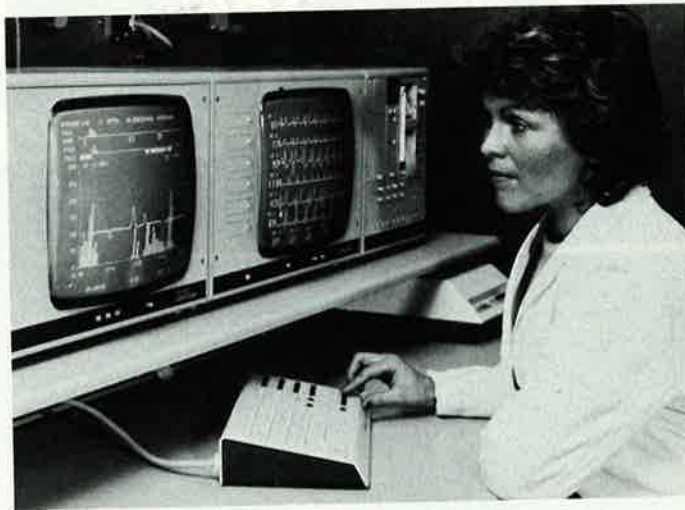
ten nicht mehr als unbedingt erforderlich strapaziert wird.

## Computer in der Brust

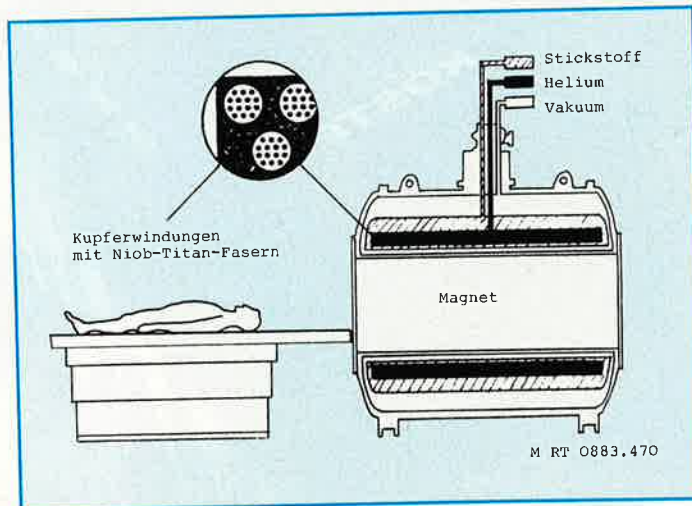
Bleiben wir beim Herzen – und verfolgen wir einmal am Beispiel der implantierbaren Herzschrittmacher, welche stürmische Entwicklung gerade die medizinische Mikroelektronik im letzten Vierteljahrhundert – solange gibt es jetzt diese Schrittmacher – durchlaufen hat.

Kam es in den ersten zehn Jahren Entwicklung vor allem darauf an, die technische Perfektion dieser Geräte immer weiter voranzutreiben, so gab es doch selbst in jenen Pionierjahren bereits auch funktionelle Verbesserungen: man erinnere sich bloß an die ersten „Demand-Schrittmacher“, die sich erst einschalten, wenn die natürliche Herzfrequenz unter 70 Schläge pro Minute absinkt. Oder auch an den vorhofgesteuerten Schrittmacher, mit dem es möglich wurde, die Synchronisation von Vorhof und Herzkammer wiederherzustellen (ein Herz besteht bekanntlich aus zwei Vorhöfen und zwei Kammern, die paarweise zusammenwirken).

