

**HZB** Helmholtz  
Zentrum Berlin

25 Jahre

Augentumortherapie  
in der

**lichtblick**  
2012 - 2020

## Das Augenlicht und Leben retten

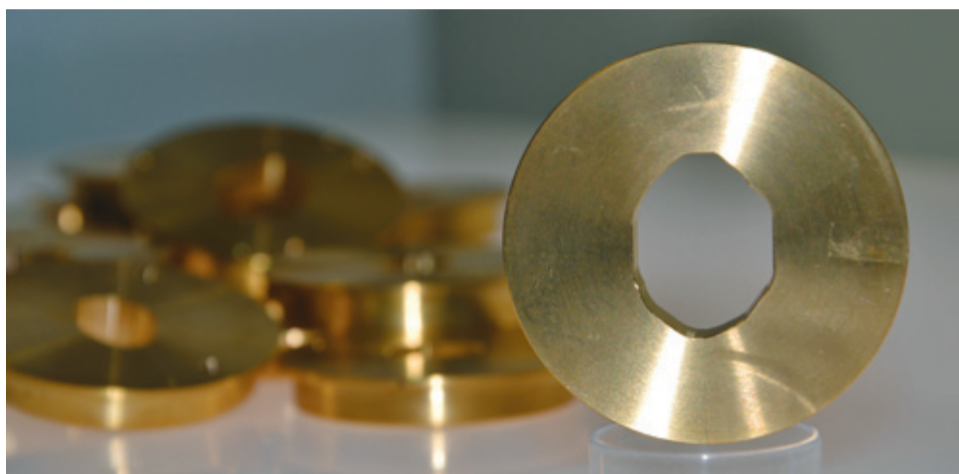
### 2.000. Charité-Patient am HZB mit Protonentherapie behandelt

■ VON STEFFI BIEBER-GESKE

Die Diagnose ist ein Schock: 500 bis 600 Menschen in Deutschland erkranken jährlich an einem malignen Aderhautmelanom. Dieser Augentumor kann die Betroffenen das Sehvermögen kosten – und sogar tödlich enden. Die gute Nachricht: Jedes dritte Melanom lässt sich durch eine Protonentherapie behandeln, die das HZB seit 1998 gemeinsam mit der Charité anbietet. In diesen Tagen wird der 2.000. Patient behandelt.

**D**iese spezielle Art der Bestrahlung wird in Deutschland nur am HZB angeboten, denn sie erfordert hochenergetische Protonen, wie es sie nur am Standort Wannsee gibt. Auch aus den Nachbarländern kommen immer wieder Patienten an die Augenklinik und die Klinik für Strahlentherapie des Campus Benjamin Franklin der Charité. Betreut werden sie dort von einem Team aus Medizinphysikern, medizinisch-technischen Radiologieassistenten, Strahlentherapeuten und Augenärzten. Die HZB-Kollegen – Physiker, Ingenieure und Techniker – sorgen dafür, dass die Anlage während der rund zwölf Therapiewochen im Jahr stets optimal läuft. Die hohe Qualität des Protonenstrahls ist wichtig für den Erfolg der Therapie. Werden gerade keine Patienten behandelt, nutzen sie die Zeit, um die Geräte zu warten und durch Simulationen und Berechnungen ständig weiter zu optimieren.

„Dieses einmalige interdisziplinäre Team ist in der Lage, die Protonenbestrahlung von Augentumoren auf sehr hohem technischen Niveau durchzuführen. Doch trotz des immensen technischen Aufwands steht der Patient als Mensch immer im Mittelpunkt, auch nach 2.000 Behandlungen“, sagt Jens Heufelder, leitender Medizinphysiker von der Charité Berlin. Die Erfolge können sich sehen lassen: In mehr als 97 Prozent der Fälle wird der Tumor vollkommen zerstört und die



Für jeden Patienten werden Messingblenden entsprechend der Tumorgroße gefertigt.

Foto: Andreas Kubatzki

Sehkraft erhalten. Auch Iris melanome und gutartige Gefäßfehlbildungen lassen sich durch die Protonentherapie hervorragend behandeln. Ob die Methode geeignet ist, hängt immer von der Lage und Größe des Tumors ab.

