

Phänomenal Mensch aus Lego

Vorbei sind die Zeiten, in denen Wissenschaftler und Mediziner sich der letzten Erkenntnisse über den Menschen ganz nahe glaubten. Etwas frustriert müssen sie sich inzwischen eingestehen: Jede neue Technik, jedes neue Wissen über das Wesen Mensch macht sie ratloser. Weder Elektronenmikroskope noch all die bildgebenden Verfahren können hinreichend erklären, wie der Mensch funktioniert. Und neidisch erkennen inzwischen selbst die besten Ingenieure an: Die Natur ist der bessere Maschinenbauer.

An Einfallreichtum übertreffen die Zellen, das Gewebe und letztlich die gesamte Apparatur Mensch alles, was der Mensch bisher selbst erfunden hat. Zellen und Organe sorgen für ausreichend Energie, sie schaffen den Müll raus, bringen Sauerstoff und Nahrung heran. Sie sind Postbote und Türsteher. Sie vertreiben diverse Einbrecher. Sie bauen auf und reißen an anderer Stelle wieder etwas ein. – Zählt man alle Zellen und Organe zusammen, gibt es Tausende solcher Mikromaschinen.

Kann man unseren Körper nachbauen?

Viele davon kennen die Forscher bereits, die kleinsten sind gerade mal ein einziges Molekül groß. Die Zelle ist ein einziger Hochtechnologiestandort.

Etwas 200 unterschiedliche Arten von Zellen gibt es im Menschen. Daraus baut die Natur nach dem Lego-Prinzip den Körper zusammen. Den Bauplan dafür trägt jede einzelne Zelle in sich. Der allein ist schon rekordverdächtig. Dieser genetische Code würde aufgeschrieben 1000 dicke Lexikonbände füllen. Die Bedienungsanleitung dann, in der beschrieben stünde, was, wann und wie genau funktioniert, wäre ein Vielfaches von diesem Lexikon dick. Genau diese Bedienungsanleitung versuchen die Genetiker und Zellbiologen nun, Stück für Stück zu schreiben. Was jetzt kommt, ist ungleich schwieriger als die Entzifferung des menschlichen Gen-Codes.

Die Forscher wollen selbst einmal so perfekte Nanomaschinen bauen, wie es jede Zelle schafft. In punkto Effizienz macht den Zellen niemand etwas vor. Und auch in Sachen Koordination. Gut 100 Milliarden Zellen im Gehirn müssen koordiniert werden. Ein Vielfaches an Verbindungen und Knotenpunkten muss dafür zwischen den Zellen existieren. Die mit dem menschlichen Denkapparat mögliche Leistung von

Spielzeug für
Wissenschaftler?

Foto: PR



Rechenoperationen in der Sekunde übertrifft immer noch die der weltbesten Großrechner. Mit dem einen Unterschied: Das Gehirn braucht gerade mal ein paar Watt dafür, Großrechner benötigen separate Starkstromleitungen. Mit wenig Energie das Maximale herauszuholen, darin ist der menschliche Körper ein Meister. Das Geheimnis steckt in den Zellen, aber auch darin, wie sie zusammenarbeiten. Sie müssen wissen, was am anderen Ende des Körpers gerade passiert, um rechtzeitig reagieren zu können. Daher jagen die Signale von Fuß bis Kopf durch die Nervenbahnen, mit der Geschwindigkeit eines Rennwagens bei voller Fahrt.

Die Energie für den gesamten Körper gelangt übers Blut in jeden Winkel. 150.000 Kilometer Blutbahn kommen da zusammen, die unterhalten, gepflegt und manchmal erneuert werden müssen. All das kann der Körper normalerweise im laufenden Betrieb, ohne Staus zu verursachen. Und das ein Leben lang, was etwa drei Milliarden Herzschläge entspricht. So eine Pumpe könnte bis heute kein Ingenieur der Welt bauen.

STEPHAN SCHÖN

Bilder vom Leben

VON STEPHAN SCHÖN

Es gibt wohl nur drei wirklich große Fragen, die sich die Menschheit seit Urzeiten stellt. Wie sind wir entstanden? Gibt es intelligentes Leben außer uns? Und wie funktioniert der Mensch überhaupt? Ein Wunderwerk ist er, in das heute schon ziemlich gut der Einblick möglich wird. Je mehr die Forscher sehen, desto

mehr staunen sie über die Perfektion, mit der Zellen, Gewebe und Mensch gebaut sind.

