



DAS THEMA

ERFINDUNG UND GRUNDLAGEN DER PARTIKELTHERAPIE

Aus „Quatsch“ wurde ein Welterfolg

Physiker Gerhard Kraft hat die Partikeltherapie von der Grundlagenforschung bis zur Anwendung gebracht



Professor Gerhard Kraft.

ZUR PERSON

Der Atomphysiker Professor Gerhard Kraft ist der Erfinder und Entwickler der heute in Europa gängigen Form der Schwerionen-Therapie gegen Tumore, die auch dem Partikeltherapiezentrum in Marburg zu Grunde liegt. Er war der Gründer und Direktor der Abteilung für Biophysik am Helmholtz-Zentrum für Schwerionen-Forschung (GSI) in Darmstadt. Die Entwicklung einer Therapie mit Schwerionen-Strahlung wurde in den USA und Japan zwar bereits vorangetrieben, als Gerhard Kraft zu einem Forschungsaufenthalt nach Berkeley kam. Allerdings war er der erste Wissenschaftler, der mittels der Nutzung von effizienten Schwerionen zum Beispiel von Kohlenstoff, Helium, und Sauerstoff eine Behandlung von Menschen möglich machte. Außerdem führte er das „Rasterscan-Verfahren“ in die Therapie ein. Mit dessen Hilfe ist die Ausrichtung und Positionierung des Schwerionen-Strahls auf Tumorgewebe im Körper überhaupt erst zielgerichtet möglich. Nach zehn Jahren Grundlagenforschung baute er am GSI in Darmstadt das europaweit erste Schwerionen-Therapiezentrum auf und behandelte dort mit Hilfe von Heidelberger Strahlenexperten von 1997 bis 2008 über 400 Krebspatienten. Danach half er beim Aufbau der Therapiezentren in Heidelberg, Marburg und Kiel.

Hinter einem starken Mann steht immer auch eine starke Frau. Das trifft wohl auch auf den Erfinder der Schwerionen-Krebstherapie, den Heidelberger Atomphysiker Professor Gerhard Kraft (73), zu.

von Tim Gabel

Marburg. Der hatte in den 60er- und 70er-Jahren in Heidelberg und Köln studiert, hatte eine Doktorarbeit zum Thema Kohlenstoff-Ion geschrieben und war ein passabler Atomphysiker geworden, als er eine Strahlenbiologin kennenlernte.

Die gefiel ihm grundsätzlich ganz gut, so Kraft. Nur mit dem Thema Strahlenbiologie konnte er anfangs nicht viel anfangen. „Ich habe ihr gesagt, dass ich das, was sie macht, Quatsch finde“, sagt Kraft heute. Als Physiker glaubte er damals an die reine Lehre. „Wir konnten Strahlen, einzelne Ionen auf Materie schießen und genau beobachten, was mit den Teilchen passiert, wenn sie auflaufen“, sagt Kraft. Der menschliche Körper erschien dagegen ein „schmutziges“ und unwägbares Terrain für Strahlung zu sein. Viel zu unklar war es, was mit den Strahlen im Gewebe passiert und was sie dort anrichten.

„Aber wie das so ist, wenn man etwas für Quatsch hält: Man muss sich schon damit beschäftigen, damit man auch Argumente hat“, sagt Kraft. So las er die Aufzeichnungen seiner Frau, verstand die Strahlenbiologie und fand das am Ende „überhaupt nicht mehr so dumm“.



Der Beschleunigerring des Marburger PTZ, auch Synchrotron genannt. Hier erreichen die Ionen Höchstgeschwindigkeit.



Ein Behandlungsraum in der von Siemens gebauten Partikeltherapieanlage in Marburg. Von der Grundlagenforschung bis zu einer solchen Hightech-Anwendung der Schwerionenstrahl-Therapie gegen Krebs war es ein langer Weg.

Fotos: Thorsten Richter

Seine entscheidende Entdeckung war nämlich, dass menschliche Zellen sehr widerstandsfähig sind. „Weil unser Erbgut als Doppelhelix aufgebaut ist, muss man schon mal zwei Erbgutstränge mit den Strahlen zerstören. Außerdem gibt es unheimlich viele Reparaturprozesse. Das heißt: So schnell bekommt man die menschliche Zelle beziehungsweise Tumorgewebe auch als Atomphysiker nicht klein.“

Gerhard Kraft begab sich auf die Suche nach einer Form von Strahlung, die es möglich machte, die Tumorzellen zu zerstören, während das gesunde Gewebe geschont wird.

Eine vielversprechende Forschung dazu betrieb die Universität im kalifornischen Berkeley. Die Wissenschaftler hatten schon eine Anlage gebaut, die Schwerionen zu einem Strahl bündelt und beschleunigt, „allerdings waren deren Ionen viel zu schwer. Die arbeiteten mit Edelgas-Ionen, zum Beispiel mit Argon. Die kamen nicht weit genug ins Material rein“, so Kraft.