„Es ist ein tolles Gefühl, dazu beizutragen, kranken Menschen zu helfen“, erklärt Andrea Denker vom HZB. Die Physikerin ist seit dem Start der Protonentherapie dabei. „Außerdem ist es natürlich auch eine spannende wissenschaftliche Herausforderung, die Technik immer weiter zu verbessern.“ So wird heute beispielsweise wesentlich weniger Energie verbraucht als zu Beginn der Protonentherapie, die Messgeräte sind empfindlicher geworden, die Strahldiagnose hat sich verbessert. Diese Verbesserungen sind für die Patienten nicht sichtbar – für sie hat sich in den vergangenen 14 Jahren wenig verändert. Die Behandlung ist nicht gerade angenehm, hat aber gegenüber der klassischen Therapie mit harter Röntgen- oder Elektronenstrahlung zahlreiche Vorteile. Die Protonenstrahlung erreicht erst am Ende ihres Laufweges ihr Maximum, dann fällt die Strahlendosis rasch auf Null. Die Teilchenenergie lässt sich bei entsprechender Lage des Melanoms also

so wählen, dass nur der Tumor Strahlung abbekommt, das dahinterliegende Gehirn aber nicht. Auch die seitliche Streuung der Protonenstrahlen ist wesentlich geringer als die von Röntgen- oder Elektronenstrahlung. Bei der Protonentherapie wird somit der Tumor effektiv getroffen, gesundes Gewebe dagegen weitgehend geschont.

Die gesamte Anlage des HZB, die für die Erzeugung und Beschleunigung der Protonen sowie für die Aufbereitung und Führung des therapeutisch genutzten Protonenstrahls betrieben wird, füllt zusammen mit den Netzgeräten, Elektromagneten, Vakuum-Hochleistungspumpen, Kühlaggregaten und vielen anderen Peripheriegeräten einen Raum in der Größe einer Fabrikhalle. Herzstück der Anlage sind die beiden Teilchenbeschleuniger. Mit diesen erzeugt die Betreiber Mannschaft des HZB einen Protonenstrahl, der am Bestrahlungsplatz der Charité bezüglich Energie, Intensität und Stabilität optimal an die Bedürfnisse der Protonentherapie angepasst ist.

<http://www.helmholtz-berlin.de/angebote/pt/>

## 2500. AUGENTUMOR-PATIENT VON DER CHARITÉ AM HZB BESTRAHLT



**Augentumore mit Protonen zerstören:** Seit 1998 behandelt die Charité Berlin Patienten an der Protonenanlage des HZB. Es ist die einzige Einrichtung in Deutschland, um seltene Aderhautmelanome zu bestrahlen. Foto: HZB

Am Freitag, dem 21. November 2014, wurde die Bestrahlungsserie der 2500. Protonentherapiepatientin am Helmholtz-Zentrum Berlin erfolgreich abgeschlossen.

Seit 1998 behandelt die Augenlinik der Charité, Campus Benjamin Franklin, in Kooperation mit der dortigen Klinik für Radioonkologie und Strahlentherapie Augentumore, insbesondere Aderhautmelanome, mit dem Protonenstrahl des HZB in Berlin-Wannsee. Das Aderhautmelanom gehört mit ungefähr 500 bis 600 Neuerkrankungen pro Jahr in Deutschland zu den seltenen Erkrankungen. Die Augenlinik der Charité hat sich am Campus Benjamin Franklin auf die Behandlung dieses sehr seltenen Tumors spezialisiert. Jährlich werden über 200 Patienten aus ganz Deutschland und anderen europäischen Staaten wie Österreich, Polen bis hin zu Bulgarien und Serbien am HZB mit Protonen bestrahlt.

Mehr als 95 Prozent der Behandelten sind nach fünf Jahren immer noch von ihrem Tumor befreit.

Abhängig von der Lage des Tumors kann oft ein brauchbares Sehvermögen erhalten werden.

Das Helmholtz-Zentrum ist in Deutschland der einzige Ort, an dem das Aderhautmelanom mit Protonen behandelt werden kann. Aufgrund der Besonderheiten des Auges wird die Protonentherapie für das Aderhautmelanom weltweit nur an zwölf Zentren durchgeführt. Für den Erfolg der Therapie ist eine enge interdisziplinäre Zusammenarbeit von Augenärzten, Strahlentherapeuten, Medizin- und Beschleunigerphysikern sowie Technikern notwendig.

Das HZB-Team um Andrea Denker sichert Qualität und Präzision des Protonenstrahls und entwickelt die Methoden zur Strahldiagnose und Dosimetrie ständig weiter.