Den wissenschaftlichen Durchbruch gab es mit den Röntgenstrahlen im Jahr 1895. Erstmals konnten die Mediziner nun in den lebenden Körper schauen. Die Patienten selbst sahen, was da in ihnen ist. Für die Medizin war es eine Revolution, gleichbedeutend mit der Entdeckung der Narkosemittel und Antibiotika. Zum Ab-

klopfen und Abhören des Patienten kam nun erstmals der Blick in den Körper hinzu. Seither sind mehr als ein gutes Dutzend neue Verfahren hinzugekommen, die meisten

Sehen, wie das Gehirn denkt

Die Uhr ist ab. Sie liegt neben der Kreditkarte im Regal vor der schweren Kupfertür. Das Diktiergerät und der Fotoapparat ebenfalls. All dies wäre sonst Schrott. Nicht einmal der Kugelschreiber darf hier mit rein. Der enorm starke Magnet im Innern der Röhre würde ihn davonreißen. „So etwa“, sagt Annett Werner und zieht einen Plastekugelschreiber mit nur einem winzigen Metallring aus der Kitteltasche. Wie ein Pfeil schießt der mitten durch den Magneten. Dort, wo gleich der Versuch mit dem Kopf beginnt.

Funktionelle Magnetresonanztomografie (MRT) nennt sich das Verfahren. Klingt kompliziert, ist es auch. „Wir können Denken sichtbar machen“, sagt Rüdiger von Kummer, TU-Professor und Chef der Neuroradiologie an der Uniklinik. „Wir machen eine Karte vom Gehirn“, ergänzt er. „Und wir sehen möglicherweise auch Dinge, von denen Sie nichts ahnen. Dinge, die Sie vielleicht gar nicht wissen wollen.“ Krebs und Durchblutungsstörungen im Hirn, Schlaganfall, Demenz oder überhaupt krankhafte Veränderungen. Die Liste ist lang. Soll sie auch sein. Denn zum Erkennen von Krankheiten ist die Technik ja da. Und zur Erforschung, wie Denken und Fühlen funktionieren.

Es ist schon unheimlich, sich beim Denken ins Gehirn schauen zu lassen. Der Kupferkäfig mit den Empfangsantennen schließt sich eng um den Kopf. Dann fährt die Liege mitten in den starken Magneten. Aus dem Kopfhörer kommt die Stimme vom Pult mit den Monitoren – aus dem Nebenraum. „Jetzt dürfen Sie sich nicht bewegen, gar nicht“, sagt Johannes Gerber, Wissenschaftler in der Neuroradiologie. Er leitet den Versuch. Normalerweise



Abgabe zwischen dem Neuroradiologen Johannes Gerber (r.) und SZ-Redakteur Stephan Schön vor dem Magnetresonanztomografen (MRT). Die Forscher werden dem Journalisten beim Denken zusehen. Links oben ist zu erkennen, wo es beim Wörterbildern funkt; darunter die Nervenbahnen. Foto: Ronald Bonß / Abb.: J. Gerber, A. Werner

forscht er mit diesem Verfahren im Gehirn nach Geruch und Geschmack. Diesmal geht es um Sprache und Wortbildung. „Passt doch perfekt zum Journalisten.“

Ein krachendes Hämmern setzt ein, während die extrem starken Magnete für Millisekunden immer wieder anders und neu zugeschaltet werden. In den gewaltigen Spulen arbeitet es. Zu spüren ist davon außer dem Lärm nichts. Kein Wimpernschlag, kein Räuspern, keine Muskelbewegung ist erlaubt. All dies würde die Bilder nicht nur unscharf machen, sondern jede Bewegung ändert auch die Hirnaktivität. Nur eine Aufgabe gibt es jetzt: Verben bilden zu den zugehörigen Worten. „Haus“ zum Beispiel: „Aufbauen, einräumen, abrennen, sauber machen...“ Alles nur denken, nicht sprechen. Und schon ist das nächste

Wort dran. Unsichtbar und unbemerkt dringen die Radiowellen durch den Kopf. Zusammen mit dem extrem starken Magnetfeld gibt es Wechselwirkungen. Die Radiowellen verändern sich, je nach Art der Zellen, durch die sie hindurchmüssen. Knochen, Nerven, Blutgefäße und all die anderen Zellgewebe werden schließlich sichtbar. Wie dünne Scheiben sehen die Bilder aus. Zusammengesetzt ergeben sie ein dreidimensionales Bild. In diesem Spezialfall wird nun sogar die Aktivität des Gehirns sichtbar, das Denken.

