

Physik mit Herz

Die Medizintechnik bietet Physikern vielfältige Aufgaben mit hohem Imagewert. Gefragt sind unter anderem Kenntnisse der Teilchenphysik und Bildverarbeitung.

Stefan Jorda

*Bitte time warp zum Herzen,
So, da wären wir, EKG okay,
bitte weiter durch Herzklappe und
Aorta zur Niere,
Roger ... wir sind im Nierenbecken,
großer Nierenstein, Zertrümmerung
einleiten, Nierenstein im Schall-
wellenfokus,
Zertrümmerung eingeleitet,
Bitte Weiterflug zur Beinschlagader,
Kalkablagerung mit Ultraschall
vermessen,
Plaque vermessen, wir versuchen
sie mit unserem Bordlaser zu besei-
tigen,
Laserwirkung ungenügend, wir
schicken eine Katheterfräse, bitte
Vorsicht,
Katheterfräse hat die Kalkablage-
rung beseitigt, wir kommen jetzt
zurück.*

Der Dialog in dem 3D-Film, der im Kunden-Center der Siemens AG, Medical Solutions, in Erlangen läuft, scheint einem Science-Fiction entliehen: In Atem beraubendem Flug begleitet der Zuschauer eine Sonde durch die Blutgefäße eines Patienten und an Nerven entlang. Hier wird eine Synapse im Gehirn repariert, dort ein kleines Aneurysma beseitigt, lange bevor diese Gefäßausstülpung dem Patienten bedrohlich werden könnte. Und wo die Bordmittel nicht ausreichen, übermittelt die Sonde die notwendigen Daten nach außen, um zum Beispiel einen Nierenstein zu zertrümmern oder einen Katheter zu dirigieren. Zur EXPO 2000 hat Siemens diese „Vision eines theragnostischen Gesundheitschecks“ im Jahre 2010 präsentiert. Die Wortschöpfung Theragnostik soll dabei ausdrücken, dass die Grenze zwischen Diagnostik und Therapie immer stärker verschwimmen wird. Die Geräte der Medizintechnik, die um den Vorführraum herum aufgebaut sind, beweisen, dass manche Vision bereits heute Wirklichkeit ist: So ermöglichen es beispielsweise moderne bildgebende Verfahren, den Gefäßbaum des Gehirns auf Knopfdruck aus einer Aufnahme „herauszulösen“ oder aus tomographischen Aufnahmen

einen virtuellen Flug durch ein Herzkranzgefäß eines Patienten zu simulieren. Als würde der Arzt einen Katheter mit einer Kamera durch das Gefäß führen, sieht er dieses „von innen“, ohne die Risiken, die mit einem solchen Eingriff verbunden sind.

Als der Physiker Wilhelm Conrad Röntgen vor über 100 Jahren die nach ihm benannte Strahlung entdeckte, konnte er nicht ahnen, wie sehr sie die Medizin revolutionieren würde. Erstmals war es möglich, in den lebenden Menschen hinein zu schauen, ohne den Körper zu öffnen. Seither haben sich mit der Ultraschalldiagnostik oder der Magnetresonanztomographie (MRT) weitere bildgebende Verfahren zum Röntgen gesellt, die in immer höherer Auflösung bei immer kürzeren Aufnahmezeiten und geringerer Belastung der Patienten einen immer genaueren Blick ins Körperinnere ermöglichen, und zwar nicht nur als zweidimensionale Projektionen, sondern beispielsweise mithilfe der Computertomographie (CT) auch als dreidimensionales Bild. Und inzwischen beschränken sich die Verfahren längst nicht mehr darauf, nur die Morphologie, also die Struktur des Gewebes, abzubilden. Um nur einige Beispiele zu nennen: Unter Ausnutzung des Dopplereffekts erlaubt es die Ultraschalldiagnostik, bereits beim Ungeborenen die Fließgeschwindigkeit und -richtung des Blutes zu messen und damit Herzfehler zu erkennen. Methoden der Nuklearmedizin, bei denen Gamma-Quanten detektiert werden, die beim Zerfall von radioaktiven Präparaten im Körper entstehen, ermöglichen es, die Funktion der Schilddrüse zu überprüfen oder im Rahmen der Positronen-Emissionstomographie (PET) die zuständigen Gehirnareale bei unterschiedlichen Tätigkeiten zu lokalisieren.

Doch die Rolle der Physik in der Medizin ist beileibe nicht auf die Diagnostik beschränkt. Tumore werden heute routinemäßig mit Gamma-Quanten oder Elektronen bestrahlt, um sie zu zerstören; viel-



ROLAND WENGENMAYR

versprechend ist auch die Bestrahlung mit Protonen oder schweren Ionen. Der Laser war kaum zwei Jahre alt, da wurde er bereits eingesetzt, um die Netzhaut bei einer drohenden Ablösung am Augenhintergrund wieder „festzukleben“ – inzwischen umfasst die Lasermedizin zahlreiche Anwendungen in der Augenheilkunde oder der Chirurgie. Die Analyse des EKG mit den Methoden der Nichtlinearen Dynamik ermöglicht es, bessere Herzschrittmacher zu entwickeln. Und was wäre ein Hörgerät ohne die Erkenntnisse der Akustik?