„Wir konnten den Beschleuniger nutzen, der früher für die Grundlagenforschung verwendet wurde. Wir verfügen über eine Anlage, die in der Lage ist, einen Protonenstrahl mit der idealen Energie, Intensität und Zeitstruktur für die Augentumorthherapie zu erzeugen“, sagt die Leiterin der Protonentherapie am HZB. (ar)

## Vorreiterrolle für Charité und HZB bei der Protonentherapie

Die Augentumorthherapie mit Protonen in Wannsee schneidet in einer internationalen Studie sehr gut ab. Darin wurden Behandlungsmethoden verglichen, um Patienten optimal zu therapieren.

Seit rund 18 Jahren bietet die Charité Universitätsmedizin Berlin am Lise-Meitner-Campus des HZB die Augentumorthherapie mit Protonen an: Dabei wird der Tumor mit schnellen Wasserstoffkernen bestrahlt. Diese Protonen durchdringen das gesunde Gewebe und setzen ihre Energie erst im Tumor selbst frei. In mehr als 97 Prozent der Fälle lässt sich der Tumor vollständig zerstören, in vielen Fällen bleibt die Sehkraft zumindest teilweise erhalten. Fast 3 000 Menschen konnten bisher in Wannsee behandelt werden. Nun hat eine Studie der Particle Therapy Cooperative Oncology Group erstmals zehn Protonentherapie-Einrichtungen aus sieben Ländern befragt, um einen gemeinsamen Qualitätsstandard zu entwickeln.

Die Anlage am HZB schneidet dabei hervorragend ab: Mit über 200 Patientinnen und Patienten im Jahr zählt sie weltweit zu den größten Einrichtungen, was für einen großen Erfahrungsschatz sorgt. Außerdem wird seit Beginn der Augentumorthherapie jede Behandlung sowie die Nachsorge dokumentiert, so dass sich Aussagen zum Langzeiterfolg treffen lassen. Auch technisch ist die Augentumorthherapie am HZB auf dem allerneuesten Stand. »Wir waren die Ersten mit einem digitalen Röntgensystem«, erklärt der Medizintechniker Jens Heufelder und fährt fort: »Außerdem verlassen wir uns für die Erstellung des Bestrahlungsplans nicht nur auf einfache 3-D-Modelle, sondern integrieren über eine spezielle Software auch 3-D-Daten aus Computertomographien und

Magnetresonanztomographien des Patienten. Das macht außer uns keine andere Einrichtung weltweit.«

Während die Charité die medizinische Expertise einbringt, stellt das HZB die Protonen bereit. Dafür haben die Expertinnen und Experten am HZB zwei eigene Teilchenbeschleuniger für die Protonentherapie kombiniert, einen Gleichspannungsbeschleuniger (Tandatron) sowie ein Zyklotron, in dem die Protonen auf knapp 40 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt werden. »Unsere Beschleunigeranlage liefert präzise die Energie, die wir einstellen und die von den Medizintechnikern gewünscht wird. Diese Energieschärfe ermöglicht es, präzise zu steuern, wo Gewebe zerstört werden soll«, erklärt Andrea

Denker, die die Abteilung für Protonentherapie am HZB leitet. Auch die Ausfallraten sind im Vergleich sehr niedrig: In mehr als 200 Therapiewochen war es nur zweimal nötig, den Betrieb für mehr als sechs Stunden zu unterbrechen. »Die Studie hat uns gezeigt, dass wir heute zu den modernsten Augentumorthherapie-Einrichtungen gehören«, sagt Denker. Aber der Vergleich sei nicht das eigentliche Ziel dieser Studie, findet sie: »Wir tauschen uns untereinander aus und geben unsere Erfahrungen weiter, damit Patienten überall die beste Therapie erhalten.«

■ VON ANTONIA RÖTGER



Seit 1998 werden am Standort Wannsee Patienten mit Augentumoren behandelt. Für jeden Tumor wird eine individuelle Messingblende hergestellt. Für diese Statistik werden die nicht mehr benötigten Blenden verwendet.

97

Prozent der Tumore lassen sich vollständig zerstören.



Andrea Denker:  
»Das ist unsere Maschine,  
für die wir beinahe alles tun.«

## Protonen im Dienst der Medizin

Andrea Denker steht auf der Leiter und zeigt den Beschleuniger, in dem die Protonen auf die richtige Energie gebracht werden. »Das hier ist unsere Maschine, für die wir beinahe alles tun«, sagt sie schmunzelnd. In ihren Worten schwingt auch Respekt mit: Ihr Beschleuniger dient der Bestrahlung von Augentumoren und muss deshalb extrem stabil laufen, denn selbst kleine Schwankungen würden den Therapieerfolg schmälern. »Die Bestrahlung dauert zwar nur 30 bis 60 Sekunden, aber wir wissen nicht, in welchem Moment der Strahl von den Ärzten und Medizinphysikern der Charité Berlin benötigt wird. Das erfordert jederzeit große Konzentration«, sagt Denker.