Im denkenden Gehirnabschnitt hat das Blut eine höhere Sauerstoffkonzentration. Damit verhält es sich ein wenig anders im starken Magnetfeld. Der Unterschied in den Daten beträgt nur wenige Prozent. Daher sind 100 Bilder nötig, um den Unterschied überhaupt

zum Beispiel. Nebenbei, vor dem Monitor, schauen sie mitten ins Gehirn hinein. Die Forscher analysieren schon, was da drin los ist. „Spitzenbilder“, wird Annett Werner später sagen. Sie ist für die Nervenbahnen zuständig. Professor von Kummer hält die Aufnahmen vorlesungstauglich, so gestochen scharf sind sie. Und Johannes Gerber lobt schließlich anerkennend: „Sie haben richtig still gelegen.“ Weniger als einen Millimeter bewegt und auch nur um ein Grad den Kopf gedreht. So können die 100 Einzelbilder problemlos übereinander gelegt werden. Problemlos heißt: Eine Stunde Rechenzeit mit Spezialprogrammen ist nötig.

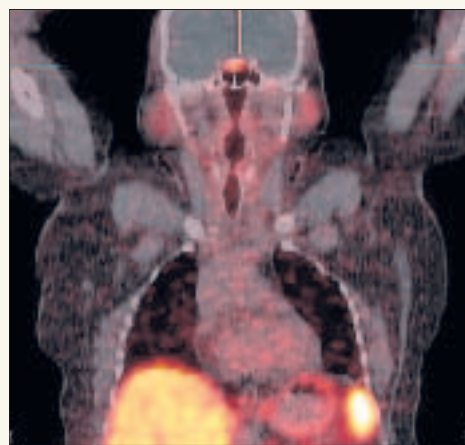
Das Denken funktioniert. „Bestens“, wie Johannes Gerber versichert. Wäre der Versuch anders ausgefallen, hätte dieser Text hier ganz sicher nie in der Zeitung gestanden.

Sehen, was im Körper passiert

Es ist halt eine Röhre. Jeder Tomograf wird so von den meisten Nichtmedizinern genannt. Eine Röhre, die sich äußerlich kaum unterscheidet von den anderen. Und doch sind all diese Geräte grundverschieden. Jedes kann etwas anderes. „Wir sehen hier, was im Körper passiert“, sagt Jörg Kotzerke, Professor und Klinikdirektor an der TU Dresden. „Das Besondere an der Nuklearmedizin ist, dass wir Zellfunktionen abbilden.“ Während seine Kollegen mit Röntgenbildern beispielsweise auf Gelenke und Gewebe als Strukturen schauen, sieht Kotzerke die Stoffwechselläufe.

Nicht die Zellen an sich interessieren ihn, sondern das, was sie tun oder eben nicht tun. Das zeigt ihm schließlich an, wie es um die Zellen bestellt ist. Lange bevor Veränderungen am Körper zu sehen sind, bemerken die Nuklearmediziner die nahende Gefahr. „Funktionelle Veränderungen gehen den strukturellen voran“, sagt Kotzerke. Bei Krebs ist dies so, bei Alzheimer ebenfalls. Bevor überhaupt ein Tumor als Gebilde sichtbar wird, kündigt sich dies in den Zellen an.