Burkhard Groh ist einer der rund 300 Physiker, die bei Siemens Medical Solutions vor allem an der Entwicklung bildgebender Verfahren arbeiten. Am Siemens-Standort Forchheim, unweit der schmucklosen Zentrale in Erlangen, ist der 31-Jährige verantwortlich für einen Röntgendetektor, der in einem Gerät für die Angiographie, also für die Abbildung von Blutgefäßen, eingebaut werden soll. Bereits während seines Studiums in Saarbrücken und Heidelberg hat Groh Physiologie als Nebenfach belegt. „Ich wusste, dass ich nicht nur reine Physik machen will“ erinnert er sich. Seine Diplomarbeit über die Anwendung von Kurzpulslasern in der Neurochirurgie führte ihn auch in eine Klinik. „Wenn man da Kinder mit einem Hirntumor sitzen sieht und sich überlegt, dass man ihnen mit einem neuen Verfahren

helfen könnte, dann motiviert das ungemein“. Am Deutschen Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg promovierte Groh über ein Bildgebungsverfahren in der Strahlentherapie. Die Idee bestand darin, die zur Tumorbestrahlung an einem Linearbeschleuniger erzeugten Gamma-Quanten gleichzeitig zur Bildgebung zu nutzen, um damit



In seiner „Kojen“ testet Burkhard Groh bei Siemens Festkörperdetektoren für Angiographie-Systeme.

den Verlauf der Strahlentherapie verfolgen zu können. Anschließend war es keine Frage, dass er in der Medizintechnik bleiben wollte, und die Stellensuche gestaltete sich sehr unkompliziert: „Mich haben auch einige Firmen direkt gefragt, ob ich zu ihnen kommen möchte. Ich wurde überall hin eingeladen und konnte mir die Stelle aussuchen“. Für Siemens hat er sich Anfang 2001 vor allem wegen der Aufgabe und wegen des Eindrucks von den Leuten und dem Team entschieden. Auch für seinen Vorgesetzten, den Physiker Rudolf Freytag, war der Eindruck, den Groh hinterlassen hat, wichtiger als medizinphysikalische Fachkenntnisse: „Hire for attitude, train for skills“, ist seine Devise.

Bei den klassischen Röntengeräten, die zum Beispiel zur Diagnose von Knochenbrüchen verwendet werden und daher im Klinik-Jargon „Knochenarbeitsplätze“ heißen, dominiert seit fast 100 Jahren der gute, alte Röntgenfilm. Röntgensysteme für die Angiographie, die ein schlagendes Herz in Echtzeit darstellen können, waren hingegen von Anfang an Detektoren angewiesen, die eine schnelle Auslese der Daten erlauben. Zunächst waren das seit den 60er-Jahren analoge Bildverstärker nach dem Röhrenprinzip, bei denen die Röntgenquanten in mehreren Konversionsschritten in ein elektrisches Signal umgewandelt werden: Die

Röntgenquanten erzeugen zunächst in einem Szintillator Photonen im sichtbaren Spektralbereich, die Elektronen aus einer Kathode herauschlagen. Diese werden dann auf eine Phosphorschicht beschleunigt und erzeugen dort ein verstärktes Bild, das mit einer CCD-Kamera aufgenommen wird. Die seit 2000 verfügbaren neuen Festkörperdetektoren auf der Basis von amorphem Silizium kürzen diesen umständlichen Weg nun deutlich ab, indem das sichtbare Licht, das in dem Szintillator aus Cäsiumjodid entsteht, direkt auf eine Matrix aus $150 \times 150 \mu\text{m}$ großen Photodioden fällt und mittels Dünnschichttransistoren ausgelesen wird. Darüber hinaus können sie wesentlich mehr Graustufen auflösen als Bildverstärker und sind rauschärmer.

Zur Entwicklung und Produktion dieser Detektoren hat Siemens gemeinsam mit Philips und Thales zwei Joint Venture mit Sitz bei Grenoble in Frankreich sowie Palo Alto im Silicon Valley gegründet. Die Detektoren unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der Größe und der Auslesegeschwindigkeit: In der Radiographie reicht es aus, alle 20 Sekunden ein Bild aufzunehmen, aber in der Angiographie werden bis zu 30 Bilder pro Sekunde benötigt. Mit Burkhard Groh arbeiten im Geschäftsgebiet „Angiographie- und Röntgensysteme“ (AX) überwiegend Physiker, aber auch Elektroingenieure an der Entwicklung und Systemintegration von Festkörperdetektoren.

Zu Grohs Aufgaben gehört es auf der einen Seite, gegenüber dem Joint-Venture den Detektor zu spezifizieren – Wie groß muss zum Beispiel die Empfindlichkeit sein? Wie groß darf das Rauschen sein? – und Detektorprototypen anschließend zu testen, ob sie diese Vorgaben auch erfüllen. Auf der anderen Seite steht er an der Schnittstelle zu den Systementwicklern, die den Detektor in den für Angiographie-Geräte typischen C-Arm integrieren müssen. Dieser C-förmige, offene Arm erlaubt dem Arzt, anders als bei den geschlossenen Computertomographen, den Zugang zum Patienten, sodass dieser einen Katheter in ein Blutgefäß einführen, im Körper verfolgen und zum Beispiel Verengungen (Stenosen) erweitern oder Blutgefäße mit mechanischen Gefäßstützen, so genannten *Stents* stabilisieren kann – hier ist die Theragnostik bereits Realität.