Die Physikerin hat eine verantwortungsvolle Aufgabe. Daran erinnert auch die Pinnwand im Flur ihrer Abteilung mit den vielen Zeitungsartikeln über die spezielle Augentumortherapie. Trotzdem geben sie nur einen kleinen Ausschnitt dessen wieder, was die Teams von der Charité Berlin und vom HZB seit Jahren leisten: Gemeinsam bieten sie eine in Deutschland einzigartige Therapie an, bei der Augentumore mit Protonen zerstört werden. In vielen Fällen bleibt dabei das Augenlicht der Patientinnen und Patienten erhalten. Mehr als 3 000 Patienten haben bisher von dieser Therapie profitiert.

Für Andrea Denker und ihr Team ist das eine große Herausforderung: Während im Wissenschaftsbetrieb auch mal ein Experiment verschoben oder wiederholt werden könne, darf das im Therapiebetrieb nicht passieren. »Die Therapie hat höchste Priorität. Wenn Probleme auftauchen, müssen die Kolleginnen und Kollegen auch nach Feierabend ans HZB kommen. Alle im Team haben das verinnerlicht und engagieren sich großartig«, erzählt sie.

Als Frau verantwortlich für eine Beschleuniger-

Gemeinsam haben Ärzte, Medizinphysiker und Beschleunigerexperten schon mehr als 3 000 Patienten behandelt. Den meisten konnten sie dadurch das Augenlicht retten.

anlage zu sein, ist auch heute nicht unbedingt selbstverständlich. »Ich habe mir das Beschleuniger-Know-how nach und nach angeeignet«, erzählt Andrea Denker. Schon früh hat sie sich für die ganz großen Fragen interessiert, zum Beispiel wie das Universum aufgebaut ist und woher das Leben kommt. »Ich wollte die Zusammenhänge unserer Welt verstehen, das hat mich in die Physik getrieben.« Obwohl sie noch am Gymnasium ein sprachliches Profil wählte, entschied sie sich 1982 für ein Physikstudium an der Universität Stuttgart. »Frauen hatten damals nur wenige Vorbilder und es gab durchaus Professoren, die meinten, dass Frauen an den Herd und zu den Kindern gehörten«, erinnert sie sich. Aber ihr Vater und später ihr Doktorvater haben sie immer wieder motiviert, ihren eigenen Weg zu finden.

Nach dem Studium promovierte Andrea Denker in Stuttgart auf dem Gebiet der nuklearen Astrophysik. Sie forschte zur Frage, wie das Leben und die Materie aus dem Sternenstaub entstehen konnten. Während ihrer Diplomarbeit kam die Kernphysikerin zum ersten Mal mit Beschleunigern in Kontakt, sie experimentierte unter anderem an Anlagen in Bochum und Stuttgart. Damals gab es noch keine technischen Teams, die die Nutzer bei der Arbeit unterstützten. »Es war üblich, dass man angelernt wurde, den Beschleuniger selbst zu fahren und den Strahl einzustellen. Zuerst hatte ich große Ehrfurcht, aber man wächst da hinein«, erzählt Andrea Denker.

Nach ihrer Promotion ging sie als Postdoktorandin an das Centre de Spectroscopie Nuclear

et Spectroscopie des Masses nach Orsay in Frankreich.

Die anschließende Jobsuche war nicht einfach: Mitte der 1990er-Jahre hatte die Kernphysik an gesellschaftlicher Akzeptanz eingebüßt, neue Stellen gab es praktisch nicht. Viele Forscher wechselten deshalb in die Beschleunigerphysik, so auch Andrea Denker. Sie bewarb sich als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Hahn-Meitner-Institut und zog 1995 nach Berlin. Sie betreute andere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Ionenstrahlabor – so hieß der Beschleuniger damals, der heute für die Protonentherapie genutzt wird – und baute das Instrument PIXE auf, mit dem beispielsweise Werkstoffe oder Kunstgegenstände mit Ionenstrahlen untersucht werden können. Darüber hinaus führte sie Strahlberechnungen für den Beschleuniger durch; auch für die Augentumortherapie, die schon zu diesem Zeitpunkt in Planung war.