Positronen-Emissions-Tomografie (PET) nennt sich das Verfahren. Dazu werden geringe Mengen schwach radioaktiver Stoffe ins Blut gespritzt. Diese Stoffe setzen im Körper dann Positronen frei, die elektrisch positiv geladenen Teilchen. Sie suchen sich ein Elektron in ihrer Umgebung. Ist es gefunden, so ergibt



Bei der Positronen-Emissions-Tomografie machen schwach radioaktive Stoffe biologische Vorgänge in Zellen sichtbar. Abb.: J. Kotzerke

dies zwei Gammaquanten, zwei normalerweise nicht sichtbare winzige Lichtblitze. Aber die Sensoren im PET registrieren sie genau. Dort, wo es am häufigsten im Körper blitzt, befinden sich die meisten markierten Teilchen.

Die Blitzer kommen mit Hilfe von Zucker und Sauerstoff, Proteinen und Fetten in die Zellen. Gut 500 solche Markierungsmoleküle mit Anhang, Marker genannt, gibt es. Und es werden immer mehr. Je exakter sie auf die Bedürfnisse der Zellen in Herz, Leber oder Muskeln zugeschnitten sind, desto besser können



Jörg Kotzerke lehrt als Professor an der TU Dresden und leitet dort die Klinik und Poliklinik für Nuklearmedizin. Foto: R. Bonß

die Mediziner erkennen, wie die Zellen arbeiten oder ob sie Defekte haben.

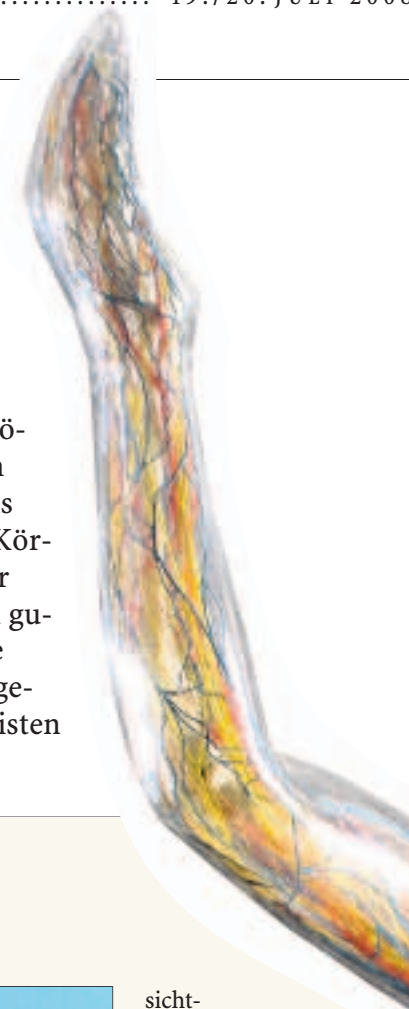
Gibt es beispielsweise in den Zellen viel Zucker und wenig Sauerstoff, dann ist dies kein besonders gutes Zeichen, erklärt Nasreddin Abolmaali. Er leitet eine Forschungsgruppe, die Daten aus den Zellen holt, um so an Bilder aus dem Körper zu kommen. Bilder, die ganz genau zeigen, wie aggressiv beispielsweise die Krebszellen wirklich sind. „Lungenkrebs ist nicht gleich Lungenkrebs“, sagt Abolmaali. Erkennen die Mediziner den Charakter eines

Tumors, dann lässt sich die Behandlung exakt anpassen. Die Heilungschancen wachsen.

Je weniger Sauerstoff in der Krebszelle ist, desto aggressiver ist diese. Das wissen die Forscher bereits. Und auch, dass sich die schnell wachsenden Zellen durch Zuckerhunger verraten. Sich schnell vermehrende Zellen benötigen besonders viel Baumaterial für ihre Erbsubstanz, die Aminosäuren. Die so markierten Moleküle zeigen, wo und wie Krebszellen aktiv sind. Doch genauer als zehn Millimeter könne das PET-Verfahren die Tumore kaum orten, gesteht Abolmaali. Ein anderes Verfahren, das schon Jahrzehnte in den Kliniken angewandt wird, kann diesen Nachteil beheben.

Die Computertomografie (siehe Text rechts) liefert scharfe Bilder mit Details von 0,3 Millimetern. In einem einzigen Gerät wurden daher zwei der besten bildgebenden Verfahren zusammengepackt: Röntgenbilder des Computertomografen zeigen die Struktur, und PET zeigt, was in den Zellen passiert. Es ist eine der jüngsten Erfindungen, die solch kombinierte Bilder liefert. Eine komplizierte Spezialsoftware mischt aus den Daten der zwei Verfahren ein Bild, das den Medizinern mehr sagt als alles andere bisher.