Die 70er Jahre wiederum standen unter der Devise, jetzt müssen die Geräte aber zuverlässiger und langlebiger werden. Denn, man denke doch einmal zurück, noch 1970 lag die durchschnittliche Betriebsdauer solcher Instrumente bei etwa drei Jahren und Versuche von damals, mit „Bio-Zellen“ oder Isotopenbatterien Abhilfe zu schaffen, scheiterten kläglich. Heute indes arbeiten Schrittmacher mit Lithiumbatterien etwa zehn Jahre lang, und man rechnet statistisch damit, daß sie etwa 10 Millionen Stunden ausfallfrei aktiv bleiben. Also gut 1140 Jahre. Heute, und hier sei das Beispiel eines Siemens-Schrittmachers erwähnt, gibt es aber auch bereits programmierbare, ja, sogar „multiprogrammierbare“ Schrittmacher (Bild 3), die, so Siemens-



**Bild 4:** Bis zu 28 Bewertungen lassen sich mit Hilfe dieses Patientenüberwachungssystems durchführen (Bild: Hellige)



**Bild 5:** Bei diesem NMR-Tomographen erzeugen Supraleiterspulen ein starkes, homogenes Magnetfeld (Bild: Siemens)

Sprecher Gero Bartels, „exakt auf die individuellen Bedürfnisse des Patienten eingestellt werden“ können. Dabei kann man sogar nach erfolgter Implantation am Programm noch Änderungen vornehmen, denn Telemetrie gestattet jetzt einen „Dialog“ zwischen Arzt und Schrittmacher.

Dieser Dialog ermöglicht es dem Arzt, sich schrittweise zur richtigen Schrittmachereinstellung vorzutasten und überdies auch gleich vom „Wissen“, das dieser Schrittmacher über den Patienten in einem internen Speicher festgehalten hat, zu profitieren: es dient zur exakteren diagnostischen Abklärung der Krankheit.

Zum Spektrum moderner elektronischer Herzschlaghilfen gehören inzwischen auch Zweikammer-Schrittmacher, die die Arbeit beider Herzkammern zu synchronisieren gestatten und die den Patienten in die Lage versetzen, auch größere körperliche Belastungen wieder durchzustehen.

Und das, so wissen Fachleute, ist längst noch nicht alles. Die Zukunft, um einmal den Trend auf diesem extrem wichtigen, extrem anspruchsvollen Teilgebiet der medizinischen Elektronik auszu-leuchten, die Zukunft dürfte bald Geräte bringen, die die Pulsfrequenz automatisch den aktuellen Bedürfnissen anpassen, die also bei schnel-

ler Bewegung des Patienten selber im Tempo zulegen. Und es wird Schrittmacher geben, die Tachykardien (unzulässig hohe Pulsfrequenzen) wenn schon vielleicht nicht verhindern, so doch wenigstens rasch beenden können.

Beide Entwicklungslinien stellen vor allem „extern“ hohe Anforderungen an die Innovationsfähigkeit der Ingenieure. Denn es gilt, für sie jetzt Sensoren zu entwickeln, die Werte über der Atemfrequenz, über den elektrischen Körperwiderstand und über den Kohlendioxidgehalt des Bluts liefern können, und zwar zuverlässige, über lange Zeit hinweg korrekte Werte.

## Multimikrocomputer erkennen Rhythmusstörungen

Ziemlich unbemerkt hat sich auch die Mikrocomputertechnik in den letzten Jahren immer mehr in die Medizinelektronik hineinbewegt. Jetzt gibt es, beispielsweise zur Erkennung von bedrohlichen Herzrhythmusstörungen, schon Apparate (etwa von Hellige, Freiburg), die mit einem „hierarchischen Multi-Mikroprozessor-System“ ausgestattet sind und deren Einsatzfeld die intensive Überwachung mehrerer Patienten ist (Bild 4).

Läßt man sich von kompetenten Experten erklären, was so ein „Medizinalcomputer“ heutzutage alles leistet, kommt man aus dem Staunen kaum mehr heraus. Er macht nicht nur das langwierige Suchen nach der optimalen EKG-Ableitung und das manuelle Einstellen der Amplitude des EKG-Signals überflüssig, er kann sich auch „intelligent“ auf veränderte Formen der EKG-Zacken einstellen, die etwa aus einem Umbetten des Patienten oder aus dem Wechsel der Ableitung resultieren mögen: falscher Alarm wird also vermieden.