Ursprünglich war die Therapie am Campus Wannsee auf 100 bis 150 Patienten pro Jahr ausgelegt. »Nun kommen doppelt so viele zu uns«, sagt Andrea Denker. Das liege vor allem an der sehr guten Zusammenarbeit mit der Charité Berlin, aber auch am Erfahrungsgewinn. Das 13-köpfige Team um Andrea Denker wartet die Anlage nicht nur regelmäßig, es entwickelt auch in internationalen Kollaborationen neue Komponenten. Zurzeit baut die Abteilung mit dem renommierten südafrikanischen Beschleunigerzentrum iThemba LABS eine neue Elektronik zur Steuerung der Anlage. Doch Andrea Denker weiß: Nicht nur auf die

Maschine kommt es an, sondern auch auf Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die sie zuverlässig bedienen können. Deshalb engagiert sie sich in der Nachwuchsausbildung, hält Vorlesungen über physikalische Technik an der Beuth Hochschule und hat eine Doktorandin in ihr Team geholt. »Beschleuniger-Experten sind weltweit rar und es ist unsere Aufgabe, sie auszubilden. Außerdem stellen Studierende Fragen, die uns zum Nachdenken bringen. Das ist wichtig.«

Das Engagement an vielen verschiedenen Fronten prägt die Physikerin: Wenn der Therapieplan und die reguläre Arbeit es zulassen, kümmert sie sich zusätzlich um Industrie- und Forschungspartner, mit denen das HZB Kooperationsverträge geschlossen hat. An der Anlage werden vor allem Strahlhärte-tests durchgeführt, mit denen sich überprüfen lässt, ob Solarzellen oder andere elektronische Bauteile der Weltraumstrahlung standhalten. Vor einigen Jahren wurden zum Beispiel die Elektronik der Rosetta-Sonde und Teile der ISS in den Beschleunigerstrahl gehalten. Und vor Kurzem hat Andrea Denker das Experiment eines HZB-Doktoranden mitbetreut, der die Funktionsfähigkeit von Perowskit-Solarzellen testete. »Daraus ist eine schöne Publikation entstanden«, sagt sie.

Ausgleich zum beruflichen Alltag findet Andrea Denker, wenn sie mit ihrem Pferd in der brandenburgischen Landschaft unterwegs ist. In Berlin hat sie noch einen weiteren Sport entdeckt: das Segeln. Anfangs war sie vor allem auf den Seen der Umgebung unterwegs, mittlerweile ist sie sogar bis nach Bergen in Norwegen gekommen. Segeln ist ein Hobby, das auch gut zu ihrer beruflichen Leidenschaft passt: Eine Brise frischen Windes ist nicht nur auf dem Wasser nützlich, sondern bringt auch die Arbeit voran.

■ VON SILVIA ZERBE

## Augentumore mit Protonen zerstören

Seit 20 Jahren ist die Augentumorthherapie, durchgeführt von der Charité Berlin und dem HZB, eine Berliner Erfolgsgeschichte. Die in Deutschland einzigartige Therapie rettet Menschenleben und Augenlicht. Einen Patienten durften wir bei der Therapie begleiten.



**Blick in den Behandlungsraum am Standort Wannsee:** Der Patient (hier ein Beispielbild) wird mit Maske und Beißblock fixiert, damit der Protonenstrahl nur das Tumorgewebe zerstört.

**P**lötzlich ist alles anders. Michael Berger (Name geändert) erhält vom Augenarzt eine Diagnose, die ihn mitten ins Mark trifft. Eigentlich sei er immer gesund gewesen, sagt er. Michael Berger ist Anfang 60, steht voll im Leben und fühlt sich fit. Vor drei Wochen bemerkte der Kameramann eine leichte Veränderung im linken Gesichtsfeld. Völlig schmerzlos, nur zur Sicherheit wollte er es abklären lassen. Doch seine Augenärztin riet ihm, sofort in die Notaufnahme zu gehen. Dort diagnostizierte man eine Netzhautablösung, und schließlich, nach sofortiger Überweisung in die Augenklinik der Charité, fand man den Auslöser: Ein Tumor war zwischen Aderhaut und Netzhaut gewachsen. Von der Protonentherapie am HZB, die ihm Antonia Joussen von der Charité empfahl, hatte Berger noch nie etwas gehört. »Ich musste erstmal bei Wikipedia nachschauen, was Protonen genau sind«, erzählt er. Die Methode klingt gut: Geladene Teilchen – Protonen – werden auf den Tumor im Auge geschossen, wo sie ihre Energie gezielt abgeben und den Tumor vernichten. Das Augenlicht bleibt fast immer erhalten. Berger entscheidet sich für diese Therapie, dann geht es Schlag auf Schlag. Vier kleine Markierungsplättchen aus Tantal werden auf seinen Augapfel genäht, ein Abdruck seines Gesichts und der Zähne genommen, um die Thermoplast-Maske und den Beißblock anzufertigen. Währenddessen berechnet ein Team aus Ärzten und Medizinphysikern die Strahlendosis, die nötig ist, um den Tumor an Ort und Stelle zu vernichten, und erstellen einen präzisen Bestrahlungsplan.