Die Idee ließ den Wissenschaftler aber nicht los, und da kam das Angebot vom Helmholtz-Zentrum für Schwerionenforschung gerade recht, beim Aufbau eines Universalbeschleunigers für Schwerionen mitzuarbeiten. „Am Anfang habe ich da alles mit einem Kollegen alleine gemacht“, sagt Kraft – sogar die Holztische aufgebaut, auf denen physikalische Messgeräte standen. Zehn Jahre der Grundlagenforschung folgten, in denen Kraft erkannte, dass die Ionen von Wasserstoff, Kohlenstoff, Helium und Sauerstoff viel besser geeignet waren, um in tiefere Schichten von Gewebe einzudringen.

Das einzige Problem blieb: „Wie bekomme ich die Strahlung genau dorthin in den Körper, wo ich sie haben will, und

zwar punktgenau?“ Zum Glück half auch da wieder der Professor Zufall. „Wir hatten einen Kaffeetisch in der Bibliothek in Darmstadt, und da unterhielt ich mich mit einem Kollegen, der ein „Rasterscan-Verfahren“ entwickelt hatte. Damit war die punktgenaue Behandlung von Tumoren im Körper möglich.“

„Später durften wir nicht mehr in der Bibliothek sitzen, weil wir immer Kaffeeflecken gemacht haben“, erinnert sich Kraft. Für den Wissenschaftler war aber klar: „Wir müssen hier Patienten behandeln, sonst verpufft die Technologie im Nichts.“

Gesagt, getan und so etablierte Kraft gegen den ausdrücklichen Willen seines damaligen Chefs die erste Anlage im Darmstädter Labor mit der von 1997 bis 2008 über 400 Patienten mit sehr schlecht erreichbaren Tumoren behandelt wurden. Sein Verdienst aus eigener Sicht: „Ich habe der Medizin ein Messer gegeben, mit der auch Tumore behandelt werden können, derer man mit herkömmlichen Strahlen oder OP-Methoden nicht Herr wird. Es fühlt sich im Alter schon gut an, wenn seine Arbeit ein bisschen Sinn ergeben hat.“



Innenansicht des beim GSI für Heidelberg und Marburg entwickelten Linearbeschleunigers.

Foto: GSI

So funktioniert die Partikeltherapieanlage in Marburg

Die OP erklärt, woher die Schwerionen kommen, warum sie angeschubst werden müssen und wie sie da landen, wo sie hin sollen

Bestrahlung gegen Krebstumore ist nichts Neues. Bislang setzte man kleine Lichtteilchen ein, die Photonen. Bei der Partikeltherapie schneidet man dagegen mit hoch beschleunigten Atomkernen das Gewebe vom Geschwulst frei. Das ist genauer.

von Tim Gabel

Marburg. Es braucht allerdings einige große Maschinen, um diese positiv geladenen Atomkerne auf drei Viertel der Lichtgeschwindigkeit zu bringen, damit sie auch bis zu 30 Zentimeter tief im Gewebe sitzende Tumore erreichen. Deshalb braucht man auch ein eigenes Gebäude für die Partikeltherapie und kann den Behandlungsraum nicht einfach ins Uni-Klinikum Marburg integrieren. Die wichtigs-



ten Teile in dem Gebäude sind die Plasmakammer, der Linearbeschleuniger, der sogenannte Synchrotron und der gute Letzt der Behandlungsraum.

Plasmakammer: In der Plasmakammer entstehen die Schwerionen – kleine Teilchen, die der Partikeltherapie ihren Namen geben. Mithilfe von Magneten

und Hochspannung werden die Atome in Ionen und Elektronen aufgespalten. Die positiv geladenen Schwerionen werden aus der Kammer extrahiert.

Linearbeschleuniger: Die Schwerionen bilden im Linearbeschleuniger Teilchenpakete, die mit Hilfe einer angelegten Hochspannung binnen einer extrem kurzen Strecke von nur fünf Metern die Beschleunigung der Ionen auf etwa zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit ermöglichen.

Synchrotron: Ein Zehntel Lichtgeschwindigkeit ist zwar schnell, aber noch immer nicht schnell genug: „Damit kann man nur die oberen Hautschichten ankratzen“, sagt der Erfinder der Technologie, Professor Gerhard Kraft. Also müssen die Schwerionen auch noch durch das Synchrotron, einen Beschleunigerring. Und zwar nicht einmal, sondern ungefähr eine Million mal wird ein einzelnes Teilchen mittels angeordneter Magnete in eine Kreisbahn gelenkt. Da die magnetischen Führungsfelder synchron mit steigender Geschwindigkeit des Ionenstrahls geändert werden, wird der Ring auch „Synchrotron“ genannt.

Ein kombiniertes System aus elektrostatischen und magnetischen Feldern leitet den Therapiestahl in die Hochenergiestrahlführung, die in den Behandlungsraum reicht.

Behandlungsraum: Das Verfahren, wie der Schwerionenstrahl positioniert und an die richtige Stelle in das Gewebe gelangt, ist sehr komplex. Dafür werden das „Rasterscan-Verfahren“, die „Online-Therapie-Kontrolle“, „Digitales Röntgen“ und eine „360-Grad-Gantry“ eingesetzt – das alles, um gesundes Gewebe zu schonen und nur den Tumor zu entfernen. Das funktioniert vereinfacht dargestellt so: Der Patient wird auf einer Liege fixiert. Der auf wenige Millimeter gebündelte Ionenstrahl rastet nun Schicht für Schicht des Tumorgewebes ab. Da Ionen die besondere Eigenschaft haben, erst ganz am Ende ihrer Kraft die meiste Strahlung abzugeben, werden höher liegende Hautschichten geschont.