Doch die Mikrochipintelligenz solcher Maschinen kann

**Leserdienst-Kennziffer 12**



## IHR DIREKTER DRAHT ZU EXPERTEN- INFORMATIONEN: DER MOTOROLA- DISTRIBUTOR.

Welche Fragen Sie auch immer haben mögen – der qualifizierte Motorola-Distributor hilft Ihnen gern.



**distron GmbH & Co.**,  
Behaimstraße 3, 1000 Berlin 10,  
Tel. 10 301 342 10 41/45,  
Telex 185 478



**EBV Elektronik GmbH**,  
Oberweg 6, 8025 Unterhaching,  
Tel. 10 891 61 10 51,  
Telex 524 535



**elecdis Ruggaber GmbH**,  
Hertichstraße 41, 7250 Leonberg 1,  
Tel. 10 71 521 60 20,  
Telex 724 192



**ELKOSE GmbH, Elektronik Vertrieb**,  
Bahnhofstraße 44,  
7141 Möglingen,  
Tel. 10 71 411 48 71,  
Telex 72 64 472



**A. Neye – ENATECHNIK GmbH**,  
Schillerstraße 14, 2085 Quickborn,  
Tel. 10 41 061 6 12-0,  
Telex 213 590



Distribution  
**Jermyn GmbH**,  
Schulstraße 84,  
6277 Bad Camberg,  
Tel. 10 64 341 2 30,  
Telex 484 426



**MÜTRON, Müller GmbH & Co.**,  
Bornstraße 22, 2800 Bremen 1,  
Tel. 104 211 30 56-0,  
Telex 245 325/245 461



**SASCO GmbH**,  
Hermann-Oberth-SträÙe 16,  
8011 Putzbrunn,  
Tel. 10 891 46 11-1,  
Telex 529 504



**SPOERLE ELECTRONIC KG**,  
Max-Planck-SträÙe 1-3,  
6072 Dreieich bei Frankfurt,  
Tel. 10 61 031 3 04-0,  
Telex 417 903

noch mehr – und hier sollte man sich nun wirklich einmal den medizinischen Originalton einer entsprechenden Herstellerinformation auf der Zunge zergehen lassen: „Die differenzierte Arrhythmieaussage stützt sich auf insgesamt 28 Bewertungen zur Erkennung von QRS-Formänderungen, QRS-Folgen und RR-Kopplungen. Arrhythmicom unterscheidet z.B. bei ventrikulären Extrasystolen Einzelereignis, Salven, sehr frühe VES (R-auf-T-Phänomen), Bigeminus, Trigemini, polymorphe Extrasystolie mit Speicherung der jeweils letzten zehn Formklassen; bei supraventrikulären Extrasystolen Einzelereignis, Bigeminus, paroxysmale Tachykardie...“ Und so weiter und so weiter.

Verlassen wir dieses medizinische Kauderwelsch wieder, dessen Detailaussagen ohnedies bloß Ärzte interessieren wird, das uns aber doch gezeigt hat, was für eine Fülle von Information Computer aus ein paar am Körper befestigten Elektroden „saugen“ können. Interessant ist eher, daß aus alledem automatisch beispielsweise ein in drei verschiedenen Dringlichkeitsklassen gestufter Alarm abgeleitet werden kann und daß die überwachende Fachkraft auf ihrem Bildschirm wahlweise eine aussagekräftige Gesamtübersicht über alle angeschlossenen Patienten, aber auch eingehende, und zeitlich bis zu mehrere Stunden in die Vergangenheit reichende Darstellungen des Zustands jedes einzelnen Patienten erlangen können.

### Der Computer „schneider“ den Patienten in Scheiben

Welcher Beitrag über den weiten gemeinsamen Bereich, in dem Elektroniker und Mediziner sich heute in fruchtbarem Neben- und Miteinander tummeln, wäre vollständig ohne wenigstens eine kurze Erwähnung einer der spektakulärsten „Wunderma-

schinen“ der letzten zehn, 15 Jahre: des Computertomographen.