Das Siemens-Werk in Forchheim wurde Mitte der 90er Jahre auf der grünen Wiese errichtet. In einer offenen Atmosphäre arbeiten dort Entwicklung und Fertigung Hand in Hand. Die große Fertigungshalle ist in einzelne „Kojen“ unterteilt, in denen kleine Teams die Systeme aus angelieferten Komponenten zusammen bauen und testen. Wenn Groh nicht im Großraumbüro am Schreibtisch sitzt oder unterwegs ist, ist eine der Kojen sein Reich. Dort steht ein Angiographie-System, an dem er Prototypen des neuen Detektors testet und zum Beispiel entscheidet, wie die Ansteuerung ausschauen muss oder ob die Systemsoftware geändert werden muss.

Wachstumsmarkt Medizintechnik

Wäre es vor einigen Jahren, als der Medizinbereich rote Zahlen schrieb, nach dem Willen von Beratern gegangen, hätte sich Siemens damals von der Medizintechnik getrennt. Doch inzwischen sind diese Ratschläge längst vergessen, und während andere Unternehmensbereiche zu Sorgenkindern wurden, beschert Medical Solutions steigende Gewinne. Die Medizintechnik gehört insgesamt in Deutschland zu den Branchen mit dem stärksten Wachstum: Nach einem Umsatzplus von über 12 % auf rund 11 Milliarden Euro im Jahr 2001 prognostiziert die Deutsche Industriebank Wachstumsraten von 4 bis 5 % in den kommenden Jahren. Angesichts der knappen Kassen im deutschen Gesundheitswesen ist das Wachstum aber vor allem dem Export zu verdanken. Dabei zählt die Medizintechnik nicht zu den Kostentreibern im Gesundheitswesen: Zu den rund 283 Milliarden Euro, die im Jahr 2000 dafür in Deutschland ausgegeben wurden, trugen medizinische Großgeräte nur mit 1 % bei, die gesamte Medizintechnik mit 5 %. Zudem ermöglichen es die diagnostischen Verfahren, Krankheiten frühzeitig zu diagnostizieren und dadurch Folgekosten zu reduzieren. Glaubt man den Visionen, so werden künftig vielleicht viele Operationen überflüssig sein, weil Krankheiten so früh diagnostiziert und behandelt werden, dass sie gar nicht mehr zum Ausbruch kommen. Einen große Unterstützung hierbei verspricht sich Rudolf Freytag von der Computer Aided Diagnosis: „In der Mammographie gibt es zum

Beispiel bereits Ansätze, Bilder digital auszuwerten. Der Computer weist dann auf kritische Stellen im Bild hin“, erklärt er. Doch noch ist es nicht soweit, und der Computer kann den geschulten Blick der Ärzte nicht ersetzen.

Angesichts von Investitionskosten in der Größenordnung von einer Million Euro für große Röntgensysteme oder MR-Tomographen sind diese Geräte vor allem in Krankenhäusern und Kliniken zu finden. Zum Beispiel in der „Kopf-klinik“ des Universitätsklinikums in Heidelberg, in der nach amerikanischem Vorbild alle den Kopf betreffenden Disziplinen wie Neurologie, Ophthalmologie, HNO usw. zusammengefasst sind. Auf der einen Seite des riesigen Komplexes sind entlang eines langen Ganges die Ambulanzen aufgereiht: Radiologische Klinik, Nuklearmedizin, Neuroradiologie, auf der anderen Seite ist der Bettentrakt. „Eigentlich müsste der Trakt Patiententrakt heißen“, sagt die Medizinphysikerin Sabine Heiland auf dem Weg in ihr Büro, „schließlich geht es nicht um Betten, sondern um Patienten“.

Allein unter Ärzten

Vor fast zehn Jahren kam Heiland im Rahmen eines DFG-Projektes zur Früherkennung von Schlaganfällen mit MR-Methoden an die Kopfklinik. Damals war sie 28 Jahre alt, frisch promoviert und die erste Physikerin überhaupt an der Klinik. „Bis dahin hatten die Ärzte nur Kontakt mit den Servicetechnikern der Firmen, und ich musste erst mal eine Bresche schlagen für die Physiker“, erinnert sie sich. Doch schon bald merkten die Ärzte, dass Heiland ihnen bei vielen Fragen helfen konnte: „Sie rannten mir fast die Bude ein mit Ideen und Fragen“.

Anfang der 90er Jahre hatte man erkannt, dass sich die Magnetresonanztomographie nicht nur dazu eignet, morphologische Bilder aufzunehmen, sondern dass sich mit geeigneten Pulssequenzen ganz unterschiedliche physikalische und physiologische Parameter messen lassen. Eine Sequenz bezeichnet dabei die zeitliche Abfolge von hochfrequenten elektromagnetischen Pulsen sowie so genannten Gradientenfeldern. Während mit den Pulsen die polarisierten Protonenspins ausgelenkt werden, die dann unter Aussendung eines Signals zurück klappen, ermöglichen die ortsabhängigen Gradientenfel-

der die Ortsauflösung. Durch die Variabilität dieser Sequenzen lassen sich anders als bei der Computertomographie, die nur die Elektronendichte abbildet, Relaxationszeiten, die Spindichte, die Diffusion von Wassermolekülen oder die kapilläre Durchblutung, die Perfusion, messen. Heiland programmierte damals die Pulsfolgen und entwickelte die Software zur Bildverarbeitung. „Vieles was heute in Standardpaketen drin ist, war damals *cutting edge*“, erinnert sie sich.