Über zwei Millionen Euro kostet ein Gerät. Die Untersuchungszeit pro Patient beträgt mindestens eine halbe Stunde. Das macht das Verfahren sehr teuer. Nur die großen Kliniken und Universitäten wenden es daher an.



sichtbar zu machen (Bild links oben). Das war nicht alles. Beim Test, der jetzt noch folgen soll, schaut das MRT auf die Wassermoleküle in den Nervenzellen. Damit werden die Nervenbahnen gesucht. Sie verraten ihre Lage im Kopf, weil sich alle Wassermoleküle in den Nervenzellen eine molekulare Winzigkeit in dieselbe Richtung bewegen. Überall sonst im Gehirn bewegen sich die Wassermoleküle dagegen chaotisch. Genau diesen Unterschied macht der Rechner mit grellbunten Linien sichtbar (Bild links unten).

Zehn Minuten sollten es im Magneten sein, es wird eine halbe Stunde. „Geht's noch?“, schallt es scheppernd aus dem Kopfhörer. „Dann machen wir gleich noch einen Test.“ Was auch immer. Biologie und Struktur zum Beispiel. Nebenbei, vor dem Monitor, schauen sie mitten ins Gehirn hinein. Die Forscher analysieren schon, was da drin los ist. „Spitzenbilder“, wird Annett Werner später sagen. Sie ist für die Nervenbahnen zuständig. Professor von Kummer hält die Aufnahmen vorlesungstauglich, so gestochen scharf sind sie. Und Johannes Gerber lobt schließlich anerkennend: „Sie haben richtig still gelegen.“ Weniger als einen Millimeter bewegt und auch nur um ein Grad den Kopf gedreht. So können die 100 Einzelbilder problemlos übereinander gelegt werden. Problemlos heißt: Eine Stunde Rechenzeit mit Spezialprogrammen ist nötig.

Das Denken funktioniert. „Bestens“, wie Johannes Gerber versichert. Wäre der Versuch anders ausgefallen, hätte dieser Text hier ganz sicher nie in der Zeitung gestanden.

erst in den letzten zehn, zwanzig Jahren. Geräte, jedes mehrere Millionen Euro teuer, stehen in den Universitäten und geben Einblicke wie nie vorher. „Wir sind kurz davor, im menschlichen Körper selbst einzelne Zellen zu sehen“, sagt Nasreddin Abolmaali. Seine Forschergruppe sucht nach Wegen, bessere, detail-

liertere und bewegte Bilder aus dem Körper zu bekommen. Er gehört zu Oncoray, einem Spitzenforschungszentrum der TU Dresden. Einige der Forscher, die hier auf diesen zwei Seiten zu Wort kommen, gehören ebenfalls dazu. Abolmaali jedenfalls ist auf der Suche nach jener Zelle, die

Diese gläserne Frau im Hygienemuseum Dresden entstand 1980. Erstmals wurde hier 1930 ein gläserner Mensch geschaffen. Das war weltweit eine Sensation; und ein riesiger Fortschritt für die Medizinausbildung. Foto: Ronald Bonß



sich perfekt tarnt und vom Körper nicht als Tumorzelle zu erkennen ist. Eine dieser Tumorstammzellen genügt, dass der Krebs immer wieder kommt. Jeden Bürger alle zehn Jahre in einen Scanner packen, um diese Zellen zu finden, bevor sie Schaden anrichten – damit wäre eine der schlimmsten Krankheiten besiegt. Es ist eine Vision, viele Jahrzehnte Forschung sind noch nötig. Aber jeder kleine Schritt hin zu besseren Bildern aus dem Körper rettet Leben.

„Mediziner können aus Bildern mehr Informationen herausholen als aus den blanken Daten“, begründet dies Michael Bau-

mann, Mediziner und Chef von Oncoray. Eben erst wurde Baumann zum Vorsitzenden aller Krebsmediziner und Krebsforscher in ganz Europa gewählt. „Bilder sind inzwischen zum wichtigsten Handwerkszeug in der Medizin geworden“, sagt er. Sie wirken ganz spontan. Und sie bieten die Voraussetzung für wissenschaftliche Analysen.