Berger weiß, was auf ihn zukommt, er hat gestern seine erste Bestrahlung erhalten, heute ist die zweite dran, morgen und übermorgen die beiden letzten Termine, dann ist es überstanden.

mit den Tantalclips als Ortsmarken, ein anderer Bildschirm zeigt Bergers linkes Auge, riesenhaft vergrößert, es füllt den gesamten Bildschirm aus. »Bitte jetzt zur Decke schauen, dann nach rechts auf das gelbe Licht«, weist Runge den Patienten an. Die Pupille auf dem Bildschirm wandert nach oben, dann nach rechts. Medizinphysiker Andreas Weber überprüft die Position, gibt Korrekturen durch, damit Runge den Patienten exakt nach Bestrahlungsplan positionieren kann. Schließlich zeichnet sie die Sollposition der Pupille auf dem Bildschirm ein.

Dann verlassen alle den Behandlungsraum, Michael Berger bleibt allein zurück. Durch ein Mikrofon gibt Susanne Runge die letzte Anweisung: »Bitte jetzt nach rechts schauen, auf das gelbe Licht«. Sie zählt von 9 bis 0. Lautlos und unsichtbar durchdringt der Protonenstrahl den Augapfel, trifft auf das Tumorgewebe, wo er seine komplette Energie abgibt und die Krebszellen zerstört. Der Strahlentherapeut hält bei der Behandlung die Hand dicht über einen Knopf, bereit den Strahl jederzeit zu unterbrechen, falls die Pupille aus dem vorgegebenen Kreis rutscht. Doch das tut sie nicht, Berger hat seine Augen vollkommen unter Kontrolle. Nach einer knappen Minute ist es überstanden. Runge eilt ins Behandlungszimmer und befreit Berger von den Lidhaltern, dem Beißblock, der Maske und hilft ihm von dem hohen Behandlungsstuhl herunter. Weber klappt im Nebenzimmer eine große Ziffer auf einer Tafel herunter, nach 3 kommt 2, dann nur noch ein Patient, und dann ist Feierabend.

Diese Zifferntafel erscheint auch auf dem Bildschirm im Kontrollraum für den Protonenbeschleuniger, der in einem anderen Teil des Gebäudes liegt. Dort verfolgt ein Schichtleiter das Geschehen und sieht, wie viele Patienten noch auf ihre Bestrahlung warten. Er ist für den Betrieb der großen Teilchenbeschleuniger zuständig, die die Protonen auf die präzise berechnete Energie beschleunigen. Während der Therapiewoche ist der Kontrollraum rund um die Uhr durch fachkundige Schichtleiter besetzt.

Am Vortag hat die Therapiewoche begonnen. Schichtleiter Jürgen Bundesmann sitzt schon um sechs Uhr früh am Schaltpult, umgeben von Bildschirmen und Paneelen mit Knöpfen und

Drehreglern. Chefin Andrea Denker bringt Kaffee vorbei, bespricht die Woche. Es geht jetzt darum, den Protonenbeschleuniger aus der Nachtruhe wieder hochzufahren und die Protonen exakt auf die gewünschte Energie zu bringen. »Zuerst fahre ich den Vorbeschleuniger hoch, das Tandatron, dann kommt das Cyclotron dran«, erklärt Bundesmann. Der Ingenieur ist von Anfang an dabei. »Hier ist nichts von der Stange, wir haben viele Komponenten unserer Beschleunigertechnik selbst entwickelt, wir kennen sie perfekt und wissen, wie wir sie warten können«, betont er. Tatsächlich ist die Augentumorthherapie am HZB international für ihre große Zuverlässigkeit bekannt. »In 20 Jahren mussten wir nur zweimal eine Therapiewoche verschieben«, ergänzt Andrea Denker.

