



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 Strahlentherapeuten 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 aufprallen“, 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.

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 Helmholtzzentrum 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

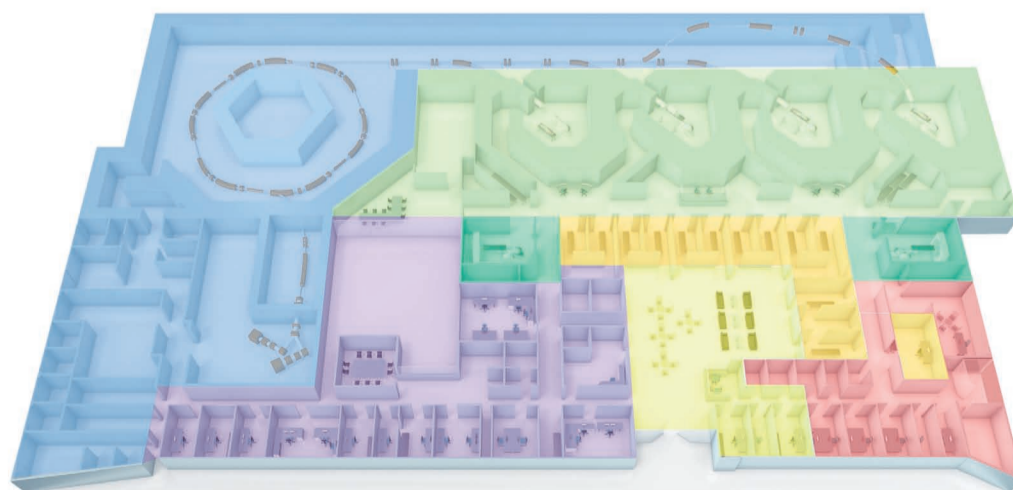
## So funktioniert die Partikeltherapieanlage in Marburg

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-



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

ten Teile in dem Gebäude sind die Plasmakammer, der Linearbeschleuniger, der sogenannte Synchrotron und zu guter 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 Therapiestrahls 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-Therapiekontrolle“, „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 rastert 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.