Inzwischen verbringt Sabine Heiland jedoch kaum noch Zeit am MR-Tomographen und programmiert Sequenzen. Heute leitet sie eine Arbeitsgruppe aus zehn Leuten, Postdocs, Doktoranden aus Physik, Medizin und Informatik sowie Diplomanden. Sie schreibt viele Anträge für Forschungsprojekte und vermittelt in Kooperationsprojekten mit Industriepartnern, wo das Interesse der Ärzte liegt, welche Techniken an der Klinik gebraucht werden. Daneben leitet sie ein Labor mit einem kleineren MR-Gerät, das in einem benachbarten Gebäude im Keller untergebracht ist. Am Eingang des Labors empfiehlt es sich, Uhr, Handy und Schlüssel abzulegen, wegen des starken Magnetfeldes. Dieses Gerät, an dem unter anderem in-vitro-Untersuchungen durchgeführt und Methoden weiterentwickelt werden, betreut Heiland selbst, Wartungsvertrag gibt es dafür keinen. „Ich könnte das vielleicht auch abgeben“, sagt sie, „aber ich möchte mir das Schrauben erhalten, auch selbst das Helium für den supraleitenden Magneten nachfüllen. Das ist ein bisschen ein Hobby“.

Sabine Heiland ist heute für die gesamte wissenschaftliche Seite der bildgebenden Verfahren sowie an der Schnittstelle zwischen Ärzten und Wartungstechnikern für zwei MRT-Geräte, den Computertomographen sowie ein Gerät für die digitale Subtraktionsangiographie verantwortlich. Dieses Röntgenverfahren zur Darstellung der Blutgefäße beruht darauf, dass verschiedene Projektionen mit und ohne Kontrastmittel aufgenommen und „voneinander abgezogen“ werden. Bedient werden diese Geräte von medizinisch-technischem Personal, der Computertomograph steht für Notfälle auch rund um die Uhr zur Verfügung.

Das Verhältnis zwischen Physikern und Medizinern empfindet

Heiland als unproblematisch.

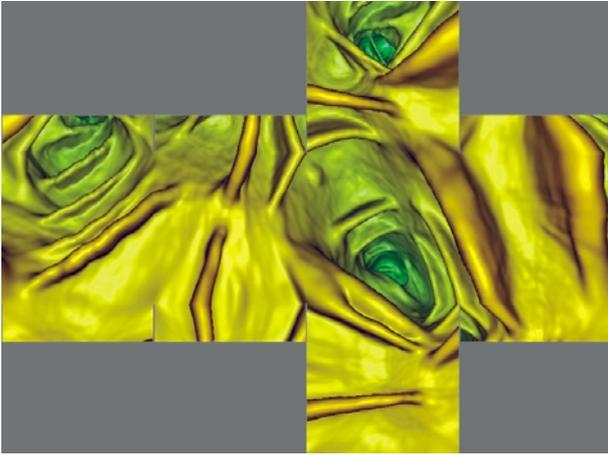
„Allerdings ist die Hierarchie in der Medizin auch innerhalb der Abteilung viel steiler als sie es jemals innerhalb der Physik wäre.“, sagt sie und fügt an: „Das muss aber auch so sein. Wir Physiker können drei Wochen über ein Problem diskutieren, aber in der Medizin müssen unter Zeitdruck Therapieentscheidungen getroffen werden.“ Ihr Chef, der Neuroradiologe Klaus Sartor, habe bereits aus den USA das „Koexistieren mit Physikern“ gekannt und ihr immer das Gefühl gegeben, mit ihren spezifischen Kenntnissen wichtig zu sein. „Aber das ist eher die Ausnahme, wenn ich mit Kollegen an anderen Kliniken spreche, die oft als Mädchen für alles und als Hilfswissenschaftler eingesetzt werden“, bedauert sie.

Am MR-Tomographen herrscht rege Betriebsamkeit. Ein regungsloser älterer Patient wird in das Gerät „eingefahren“. Ärzte und Personal stehen in weißen, blauen und grünen Kitteln im Kontrollraum. „Willst Du das Doppel-Echo fahren?“, fragt eine Ärztin ihren Kollegen. Da Heiland mit der Routine-diagnostik an Patienten kaum noch etwas zu tun hat, kann sie ungestört an einer Workstation die Sequenzen erklären, mit denen die Ärzte heute bei einem Schlaganfall-Patienten innerhalb einer Viertelstunde sowohl das bereits geschädigte Hirngewebe als auch das „tissue at risk“ erkennen, das ohne Therapie ebenfalls geschädigt würde. Bei den früheren Techniken bestand das Dilemma darin, dass man die Gewebeschädigung immer erst sah, wenn es bereits zu spät war für ein Eingreifen.