An seinem Schaltpult nimmt er einen Strahlstopper nach dem anderen aus dem Strahlengang, misst dabei die Parameter, justiert sie. Nun hat der Protonenstrahl exakt eine Energie von 68 Megaelektronenvolt, auch Fokus und Intensität sind korrekt. »Die Patienten bekommen das Filetstück des Protonenstrahls – die Protonen sind perfekt homogen über den Querschnitt verteilt, alles andere blenden wir aus.«

Kurz vor acht Uhr erscheint auf dem Videobildschirm eine Doktorandin, die gerade den Behandlungsraum betritt. Über Videobildschirme sind Kontrollraum und Behandlungsraum verbunden. Die Doktorandin nimmt die Einstellungen für den Tag vor, später überprüft ein erfahrener Medizinphysiker sie nochmals. Alles stimmt. Die Zifferntafel zeigt 19. So viele Patienten werden heute erwartet. Für jeden Patienten haben die Medizinphysiker zusammen mit den Ärzten einen Bestrahlungsplan errechnet, der präzise

auf den Tumor und seine Position ausgelegt ist.

Das Telefon klingelt, die Doktorandin ruft an: »Alles gut soweit?« fragt sie. »Die Sequenz ist drin«, antwortet Bundesmann, »wir haben jetzt 27 Nanoampere auf dem FCJ2. Aber du bist noch nicht ganz zufrieden?« Er nimmt nach

kurzer Rücksprache noch einige Feinjustierungen vor, verschiebt den Strahl um exakt zwei Pixel nach links, ruft wieder an. »So, jetzt haben wir 26 Nanoampere. Willst Du jetzt die Kontrolle übernehmen?« Sobald der Schichtleiter die Kontrolle an das Behandlungsteam abgibt, kann er nichts mehr verändern. Ab diesem Moment sind die Medizinphysiker verantwortlich. Das ist eine Sicherheitsmaßnahme, die garantiert, dass die Patienten nur die Strahlendosis abbekommen, die für sie errechnet wurde. Benötigt ein anderer Patient eine etwas andere Strahlintensität, übergeben die Medizinphysiker die Kontrollfunktion wieder zurück zum Schichtleiter.

In zwei Tagen wird Berger zu seiner letzten Bestrahlung wiederkommen. Geht alles nach Plan, ist das Tumorgewebe zerstört und kann in einigen Wochen durch eine Operation entfernt werden. Die Chancen sind gut, dass der Tumor nicht wieder kommt. Denn nach 20 Jahren und mehr als 3000 Patienten steht fest: Mehr als 95 Prozent der Erkrankten werden mit den Protonen erfolgreich behandelt. Michael Berger kennt diese Zahlen. Und hofft, dass auch er sein Leben nach diesem Sommer weiter planen kann.

■ VON ANTONIA RÖTGER

95

**Prozent der Patienten werden mit Protonen erfolgreich behandelt.**

## 20 Prozent mehr Patienten in der Protonentherapie

**D**ie Protonentherapie in Berlin-Wannsee wird immer stärker nachgefragt: 2019 wurden so viele Patienten wie noch nie zuvor behandelt. 276 Patienten – und damit 20 Prozent mehr als im Vorjahr – unterzogen sich der Protonentherapie. Der jüngste Patient war acht Jahre alt, der älteste 96 Jahre.

Die Behandlung am Protonenbeschleuniger ist auf Aderhautmelanome des Auges spezialisiert. Angeboten wird die Therapie von Teams der Charité – Universitätsmedizin Berlin und des HZB. Jährlich sind 500 bis 600 Menschen in Deutschland von einem malignen Aderhautmelanom betroffen. In 97 Prozent der Fälle lässt sich der Tumor durch eine Bestrahlung mit Protonen vollkommen zerstören. In den meisten Fällen kann nicht nur das Auge, sondern auch die Sehkraft in einem befriedigenden Maß erhalten werden. »Die Bestrahlung mit Protonen ist eine besonders