ZUR PERSON

Prof. Dr. Dr. Jürgen Debus ist Ärztlicher Direktor der Abteilung für Radioonkologie und Strahlentherapie am Universitätsklinikum Heidelberg. Er ist außerdem der wissenschaftlich-medizinische Leiter des Heidelberger und seit Oktober auch des Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT und MIT). Jürgen Debus studierte in Heidelberg Medizin, hat aber in Physik und Medizin promoviert. Beide Doktorarbeiten befassten sich mit hochenergetischer Strahlung und ihrem Einsatz in der Tumorthherapie. Er arbeitete danach als Leiter einer Arbeitsgruppe zu Behandlung von Tumoren mittels Strahlentherapie am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg. 1994 übernahm er die medizinische Koordination des Schwerionentherapieprojektes bei der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt, wo die ersten Patienten mit Hilfe von Schwerionen behandelt wurden. 1997 habilitierte er im Fach Strahlentherapie an der Uni Heidelberg. Debus war von 2001 bis 2003 Vorsitzender des Wissenschaftlichen Rates des Deutschen Krebsforschungszentrums. Er erhielt in der Zwischenzeit viele Auszeichnungen für seine Arbeit; unter anderem 2005 den Innovationspreis der Deutschen Hochschulinmedizin für die Arbeiten zur Schwerionentherapie.



SERVICE

Kontakt & Info

■ Patienten können sich entweder persönlich oder über ihren behandelnden Arzt an die Mediziner in Heidelberg wenden. Die Hotline ist unter +49 6221 56-5445 erreichbar. Anlaufstelle ist die Ambulanz der Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie in der Klinik Heidelberg. Im Neuenheimer Feld 400. Oder sie können eine E-Mail schreiben an: emailstrahlentherapie@med.uni-heidelberg.de.

■ Wer mehr Informationen über die Schwerionentherapie haben möchte, kann bei Google „Interview mit Professor Dr. med. Dr. rer. nat. Jürgen Debus“ oder „Interview mit Professor Dr. Thomas Haberer“ eingeben. Haberer ist der wissenschaftlich-technische Direktor des HIT und des MIT und Mitentwickler der Technologie.

DAS THEMA

MARBURGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM: MEDIZINISCHE ANWENDUNG

„Die Chance, mehr Patienten zu heilen“

Neuer medizinischer Leiter der Partikeltherapie in Marburg erklärt die Möglichkeiten der Schwerionen-Strahlung

Im Oktober 2015 soll das Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum unter Leitung von Heidelberger Wissenschaftlern in Betrieb gehen. Die haben viel Erfahrung, aber auch die Grenze ihrer Behandlungskapazitäten erreicht.

Fortsetzung von Seite 1
von Tim Gabel

Marburg. Im ersten Teil der OP-Wissenschaftsserie zum Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (MIT) am vergangenen Freitag hat einer der Entwickler, Gerhard Kraft vom GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung, skizziert, wie die Idee zur Behandlung von Tumoren mit Schwerionen-Strahlung entstanden ist.

Im Interview mit der OP erklärt jetzt der wissenschaftlich-medizinische Leiter der Ionenstrahl-Therapiezentren in Heidelberg und Marburg, Jürgen Debus, für welche Tumor-Arten die Technik schon wissenschaftlich anerkannt ist, was die Vorteile, Möglichkeiten, aber auch die Grenzen der Methode sind.

OP: Hallo Herr Professor Debus, mit der Schwerionenstrahlung haben Mediziner ein besonders scharfes Messer, mit dem man auch an bisher unzugänglichen Stellen Tumore entfernen kann. Kann man die Technik so einfach beschreiben?

Jürgen Debus: Nein und Ja. Man muss mit Bildern in der Medizin vorsichtig sein. Die Schwerionenstrahlung bleibt eine Strahlung mit all ihren Eigenschaften. Richtig ist aber, dass man mit ihr sehr trennscharf arbeiten kann. Wir können Patienten behandeln, die auf die herkömmliche Behandlung mit Photonenstrahlung nicht oder nur schlecht ansprechen und deren Tumor trotz Bestrahlung weiter wächst. Zu den Anwendungsfeldern gehören Tumore, die tief im Körper liegen oder von extrem strahlenempfindlichem gesundem Gewebe umgeben sind, wie beispielsweise Auge, Sehnerv, Hirnstamm oder Darm.

OP: Welche Eigenschaften der Strahlung machen das möglich?