Allenfalls bei Bildartefakten oder wenn es um klinische Studien geht wird Sabine Heiland hinzugezogen. „Aber auch die Studienpatienten kenne ich immer mehr von innen als von außen, und ich bin froh, dass ich nur selten mit den individuellen Schicksalen konfrontiert werde“, sagt sie. Dennoch gelingt es nicht immer, diese Schicksale auszublenken: Noch heute erinnert sie sich an ihre Betroffenheit, als sie während ihrer Doktorarbeit am DKFZ zu einem Patienten mit unheilbarem Befund gerufen wurde und auf der Aufnahme sah, dass dieser auf den Tag genau so alt wie sie war.

Insofern unterscheidet sich ihre Tätigkeit von einem typischen Strahlenphysiker in einem Kran-

kenhaus, der individuelle Bestrahlungspläne für die Onkologie macht und viel näher an den Patienten „dran“ ist. Diese Physiker haben sich in der Regel durch die Fachanerkennung der Deutschen Gesellschaft für medizinische Physik (DGMP) weiter qualifiziert und sind auch für den Strahlenschutz an der Klinik verantwortlich. Weil sie für die Habilitation in der medizinischen Fakultät eine facharztäquivalente Qualifikation braucht, hat Heiland diese Fachanerkennung vor fünf Jahren ebenfalls erworben. Inzwischen hat sie sich im Fach Experimentelle Radiologie habilitiert und bewirbt sich auf Professuren – als Medizinphysikerin an medizinischen Fakultäten, denn an Physik-Fachbereichen gibt es praktisch keine Professuren für Medizinphysik.



Diese virtuelle Kolonoskopie zeigt die aus CT-Daten berechnete Sicht in einen Darm. In der sog. Cube-View-Perspektive werden die verschiedenen Blickrichtungen auf einen Würfel projiziert, der aufgeklappt dargestellt wird. (Foto: Philips)

Chaos im Herzen

Eine der wenigen Ausnahmen ist die Universität Erlangen-Nürnberg mit ihrem am Fachbereich Physik angesiedelten Institut für Biomedizinische Technik. Das „Erlanger Modell“ steht zugleich für eine sehr erfolgreiche interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen Universität, Klinik und Industrie. Der vor zwei Jahren bei einem Unfall verstorbene Lehrstuhlinhaber Max Schaldach hatte bereits während seines Physikstudiums in Berlin 1963 die Firma Biotronik gegründet und den ersten deutschen implantierbaren Herzschrittmacher entwickelt. Heute ist das mittelständische Unternehmen mit Hauptsitz in Berlin einer der großen Anbieter von Produkten rund um die Elektrotherapie des Herzens. Die Palette erstreckt sich von Herzschrittmachern und

Defibrillatoren, die beim lebensgefährlichen Kammerflimmern den Herzschlag durch einen Spannungstoß wieder herstellen, über elektrophysiologische Messplätze und Katheter bis hin zu *Stents*. Nur wenige Schritte von Siemens in Erlangen entfernt entstand vor fünf Jahren ein inzwischen auf über 100 Mitarbeiter angewachsener Standort. Dort gehen 20 Physiker zum Beispiel mit Methoden der nichtlinearen Dynamik und Chaostheorie der Physik des Herzens auf den Grund oder beschäftigen sich mit Materialwissenschaften und Oberflächenphysik, um die Elektroden für den Kontakt zum Herzmuskel durch fraktale „Blumenkopfmuster“ zu optimieren oder die Biokompatibilität von *Stents* durch Beschichtungen mit Siliziumkarbid zu verbessern. Ein zentraler Schwerpunkt des Standorts Erlangen ist auch die Weiterentwicklung von Therapien im Rahmen von klinischen Studien.

Waren die ersten Herzschrittmacher vor 40 Jahren noch einfache Impulsgeneratoren, die dem Herzen eine starre Frequenz aufgezwungen haben, so verbergen sich heute hinter Bezeichnungen wie *Philos*, *Belos*, *Deikos*, *Stratos* oder *Protos* High-Tech-Geräte, die verschiedene Eingangsgrößen auswerten, um einen für den Patienten zum jeweiligen Zeitpunkt optimalen Takt vorzugeben. Dank der Mikroelektronik sind sie in der Lage, neben der therapeutischen Funktion auch zunehmend die Diagnose zu unterstützen, indem auffällige Ereignisse protokolliert und dann beim Arzt ausgelesen werden können. Doch die Zukunft soll dem *Home Monitoring* gehören: Herzschrittmacher melden dann regelmäßig oder bei besonderen Ereignissen auch sofort ihre Daten an eine Zwischenstation, eine Art Handy, die über Mobilfunk eine *Short Message* an ein Service-Center bei Biotronik schickt. Dort werden die anonymen Daten dem behandelnden Arzt zugeordnet und an ihn weitergeleitet. Dass die nötige Technologie heute bereits zur Verfügung steht, ist unter anderem dem Physiker Michael Kraus zu verdanken.