Computertomographie, und heute wird diese kleine Wissenschaft für sich bereits mit Geräten der vielfältigsten Bauformen und Arbeitsprinzipien getrieben, ist der Sammelbegriff für ein Verfahren geworden, das „Schichtbilder“ des Innern eines Objekts liefert – etwa des menschlichen Körpers oder des Kopfes. Die Bilder sehen, etwas respektlos gesagt, aus wie die Schnittflächen von Wurstscheiben und liefern dem Arzt eine Fülle wichtiger diagnostischer Informationen, die auf anderem Wege wohl kaum je zu erlangen wären.

Zur Zeit „Star“ unter den verschiedenen Tomographen ist der Kernspinresonanz- oder auch NMR- (Nuclear Magnetic Resonance-)Tomograph, wie ihn beispielsweise Philips vorstellte. Er arbeitet ohne (immerhin nicht ganz harmlose) Röntgenstrahlen nach einem raffinierten Prinzip.

Bringt man ein Objekt in ein Magnetfeld, so werden unter anderem die bis dahin in ihrer Richtung regellos verteilten magnetischen Momente der Atomkerne ausgerichtet.

Mit Hilfe eines Hochfrequenzimpulses läßt sich nun selektiv die Ordnung der magnetischen Momente einer bestimmten Atomart – dies können beispielsweise Wasserstoffatome sein – stören. Dabei nehmen die Wasserstoffkerne Energie auf und geben sie anschließend wieder als Hochfrequenzstrahlung ab.

Aus der Intensität dieser hochfrequenten Strahlung, aus der Abklingzeit (oder Relaxationszeit) sowie aus der spektralen Feinstruktur der Strahlung kann man nun auf die Zahl der Atome, auf ihren Aggregatzustand und auf ihre chemische Bindung schließen. Was nichts anderes bedeutet, als daß man damit Bilder des Körperinneren anfertigen kann, ohne den Patienten irgendwelchen

Röntgenstrahlen aussetzen zu müssen.

Selbst bei den NMR-Tomographen gibt es inzwischen, so neu sie auch sind, eine Reihe unterschiedlicher Bauformen und Arbeitsprinzipien. Das wohl aktuellste Gerät dieser Art wurde erst kürzlich von Siemens ausgeliefert (Bild 5) – einmal übrigens sogar an eine Arztpraxis, also nicht bloß immer an große Kliniken. Es ist statt mit gewöhnlichen Magneten mit supraleitenden Magneten zur Erzeugung eines besonders homogenen, starken Feldes ausgestattet. Denn eben diese beiden Parameter, Stärke und Homogenität des Feldes, sind ja ausschlaggebend für die Qualität der Bilder, die der nachgeschaltete Computer dann aus zahllosen Einzel-Meßdaten zusammenbosselt.

Bei der neuen Maschine werden die Magneten durch flüssiges Helium auf  $-269^{\circ}\text{C}$  heruntergekühlt; dadurch verlieren sie ihren elektrischen Widerstand und arbeiten ohne weitere Stromzufuhr immer weiter. Um das flüssige Helium herum befindet sich als zweiter Kühlmantel flüssiger Stickstoff von  $-196^{\circ}\text{C}$ . Zwar verdampfen beide Kühlmedien laufend, doch unterm Strich ist dieses supraleitende System doch billiger zu betreiben als eines mit normal leitenden Magneten, die ja laufend Energie- und Kühlwasserkosten verschlingen. Und die, so die weiteren Pluspunkte aus der Sicht des Herstellers, eben keine so guten Bilder zu liefern vermögen wie die supraleitende Maschine.

Dies alles muß man sich aber natürlich nur bis zur nächsten Erfindung merken. Die – auf einem hochinnovativen Gebiet wie dem der Medizinelektronik – so sicher kommen wird wie das Amen in der Kirche. E. S.