Debus: Durch die in unseren Anlagen beschleunigten Schwerionen kann man eine für die Zerstörung des Tumors ausreichend hohe Dosis Strahlung in bis zu 30 Zentimeter Tiefe erreichen, die gleichzeitig das Normalgewebe oder angrenzende Organe schon. Das ist mit der herkömmlichen Strahlentherapie technisch einfach nicht möglich. Der Grund dafür ist die physikalische Eigenschaft der Schwerionen, die den Großteil ihrer Strahlung genau am Zielpunkt, also am berechneten Endpunkt der Bestrahlung, freigeben. Wird ein Patient mit Photonen bestrahlt, geben diese ihre Strahlung beim Eindringen nahezu gleichmäßig ab. Deshalb eignet sich die herkömmliche Bestrahlung für nah unter der Oberfläche liegende Tumore und für solche, bei denen es keine dramatischen Auswirkungen hat, wenn etwas vom gesunden Gewebe mit zerstört wird. Wie etwa bei Leber- oder Lungenkarzinomen.

OP: Mal konkret gefragt: Für welche Tumorarten wird die Partikeltherapie oder Schwerionentherapie in Heidelberg schon eingesetzt?



Im Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum werden schon seit 2009 Patienten behandelt. Die Marburger Anlage soll im Oktober 2015 eröffnen. Der Schwerionenstrahl entfaltet seine zerstörerische Kraft genau im Inneren des anvisierten Tumors. Dafür muss der Punkt im Körper aber auch exakt getroffen werden. Bei Hirntumoren hilft eine individuell angefertigte Behandlungsmaske. Foto: HIT

Debus: Wie erwähnt: die Tumore, die von extrem empfindlichem Gewebe umgeben sind, wo es auf jeden Millimeter ankommt. Also Tumor im Kopfbereich zum Beispiel, an der Schädelbasis, aber auch Tumore an der Prostata. Extrem empfindlich sind zum Beispiel auch die Knochen und Organe von Kindern, die noch wachsen. Ein weiterer Vorteil der Schwerionenstrahlung, gerade bei der Behandlung von Kindern, ist, dass durch die geringe Strahlenbelastung im Normalgewebe weniger Sekundärtumore entstehen. Es gibt ja einen Grund, warum man Strahlung nicht einfach so einsetzt. Und zwar den, dass die Strahlung auch Tumore auslösen kann, auch Jahre später. Durch die Schwerionentherapie reduziert man diese Wahrscheinlichkeit.

OP: Sie haben in Darmstadt und Heidelberg schon rund 3000 Patienten behandelt und mit diesen Studien durchgeführt. Welche wissenschaftliche Evidenz, also Sicherheit gibt es denn schon? Für welche Behandlung ist die Schwerionen-Therapie schon zugelassen?

Debus: Eine Zulassung für Medikamente und Therapien dauert in der Regel zehn Jahre. Studien haben wir durchgeführt zu den Chordomen und Chondrosarkomen, also Tumoren der Schädelbasis. Im Rahmen unserer klinischen Studien beim GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung wurden in den Jahren 1997 bis 2008 über 400 Patienten mit diesen Tumoren

äußerst erfolgreich mit Schwerionen bestrahlt, ein großer Teil konnte geheilt werden. Auch bei Patienten mit großen adenoidzystischen Speicheldrüsenkarzinomen konnte eine Wirksamkeit eindrücklich belegt werden.

EXPEDITION Partikel therapie TEIL 2

OP: Welche Studien laufen derzeit?

Debus: Im nächsten Schritt untersuchen wir seit 2009 in Heidelberg die Wirksamkeit für Schwerionen-Strahlung beim Prostatakrebs. Also einer Tumorart, die im Verhältnis sehr häufig auftritt. Außerdem untersuchen wir die Entfernung von Tumoren im Bereich der Wirbelsäule und des Beckens. Diese Studien laufen allerdings noch bis zu fünf Jahre. Bisher können wir nur aussagen, dass die Behandlung technisch durchführbar ist. Über den Erfolg der Behandlung können wir noch keine verlässlichen Aussagen machen. Man muss die Menschen ja noch beobachten, um eine Aussage machen zu können, ob es einen Überlebensvorteil gibt.

OP: Wird die Bestrahlung mit Schwerionen irgendwann die Standardtherapie in der Krebs-

bekämpfung?

Debus: Wenn man einen hochpräzisen Ansatz hat, dann muss man sich genau überlegen, wo man den anwenden kann und wo nicht. Es gibt im Moment noch Themen, die sind noch nicht gelöst. Das betrifft zum Beispiel Tumore, die sich bewegen, etwa durch die Atmung im Brustkorb. Die hohe Präzision des Strahls verkehrt sich natürlich sofort dann in einen Nachteil, wenn der Strahl nicht an die richtige Stelle gelangt und gesundes Gewebe schädigt. Wenn ich das mit Photonen mache, ist das etwas verzeihlicher, weil die Strahlung nicht so wirkungstark ist.

OP: Wie kommen die Patienten zu Ihnen?

Debus: In der Regel wenden sich Ärzte und Strahlentherapeuten an uns. Die Experten machen eine Bestrahlungsplanung und merken, ich komme mit der herkömmlichen Technologie nicht an den Tumor. Dann wendet man sich an uns und wir machen einen Bestrahlungsplan. Wenn wir das nicht innerhalb von vier Wochen leisten können, versuchen wir den Patienten einer konventionellen Therapie zuzuführen. Wir wollen vermeiden, dass sich der Zustand von Patienten auf der Warteliste verschlechtert.