Während der Diplomarbeit am Hahn-Meitner-Institut (HMI) in Berlin und der Promotion in Erlangen hat sich der heute 38-jährige mit nuklearen Methoden in der Festkörperphysik beschäftigt. Bei den Experimenten am HMI, in Erlangen und an verschiedenen Groß-

forschungsanlagen ging es speziell um die Frage, welche Defekte durch Bestrahlung in Hochtemperatur-Supraleitern entstehen und wie sie deren Stromtragfähigkeit verbessern können. Angesichts des angespannten Arbeitsmarkts Mitte der 90er-Jahre war Kraus nach der Promotion einige Monate arbeitslos, bevor er über den direkten Kontakt zu Max Schaldach bei Biotronik anging. „Ich war offen, etwas ganz anderes zu machen, wichtig war mir aber ein interdisziplinäres Arbeitsgebiet“, erinnert er sich. Bereits nach kurzer Zeit erhielt er den Auftrag, das Projekt „Telemedizin in der Schrittmachertherapie“ aus der Taufe zu heben. „Anfangs ging es dabei um harte physikalische Fragen, zum Beispiel, mit welcher Frequenz komme ich vom Implantat durch 5 Zentimeter Wasser, sprich Körpergewebe, zur Zwischenstation in einigen Metern Abstand?“, sagt Kraus. Seine Aufgabe bestand aber weniger darin, Antworten zu liefern, sondern vielmehr ein Gesamtkonzept zu erarbeiten, offene technische Fragen zu identifizieren und dann erfahrene Kollegen hinzuzuziehen, die sie im Detail beantworten können. Hierbei empfand er die Physik-Ausbildung als sehr hilfreich. Da anfangs viele Leute sagten „Das geht eh nicht“, kam auch dem internen Marketing eine wichtige Rolle zu; Kraus musste „die Idee intern verkaufen und Mitstreiter gewinnen und begeistern“ und zugleich als Projektleiter für das System die Anforderungen aus ärztlicher Sicht zusammentragen.

Inzwischen werden bei Biotronik alle Herzschrittmacher mit dieser Technik ausgestattet. „Noch arbeiten wir aber daran, den *added value* von *Home Monitoring* durch klinische Studien nachzuweisen“, sagt Kraus. Doch Kraus ist bereits einen Schritt weiter und macht sich unter dem Schlagwort Wissensmanagement Gedanken darüber, wie anfallende Daten und Informationen, die Biotronik im Rahmen von klinischen Studien erhält, genutzt werden können, um Impulse zu geben für die Schrittmachertherapie von morgen. Beispielsweise leiden viele Patienten darunter, dass die Herzkammern nicht mehr synchron kontrahieren und dadurch die mechanische Pumpleistung deutlich absinkt. Zwar gibt es spezielle Schrittmacher, die die Herzkammern wieder synchronisieren können, jedoch funktioniert dies nicht

bei allen Patienten gleichermaßen gut. Die Suche nach den Ursachen hierfür und nach Merkmalen für die Unterscheidung zwischen so genannten *Respondern* und *Non-Respondern* ist ein wichtiger Faktor für den generellen Erfolg dieser Schrittmacher.

Neben diesen Aufgaben ist Kraus an einem Projekt zur *Corporate Strategy* beteiligt, in dessen Rahmen er Marktanalysen und Recherchen zum Gesundheitswesen durchführt und Strategiepapiere schreibt. Sein typischer Arbeitstag ist meist 10 Stunden lang, und auch seine Kollegen machen keine 40-Stunden-Woche. Aber hin und wieder schafft er es auch etwas früher nach Hause zu kommen, denn „ohne den Rückhalt in der Familie könnte ich mir das nicht vorstellen“, sagt der stolze Vater eines zweijährigen Sohnes.

Während Bernhard Groh bei Siemens in einer Entwicklungsabteilung sehr nah am Produkt arbeitet, steht am Ende eines Forschungsprojektes, mit dem sich Klaus Fiedler beschäftigt, in der Regel ein Prototyp. Der 31-jährige promovierte Physiker ist einer der weltweit rund 2300 Beschäftigten in den Forschungsabteilungen von Philips, neben Siemens und General Electric einer der drei großen *Player* der medizinischen Bildgebungsverfahren. Fiedlers Arbeitsplatz ist im Forschungszentrum Aachen, wo sich rund 320 Mitarbeiter mit ganz unterschiedlichen Themen wie Lichtquellen, Nanomaterialien oder Medizintechnik beschäftigen.

Von der Teilchenphysik zur Medizin

Auch nach zwei Jahren bei der Abteilung *Imaging Systems*, die etwa zur Hälfte aus meist promovierten Physikern besteht, ist Fiedler immer noch seine Begeisterung anzumerken: „Wenn Sie mich mit 18 Jahren, als ich angefangen habe Physik zu studieren, gefragt hätten, wie ich später arbeiten möchte, dann hätte ich genau das hier beschrieben“, schwärmt er. Seine Herkunft aus einer Familie mit vielen Medizinern war einer der Gründe dafür, dass er langfristig „etwas in Richtung Biomedizin“ machen wollte, allerdings so forschungsnah wie möglich. Die Promotion in der Hochenergiephysik in Erlangen und am DESY in Hamburg war auf dem Weg dorthin nur scheinbar ein Umweg. Denn die Methode der Monte-Carlo-Simulation, die er bei der

Entwicklung des HERMES-Detektors gelernt hat, konnte er am neuen Arbeitsplatz gleich anwenden, um die Röntgenbildgebung mit den bereits erwähnten Festkörperdetektoren zu simulieren. Wie in der Hochenergiephysik ging es dabei zum Beispiel um Fragen der Sensitivität oder der Energieauflösung. Darüber hinaus hat er in der großen Kollaboration gelernt, ein Programm sauber als Modul zu programmieren, mit dem auch Kollegen etwas anfangen können und „nicht ein Programm für die schnelle Analyse der Promotionsdaten zu hacken“.