Bilder aus dem Körper lassen die Forscher verstehen, wie der Mensch funktioniert. Und auch, warum manchmal nicht. Diese Bilder retten Leben. Und sie zeigen Leben. Ungebo- renes. Sie sind schön und manchmal auch erschreckend konkret. Der Mensch wird durchschaubar, selbst beim Denken.

Sehen, was noch nicht geboren ist



Mit Ultraschall zeigt Oberärztin Gabriele Kamin die noch nicht geborenen Kinder. Sogar ein dreidimensionales Babygesicht ist möglich. Foto: M. Klinger / Abb.: G. Kamin

Vielleicht ist es die schönste Art von Bildern, die es aus dem menschlichen Körper gibt. Die Bilder von den noch ungeborenen Erdenbürgern. Gabriele Kamin weiß es wohl am besten. Sie ist Oberärztin an der Dresdner Uni in der Frauenklinik. „Es ist einfach schön“, sagt sie und widmet sich wieder der jungen Frau. Bei der sind es gleich mal Zwillinge.

Mit Ultraschall hantiert die Ärztin. Der liefert mittlerweile sogar dreidimensionale Bilder aus dem Körper. „Babyfotografie“, sagt Gabriele Kamin dazu nur. „Das ist doch schön. So zum Kennenlernen des neuen Erdenbürgers.“ Ultraschall kann aber noch eine ganze Menge mehr. Ob das Herz richtig arbeitet, ob die Organe funktionieren, das lässt sich nicht nur beim ungeborenen Kind feststellen. Ultraschall hat keine Nebenwir-

kungen. Auch deshalb ist es die am häufigsten verwendete Methode, um in den Menschen zu schauen. Details im Millimeterbereich sind sichtbar. Selbst den Blutfluss kann die Technik live am Monitor darstellen. Bei der Nabelschnur ist das zum Beispiel wichtig.

Schallimpulse, für den Menschen nicht zu hören, dringen tief ins Gewebe ein. Und so wie Licht beim Auftreffen auf Metall oder Glas abgelenkt, gestreut und reflektiert wird, so passiert das mit dem Schall im Körper auch. Bei Muskeln und Knochen. Bei Fettgewebe und Blutgefäßen. Manches reflektiert stark, anderes weniger. Das Verfahren ist einfach, die Auswertung der Bilder bleibt trotz der ganzen Technik schwierig. Das Fruchtwasser um das ungeborene Kind indes ist ideal für Ultraschall. „Es ist wie ein Fenster“, sagt Gabriele Kamin. Die Schallwellen werden kaum gestört, sie müssen nur durch die dünne Bauchdecke der Mutter hindurch. Auch deshalb lassen sich so detaillierte Bilder erzeugen. Und künftig? Live das schlagende Herz detailliert in 3D sehen, das wird es in wenigen Jahren geben, da ist sich die Ärztin ganz sicher.



Sehen, was da entsteht



Dies ist eine der ersten Röntgenaufnahmen, die in Dresden um 1920 gemacht wurden. Über die schädigenden Strahlen war den Medizinern damals noch nichts bekannt. Repro: SZ



Oberarzt Steffen Haupt leitet als Radiologe die digitale Mammografie. Mit modernen Röntengeräten werden Frauen vorsorglich auf Brustkrebs untersucht. Foto: R. Michael

Diese Bilder waren eine Sensation: Damals, vor fast 100 Jahren. Sie zeigten erstmals den Medizinern das ungeborene Leben. Röntgentechnik war noch selten. Doch Dresden hatte auf diesem Gebiet Spitzenleute, berichtet Marina Lienert vom Institut für Geschichte der Medizin. „Dass diese Röntgenstrahlen schädigen, das war damals noch nicht bekannt.“ Niemand würde heute mehr auf den Gedanken kommen, einen Embryo zu röntgen. Dennoch, die Röntgenstrahlen haben trotz vieler neuer Techniken kaum an Bedeutung verloren.