OP: Inwiefern hilft Ihnen jetzt die zusätzliche Anlage in Marburg auch für Ihre Forschung? Ist ein Beschleunigung möglich?

Debus: Die Anlage hat zwei große Vorteile. Zum einen ist das

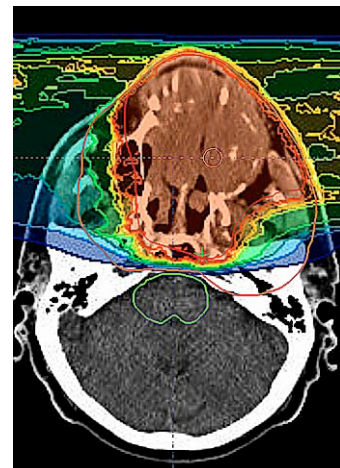
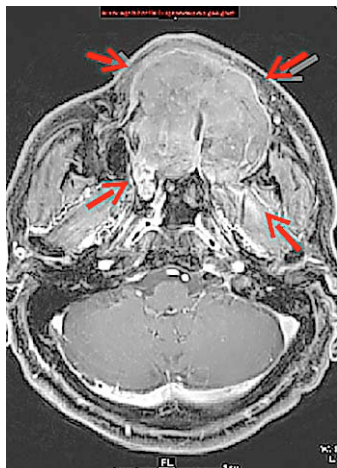
Einzugsgebiet größer. Patienten aus nördlicheren Regionen brauchen nicht mehr bis Heidelberg reisen. Außerdem wird unser Kapazitätsproblem abgeschwächt. Wir laufen am Rand unserer Möglichkeiten. Wir können derzeit rund 700 Patienten im Jahr behandeln. Schätzungen gehen aber davon aus, dass irgendwann bis zu 10 000 Patienten von der Schwerionen-Strahlung profitieren können. Wir müssen inzwischen schon zu sehr hässlichen Tageszeiten behandeln. Irgendwann fangen die Patienten an zu streiken. Man kann jetzt auch ein Ausfallkonzept erarbeiten, für den bald eintretenden Fall, dass die Anlage in Heidelberg modernisiert wird. Für die Wissenschaft bedeutet das auch, dass man mit mehr Patienten schneller Probanden für Studien rekrutieren kann. Die Zulassung für Therapien wird so schneller möglich.

OP: Werden die Anlagen in Heidelberg und in Marburg (ab Herbst 2015) gleichwertig eingesetzt oder sollen unterschiedliche Therapien an den Standorten angeboten werden?

Debus: Nein, wir halten ja jetzt schon Experten für hochspezialisierte Behandlungsarten vor. Da ist es gerade wichtig, dass die Anlagen identisch laufen, um gemeinsame Schulungen für die jeweiligen Fachmitarbeiter anbieten zu können.

OP: Wie wird das medizinische Team für die Anlage in Marburg zusammengestellt? Arbeiten hier Heidelberger und Marburger Mediziner miteinander?

Debus: Ärzte haben in Marburg momentan noch nicht so viel zu tun. Momentan arbeiten die Wissenschaftler aus dem Bereich der Beschleunigerphysik in Marburg. Das Team ist schon zusammengestellt und darunter sind auch ungefähr 15 Mitarbeiter aus der Region Marburg, die sich um den Betrieb der Beschleunigertechnik kümmern. Der nächste Schritt ist dann die Einstellung des Schwerionenstrahls durch Mitarbeiter der Medizinphysik. Da laufen gerade die Ausschreibungen. In einem halben Jahr bauen wir die medizinische Mannschaft auf. Insgesamt werden um die 80 Arbeitsplätze am MIT entstehen.



Die Aufnahmen eines Speicheldrüsenkarzinoms, das in einer Studie am Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum behandelt wurde. Das linke Bild zeigt den Tumor vor der Bestrahlung, das mittlere den Bestrahlungsplan und das rechte Bild das tumorfreie Gewebe sechs Wochen nach dem Eingriff. Fotos: HIT



DAS THEMA

MARBURGER IONENSTRAHL-THERAPIEZENTRUM (MIT)



- Beschleuniger, Technik
- Behandlungsräume
- Patientenvorbereitung
- Medizinphysik, Forschung
- Computertomographie
- Medizin
- Wartebereich, Empfang, Ambulanz



Redaktion und Layout: Tim Gabel
Fotos: Thorsten Richter, Nadine Weigel
Grafik: Sven Geske

Geführter Rundgang durch ein „medizinisches Raumschiff“

Das Besondere daran ist das Besondere darin: So kommt der Patient in den Bestrahlungsraum und der Strahl in den Patienten

In Marburg geht im Oktober eine von nur fünf bundesweiten Therapieanlagen ans Netz, in der mit Hilfe eines Schwerionenstrahls – der beinahe Lichtgeschwindigkeit erreicht – schwer zugängliche Tumore therapiert werden. So sieht es dort aus:

auf einem neuen Schild vor dem Gebäude. Die Uni Marburg ist natürlich Kooperationspartner.