Den Simulationen folgten Messungen im Labor, dessen kreatives Durcheinander einem Universitätslabor nicht nachsteht – mit dem wichtigen Unterschied, dass die Infrastruktur und Ausstattung exzellent sind, sagt Fiedler: „Was man braucht, das kriegt man. Da gibt es keinerlei Diskussion“. Gemessen wird an so genannten Phantomen, die entweder den Körper sehr genau nachbilden oder aus ineinander geschachtelten Plexiglas Körpern unterschiedlicher Dichte bestehen. Aber auch Überraschungseier waren vor Fiedler und seinen Kollegen nicht sicher. Das Projekt – um was für ein System für welche Anwendungen es dabei genau geht, möchte Fiedler nicht verraten – wird nun am Stammsitz in Eindhoven in die Vorentwicklung gehen und zum Produkt werden. „Vielleicht sieht ein Arzt dadurch irgendwann eine Krankheit, die er früher behandeln kann. Das gibt mir ein gutes Gefühl“, sagt Fiedler.

Inzwischen arbeitet Fiedler in einem Projekt der Nuklearmedizin. „Man bekommt am Anfang eine Aufgabe, und wenn man sich engagiert, hat man sehr viele Möglichkeiten zur weiteren Entwicklung.“, erläutert er, „Hier gibt es keine Karriereentwicklung in der Weise, dass jemand hinter einem her rennt und sagt, mach doch mal dieses Seminar oder jenen Auslandsaufenthalt. Man muss sich selbst darum kümmern, hat dann aber sehr viele Freiheiten und wird dabei sehr unterstützt.“ Darüber hinaus sei das Forschungslabor auch ein gutes Sprungbrett für eine Linienkarriere, denn „hier kann ich alle Leute bei Philips direkt ansprechen und kennen lernen. Da habe ich keine Hierarchie vor mir“, sagt Fiedler.

In die Nuklearmedizin ist Philips erst vor zwei Jahren durch den

Kauf zweier amerikanischer Firmen (wieder) eingestiegen. Wie auch bei den anderen *Product Divisions* wird die Forschung, die nicht mehr im Rahmen der Vorentwicklung ausgeführt werden kann, an die innerhalb des Konzerns eigenständigen zentralen Forschungsabteilungen vergeben. „Unsere Aufgabe ist es nicht, ein bestehendes Gerät ein bisschen zu verbessern. Wir machen uns stattdessen grundlegende Gedanken, wie wir hinsichtlich zum Beispiel einer höheren Auflösung oder einer kürzeren Messzeit einen großen Schritt machen können“, erläutert Fiedler. Dies geschieht in engem Kontakt mit Ärzten. Kürzlich erst hat Philips alle deutschen Ordinarien in der Nuklearmedizin eingeladen, um „zu lauschen, was die Anwender wünschen“.

Bei dem zur Nuklearmedizin zählenden Verfahren der Positronen-Emissionstomographie (PET) hängt man einen radioaktiven Marker an eine pharmakologische Substanz, die sich zum Beispiel in Tumoren anreichert. Zerfällt der Marker über den β^+ -Zerfall, so entsteht ein Positron, das in zwei Gamma-Quanten annihiliert, die detektiert werden. Damit lassen sich bereits sehr kleine Tumoren nachweisen. Fiedler hat dafür zunächst mit einer *open source*-Software vom europäischen Teilchenphysikzentrum CERN die gesamte Bildgebungskette vom Nukleonenzерfall bis zur Detektorantwort simuliert. „Ich kann hier wirklich anwenden, was ich im Studium gelernt habe und habe für diese Simulation zum Beispiel Feynmann-Diagramme der Quantenelektrodynamik berechnet“, sagt er. Inzwischen leitet er dieses Projekt und koordiniert fünf Forscher in Aachen sowie die Zusammenarbeit mit den amerikanischen Tochterfirmen in Philadelphia und Partnern an amerikanischen Universitäten. An der University of Pennsylvania arbeitet er mit einem der „Gründerväter“ der PET zusammen. In diesem Jahr wird er vier Monate in den USA sein, um mit einigen der „weltweit führenden Leuten auf diesem Gebiet“ zu kooperieren. Dass er angesichts ausgefüllter Arbeitstage keine Zeit mehr wie früher hat zum Klavier spielen, stört ihn dabei nur wenig: „Vieles was ich im Beruf mache, ist fast so erfüllend wie eine schöne Freizeitbeschäftigung“.

So wenig wie die Medizintechnik

heute noch aus der medizinischen Diagnostik und Therapie wegzudenken ist, so unverzichtbar sind die Physikerinnen und Physiker, die in Kliniken und Unternehmen zu ihrem Fortschritt beitragen. Nach einer Umfrage beträgt ihr Anteil an den in der Wirtschaft beschäftigten Mitgliedern der DPG erst 4 %, aber angesichts des guten Images dieser wachsenden Branche dürfte dieser Anteil schon bald höher liegen.