Der Raum ist leicht abgedunkelt, die Bildschirme sind neu. Sie zeigen trotzdem nur schwarz-weiße Bilder. Es sind Röntgenbilder. Vor ein paar Jahren wurden sie noch als Film entwickelt, nun kommen sie digital daher. Steffen Haupt wendet sich wieder seinem Monitor zu. „Das Prinzip der Röntgentechnik ist aber das Gleiche geblieben“, sagt der Oberarzt. Zuständig ist er in der Uniklinik mit seinem Bereich, der Mammografie, für die Brustkrebsvorsorge.

Die Röntgenstrahlen durchdringen das Gewebe. Ein lichtempfindlicher Sensor nimmt das Bild dann auf, ähnlich wie eine Digitalkamera. Daher kann Steffen Haupt jetzt, anders als damals beim Film, das Bild nachträglich verändern, Kontrast und Helligkeit zum Beispiel. Dadurch werden mehr Details sichtbar. Fettgewebe ist dunkel im Bild, Blutgefäße sind hell. Weiß indes sind Kalkablagerungen – oder eben ein Tumor. Mikrokalk zeigt den Medizinern mögliche Vorstufen für Brustkrebs. Kalk im Gewebe schwächt den Röntgenstrahl extrem ab. Daher lassen sich selbst Details von nur 0,05 Millimetern erkennen – als winziger heller Punkt auf dem Monitor. Auch deshalb hält Steffen Haupt diese Brustkrebs-Vorsorgeuntersuchung für so wichtig.

Digitales Projektionsröntgen nennt sich die neue und doch alte Technik. In vielen Bereichen hat sie die bisherige Röntgentechnik mit ihren Filmbildern schon abgelöst. Was blieb, sind jedoch die Röntgenröhren und ihre gesundheitsschädigende Strahlung bei zu hoher Dosis. Die Vorteile indes überwiegen. „Röntgen bleibt eine grundlegende Diagnosetechnik“, ist sich Steffen Haupt sicher. Künftig sicherlich mit geringerer Strahlendosis und einer noch besseren Bildauflösung.

Sehen, was den Körper zusammenhält

Das ist doch faszinierend! Stimmt's? Natürlich sind die Bilder fantastisch. Michael Laniado weiß es und will eigentlich nur die Begeisterung geteilt wissen. Auch nach Jahren täglicher Arbeit mit den Bildern vom Leben haben diese für den Mediziner und Professor etwas Magisches. Michael Laniado leitet die Radiologie in der Dresdner Uniklinik. Es ist ein faszinierender Einblick in den menschlichen Körper. Die Bilder, die im Computertomografen entstehen, sind nicht nur nützlich, sondern durchaus schön. Vom Herz oder vom Denkparat im Kopf. Der Computertomograf, kurz als CT vielen ein Begriff, liefert die Bilder dreidimensional und in Farbe. Deutschlands Physiker sind führend bei der Entwicklung dieser Technik gewesen. Wohl auch deshalb hat kein anderes Land in fast jedem Krankenhaus einen solchen Computertomografen.

Es ist ein Röntgenbild der neuen Art. Die Strahlenquelle rotiert um den Körper in der Röhre. Sensoren, ähnlich denen einer Digitalkamera, nehmen die Röntgenbilder auf. Millimeter für Millimeter, Stück um Stück kommt so ein Bild zum anderen, während der



Computertomografie macht 3D-Bilder möglich. Knochen und Blutgefäße werden sichtbar. Abb.: T. Hothan



Michael Laniado leitet in der Dresdner Uniklinik die Radiologie. Die Computertomografie gehört dazu. Foto: kairesspress

ganze Körper durch den Apparat geschoben wird. In einem Atemzug im wahrsten Sinne des Wortes. Einatmen, Luft anhalten, fertig. Nur so ist es möglich, scharfe Bilder zu bekommen. Im Computer werden die digitalen Schnittbilder vom Körper wieder Scheibe für Scheibe übereinandergestapelt. Der virtuelle Körper entsteht. Mit optischen Tricks, mit Kontrastmitteln im Blut und mit jeder Menge Rechentechnik kann Michael Laniado selbst die feinsten Blutgefäße zeigen. Wie ein Spinnennetz ziehen sie sich durch den Körper. Muskeln, Knorpel, Knochen – vieles wird am Bildschirm deutlich erkennbar.