2 Auch wenn das Gebäude der Partikeltherapie, jetzt MIT, schon seit 2009 steht, lässt das Foyer vermuten, die Anstreicher und Elektriker seien erst seit ein paar Tagen fertig. Hier wird noch eingerichtet, dekoriert und bepflanzt, bevor der erste Patient im Oktober kommen soll.

3 Patienten, bei denen Ärzte feststellen haben, dass ihr Tumor von konventionellen Strahlen oder mit einer OP nicht gut zu erreichen oder behandeln ist, bekommen mit der Schwerionenstrahlung eine zusätzliche

Chance auf Heilung. Wenn die Experten eine Partikeltherapie für aussichtsreich halten, beginnt beim ersten Besuch in Marburg alles mit einer dreidimensionalen Karte des Tumors. Im Computertomographen wird innerhalb von Sekundenbruchteilen eine dreidimensionale Computersimulation des Tumors und seiner Umgebung auf dem Bildschirm dargestellt. Die Ärzte füttern den Computer mit weiteren Daten zur Söldosis der Bestrahlung in einzelnen Tumorbereichen und der maximalen Dosis, die das Gewebe drum herum aushält. Daraus berechnet der Computer die optimale Strahlendosis für jeden einzelnen Punkt im Tumor und ermittelt die günstigsten

Einstrahllrichtungen des Therapiestrahls.

4 Die Plasmakammer kann man sich wie eine Mikrowelle vorstellen. Die Wissenschaftler füllen die Anlage mit dem Gas des Stoffes, von dem man Schwerionen bekommen will. In Marburg also Wasserstoff und Kohlenstoffgas. Durch das Aufheizen kann man positiv geladene Protonen (beim Wasserstoff) oder positiv geladene Kohlenstoffionen von den negativ geladenen Elektronen trennen. Mit Hilfe von Magneten erzeugt man eine hohe Dichte von Ionen. Wie bei einem Röhrenfernseher – bei dem Teilchen auf den Bildschirm gesaugt werden – kann man mit der Spannung eines statischen Felds die Schwerionen schließlich aus der Plasmakammer ins Vakuum der Strahlführung ziehen.

5 Die benötigten Schwerionen hat man jetzt schon mal, auch wenn diese im weiteren Verlauf noch etwas modifiziert werden. Allerdings ist das Besondere an der Partikeltherapie, dass der Strahl bis zu 30 Zentimeter ins Gewebe eindringt und seine volle Kraft erst in der Tiefe entfaltet. Bisher trüben die Teilchen allerdings eher durchs Vakuum und wenn man

sie so aufs Gewebe schicken würden, würden sie nicht mal ein paar Millimeter weit eindringen. Es braucht also Tempo. Im Linearbeschleuniger werden die Schwerionen zu einem Strahl gebündelt, dafür braucht es viel Energie, weil die Teilchen sich gegenseitig abstoßen. Und – wie der Name es verrät – werden sie beschleunigt. Ähnlich der Abzessrampe einer Achterbahn, gibt es hier den ersten Impuls, der die Teilchen bis auf zehn Prozent der Lichtgeschwindigkeit bringt.

6 Ist der Strahl auf Geschwindigkeit gekommen, geht es rund – und zwar im wahren Sinne des Wortes. Ein Zehntel Lichtgeschwindigkeit ist zwar schnell, aber noch immer nicht schnell genug. „Damit kann man nur die oberen Hautschichten ankratzen“, sagt Professor Thomas Haberer. Im Kreis angeordnete Magnete, die einen Ring von 20 Metern Durchmesser bilden, drücken also aufs Tempo. Ungefähr eine Million mal muss der Strahl durch das sogenannte Synchrontron fliegen, bevor er bei etwa 70 Prozent der Lichtgeschwindigkeit sein Therapie-Tempo erreicht hat.

7 Mit dieser Geschwindigkeit hat der Schwerionenstrahl

eine ungeheure zerstörerische Kraft. Damit wird auch genau das ankommt, wo sie hin soll, nämlich ins Tumorgewebe, ist der Behandlungsraum mit jeder Menge modernster Sicherheitstechnik gefüllt. Durch die Rastertechnologie (siehe Kasten rechts) ist der Strahl sehr genau positioniert und lenkbar. Ein Problem könnte aber entstehen, wenn der Patient sich bewegt oder nicht exakt in der Position liegt, die der Computer berechnet hat. Dafür gibt es noch mehrere Sicherheitssysteme: Herzstück dieses Systems sind Strahlmonitore, die bis zu 100 000 Mal in der Sekunde den Therapiestrahlfeld messen und die Unterbrechung der Bestrahlung in weniger als einer tausendstel Sekunde möglich machen. Um die eingestellte Position des Patienten zu kontrollieren, wird mit Hilfe eines Röntgenapparates an der Decke ein digitales Bild erstellt. Dieses wird mit dem der Bestrahlungsplanung zugrunde liegenden Computertomogramm verglichen und wenn nötig wird die Position des Patienten angepasst. Diese Korrektur führt die futuristisch aussehende Robotertechnik durch und stellt so die größtmögliche Positionierungsgenauigkeit her.