„Wir legen Wert auf ausgeprägte Ergebnisorientierung“

Interview mit Uwe Brög, Personalreferent bei Siemens AG, Medical Solutions

Für welche Aufgaben stellt Siemens Medical Solutions Physiker ein?

Fast ausschließlich Physiker stellen wir für Aufgaben wie die Sequenzentwicklung in der Magnetresonanz, die Grundlagenentwicklung in der Vakuumtechnik oder die Algorithmenentwicklung bei der Computertomographie ein. Daneben gibt es Aufgaben wie die Softwareentwicklung, für die wir zwar auch Physiker einstellen, der Studiengang aber keine Grundbedingung des Anforderungsprofils ist.

Wie stark konkurrieren Physiker mit Elektroingenieuren oder Informatikern?

Bei interdisziplinären Aufgaben sind detaillierte Studienkenntnisse meist nicht entscheidend. Stattdessen kommt es stärker auf die Persönlichkeit des Bewerbers und gezeigte Leistungen an. Bei diesen Aufgaben konkurrieren die Physiker schon mit Absolventen anderer Studiengänge.

Stellen Sie derzeit Physiker ein?

Ja, wir stellen circa 15 bis 25 Physiker pro Jahr ein. Dieser Wert war über die letzten Jahre recht konstant. Insgesamt sind in der Medizintechnik zurzeit circa 300 Physiker beschäftigt.

Welche Bedeutung haben einschlägige Kenntnisse der Medizinphysik oder spezielle Abschlüsse zum Medizinphysiker?

Viele der Physiker, die wir einstellen, haben sich bereits mit Medizinphysik oder relevanten Themen beschäftigt. Das ist zwar kein „Killer-Kriterium“, erleichtert es aber, zum Vorstellungsgespräch eingeladen zu werden. Bei uns sind zum Beispiel einige Physiker, die

sich vorher am CERN mit Detektortechnik befasst haben, oder Erfahrungen in der Bildverarbeitung oder Bildnachbearbeitung mitbringen. Das muss nicht unbedingt im Rahmen eines Studiengangs Medizinphysik gewesen sein.

Welche Rolle spielt die Promotion?

Die Promotion an sich ist nicht unser Auswahlkriterium, aber vielfach vertiefen sich Physiker während der Promotion in ein für uns interessantes Thema. Daher ist die überwiegende Anzahl der Physiker, die wir einstellen, promoviert.

Worauf achten Sie neben den fachlichen Qualifikationen bei den Bewerbern?

Immer wichtiger wird die interdisziplinäre Ausrichtung. Wir suchen Physiker, die über ihren Tellerrand hinausschauen und zum Beispiel auch die Bedürfnisse eines Arztes oder einer Klinik einschätzen können. Unserer internationalen Ausrichtung entsprechend würden wir uns auch einen Auslandsaufenthalt wünschen. Daneben legen wir Wert auf eine ausgeprägte Ergebnisorientierung. Wir suchen Mitarbeiter, die Kundenanforderungen erkennen und Lösungen entwickeln wollen.

Wie sieht der typische Einstieg aus?

Da bei den Auswahlgesprächen immer auch zukünftige Kollegen dabei sind und über die Einstellung kollektiv entschieden wird, ist beim Einstieg meist schon die Basis für eine erfolgreiche Integration vorhanden. Die neuen Mitarbeiter bekommen einen Coach zur Seite und einen Mentor, die Führungskraft, mit denen zusammen ein Einarbeitungsplan definiert wird. Dieser ist die Basis für ein Review nach sechs Monaten, wo über die festgelegten Ziele, die Ergebnisse und Verbesserungsmöglichkeiten im persönlichen Profil gesprochen wird. Daran schließt sich eine neue Zielvereinbarung auf ein Jahr an. Daneben laden wir in der Personalorganisation die neuen Mitarbeiter nach circa einem Jahr ein, um über die individuelle Personalentwicklung zu sprechen.

Was bietet Siemens einem Absolventen?

Neben den für Großunternehmen üblichen Leistungen investieren wir sehr viel in die fachliche und persönliche Weiterbildung der Mitarbeiter. Das Wissen unserer Mitarbeiter hat einen Wert, den wir

auf Dauer erhalten und vergrößern möchten. Daneben ist für viele Bewerber ein entscheidendes Argument, dass wir durch unsere enorme Produktvielfalt sehr unterschiedliche Funktionen anbieten können. Man legt sich nicht von vorneherein auf eine Insel fest, sondern hat nach zwei, drei Jahren die Chance, zu wechseln und sich ganz neu auszurichten.

Schließt das auch den Wechsel zu anderen Unternehmensbereichen mit ein?

Die meisten Wechsel finden innerhalb der Medizintechnik statt. Die Medizintechnik macht es den

Mitarbeitern ja auch unheimlich leicht, sich damit zu identifizieren, weil die Produkte einen hohen Imagewert haben. Wechsel in andere Konzernbereiche erfolgen daher meist nicht in fachlicher Hinsicht, sondern wenn Karriereschritte anstehen.

Was bieten Sie als Einstiegsgehalt?

Für einen promovierten Physiker sind das typischerweise 54000 Euro, bezogen auf eine 40-Stunden-Woche.