8 Durch die vielen Hightech-Geräte einem Raumschiff

Dem Kind das Laufen beibringen

Der Technische Direktor der Schwerionen-Therapie fährt die Marburger Anlage hoch

Mit seiner Doktorarbeit hat Thomas Haberer vor 25 Jahren die punktgenaue Bestrahlung von Krebszellen mit Schwerionen ermöglicht. Als Technische Direktor des Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (MIT) nimmt er die Anlage jetzt in Betrieb. Die OP besuchte ihn.

Fortsetzung von Seite 1
von Tim Gabel

Marburg. Die Wände sind strahlend weiß, auf der geschwungenen Holztheke im Eingangsbereich steht bislang nicht mal ein Computer. Im Marburger Ionenstrahl-Therapiezentrum (MIT) meint man noch feuchte Farbe und frisches Holz riechen zu können. Das mit einem Architekturpreis ausgezeichnete Gebäude wirkt futuristisch und irgendwie noch nicht ganz fertig. Dabei war das MIT eigentlich schon am Ende. Der Leidensweg ist bekannt: Der Siemens-Konzern hatte im Spätsommer 2011 entschieden, die bereits aufgebauten Partikeltherapie-Anlagen in Marburg und Kiel nicht in Betrieb zu nehmen. Grund war die mangelnde Prognose. Dem Rhön-Klinikum und der Uni Marburg als Betreibern hatte Siemens wirtschaftliche Ergebnisse versprochen, die technisch nicht umzusetzen waren: Die hohe Quote von rund 2000 Patienten pro Jahr konnte nicht erreicht werden, das Konzept brach zusammen.

Die Zukunft steht im Flur

Thomas Haberer sagt dazu heute: „Der Fehler war die Annahme, dass man in experimentelle Spitzenmedizin investiert und einen finanziellen Return hat, der einem Routinebereich entspricht.“ Seine Diagnose: „Man hat uns, den Entwicklern, nicht zugehört.“

Bereits eingestellte Mitarbeiter mussten gehen, es gab Proteste und am Ende einen runden Tisch der Landesregierung. Der schönen Gebäudehülle drohte eine leblose Zukunft als Teilelager für eine baugleiche Anlage in Shanghai. Düstere



Der Technische Direktor der Ionenstrahl-Therapieanlagen in Heidelberg und Marburg, Professor Dr. Thomas Haberer, steht in einem Behandlungsraum vor der Strahlapparatur. Foto: Thorsten Richter

Vergangenheit. Im ersten Flur, links vom Eingang steht die Zukunft: Und zwar genau vor der Bürotür mit dem Schild: Technischer Direktor: Thomas Haberer. Ein halbes Dutzend junger Ingenieure steht dort, die sich auf eine der ausgeschriebenen Stellen bewerben wollen.

Der Heidelberger Wissenschaftler ist derzeit oft persönlich in Marburg. Die Gespräche mit dem Nachwuchs will er persönlich führen: „Hohe Expertise im Team und wenig Wartungsverträge nach draußen“, das ist sein Ziel. Eine Strategie, die es ihm auch schon in Heidelberg erlaubt, mit seinen Mitarbeitern kostendeckend zu arbeiten. „Wir werden hier nicht viel Geld verdienen, aber auch kein Verlustgeschäft machen. Dafür betreiben wir hier Spitzenmedizin und -forschung“, sagt Haberer.

Die Bewerber aus der Region sehen wie die Anlage funktioniert, von der Inbetriebnahme bis zur ersten Patientenbehandlung, die für Oktober geplant ist, sind sie vom ersten Schritt mit dabei. Außerdem werden die Mitarbeiter im laufenden Routinebetrieb in Heidelberg geschult. „Dann wächst eine Mannschaft heran, die sich gegenseitig hilft und bereichert“, so Haberer.

In der GmbH, die für die technisch-physikalische Seite der Partikeltherapie zuständig ist, sollen langfristig 40 bis 45 Mitarbeiter arbeiten. Von klinischer Seite kommen unter der Füh-

rung des Ärztlichen Direktors, Jürgen Debus, dann nochmal 25 bis 30 Angestellte oben drauf. Am Ende werden zwischen 80 und 90 Menschen dem MIT-Gebäude Leben einhauchen.

Im Oktober haben die Heidelberger Wissenschaftler die Anlage übernommen, nach über drei Jahren Verhandlungen. Seitdem rüstet Siemens ein paar Teile der Anlage wieder nach, die vorübergehend schon in Shanghai eingesetzt wurden. Technisch gibt es eine klare Aufgabentrennung, die sich in Heidelberg bewährt hat: Siemens kümmert sich um die gesamte Technik, die mit dem Patienten zu tun hat. „Alle Geräte, die da-



mit zu tun haben, den Strahl zu erzeugen und viel physikalisch-technisches Knowhow erfordern, warten wir selber.“

Die Genehmigung für einen technischen Strahlbetrieb ist der Anlage Anfang Februar erteilt worden. Bis zum Sommer soll die Genehmigung für den klinischen Strahlbetrieb folgen. Der Fahrplan von Haberer sieht vor, dass Maschine für Maschine hochgefahren wird, im Testbetrieb läuft und notfalls getarnt und kalibriert wird – von der

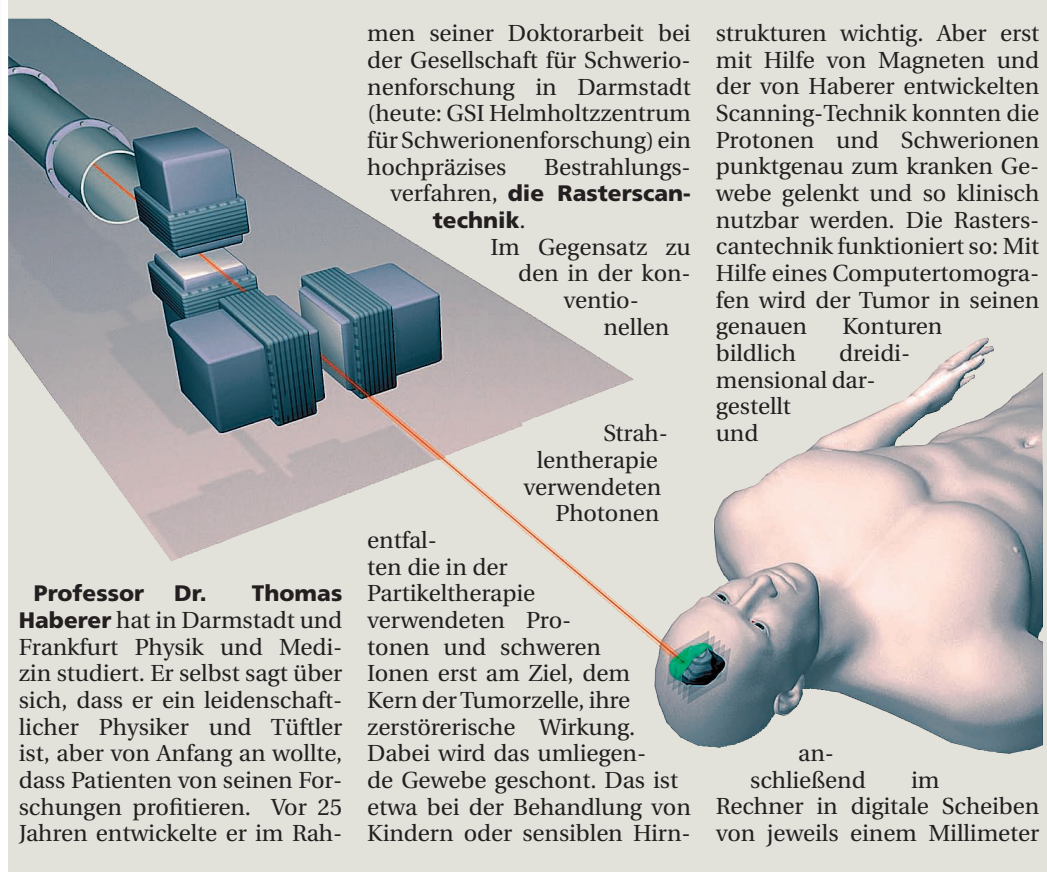
Erzeugung des Strahls bis in den Patientenraum. Dass die Anlage bereits unter dem alten Betreiberkonsortium gelaufen ist, macht den neuen Technik-Chef zuversichtlich: Aber bei der Ionenstrahltherapie steckt der Teufel im Detail: „Na ja, das System ist eben keine Mikrowelle oder ein Golf V. Bei der Partikeltherapieanlage gibt es sehr delicate Abstimmungsprozesse. Es kann an sehr kleinen Einstellungsänderungen liegen, ob der Strahl stabil aus der Maschine kommt und auch die Breite und Intensität besitzt, die man für die Bestrahlung von Patienten braucht.“

100 000 Einstellungen

100 000 verschiedene Kombinationen der Strahlparameter können eingestellt werden und „da komme es hin und wieder schon mal zu Überraschungen“, sagt Thomas Haberer. „Mit unserer Erfahrung aus Darmstadt und Heidelberg werden wir das Kind aber schaukeln.“

Gar kein schlechtes Bild: Wenn man mit Thomas Haberer auf einen Rundgang durch die langen Flure und riesigen Maschinenräume des MIT geht, spürt man Aufbruchsstimmung und eine fast väterliche Erleuchtung: „Mit anzusehen, wie die Anlage in Kiel, die sehr schön gebaut war, wieder abgebaut wurde, war schlimm. Es wäre eine Schande gewesen, wenn das Gleiche hier in Marburg nochmal passiert wäre“, sagt er.

ZUR PERSON: THOMAS HABERER, ENTWICKLER DER RASTERSCANTECHNIK



Professor Dr. Thomas Haberer hat in Darmstadt und Frankfurt Physik und Medizin studiert. Er selbst sagt über sich, dass er ein leidenschaftlicher Physiker und Tüfler ist, aber von Anfang an wollte, dass Patienten von seinen Forschungen profitieren. Vor 25 Jahren entwickelte er im Rah-

Die ersten Teile der Serie „Expedition Partikeltherapie“ unter www.op-marburg.de