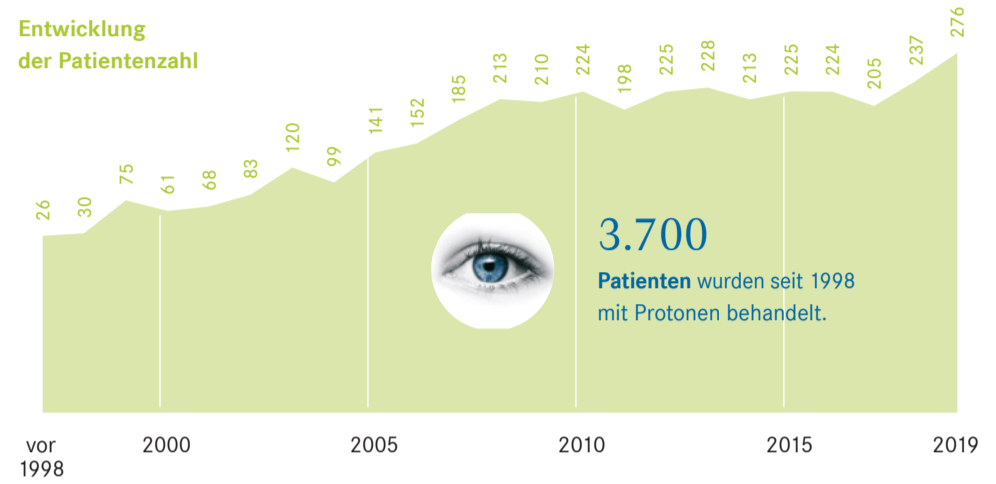
**»Die Bestrahlung mit Protonen ist eine besonders effektive Methode, um den Tumor zu zerstören.«**

**Jens Heufelder,  
leitender Medizinphysiker**

effektive Methode. Die Energie des Protonenstrahls lässt sich so einstellen, dass praktisch nur der Tumor die Strahlung abbekommt. Da die Protonen eine geradlinige Flugbahn haben, ist die seitliche Streuung viel geringer als bei Röntgenstrahlung«, erklärt Jens Heufelder, der leitende Medizinphysiker von der Charité – Universitätsmedizin Berlin.

Für das Team war dieser Patientenanstieg eine große Herausforderung. Der Behandlungsbetrieb, der am HZB-Standort Berlin-Wannsee stattfindet, wurde auf 9 bis 21 Uhr erweitert. Der Therapieablauf ist sehr eng getaktet. »Nach und vor dem Patientenbetrieb führen wir am Beschleuniger Qualitätssicherungsmaßnahmen in physikalischer und medizinischer Hinsicht durch. Zählt man diese Zeiten hinzu, läuft der Beschleuniger sogar im 16-Stunden-Betrieb«, sagt Andrea Denker, die Leiterin der Protonentherapie am HZB. »Mit etwa

### Entwicklung der Patientenzahl



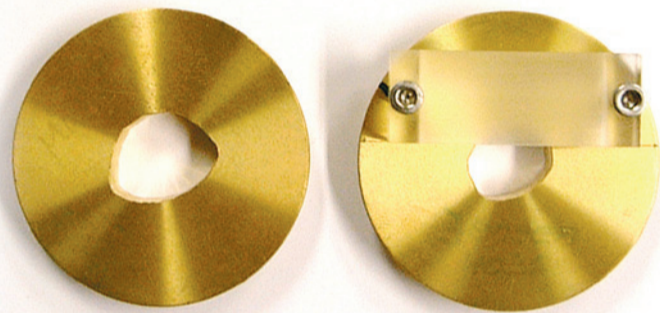
280 Patienten pro Jahr haben wir nun das Maximum erreicht, das wir mit unserem bestehenden gemeinsamen Team betreuen können«, ergänzt Jens Heufelder. Abgewiesen werden musste bisher kein Patient. Die Therapiepläne werden nach medizinischen Gesichtspunkten erstellt. So wird entschieden, welche Behandlung eventuell vorgezogen oder aufgeschoben werden kann.

Auch in diesem Jahr rechnet das Team wieder mit einer ähnlich großen Patientenzahl. Seit 1998 wurden insgesamt mehr als 3.700 Patienten mit Protonen am HZB behandelt. »Der Erfolg der Protonentherapie basiert auf der Zusammenarbeit

von Augenärzten, Medizinphysikern und Beschleunigerexperten. Dadurch konnte die Therapie zum Wohl der Patienten in den vergangenen Jahren immer weiter verbessert werden«, erklärt Andrea Denker. ■ VON SILVIA ZERBE

**97**

In **97 Prozent** der Fälle lässt sich der Tumor durch die Protonenbestrahlung vollkommen zerstören.



Für jeden Patienten wird eine individuelle Augenblende angefertigt, die das umliegende Gewebe vor dem Protonenstrahl schützt.  
Foto: Sebastian Frenkel

### IMPRESSUM

**HERAUSGEBER:** Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie GmbH, Hahn-Meitner-Platz 1, 14109 Berlin; **REDAKTION:** Abteilung Kommunikation, lichtblick@helmholtz-berlin.de, Tel.: (030) 80 62-0, Fax: (030) 80 62-42998; **REDAKTIONSLEITUNG:** Silvia Zerbe (Chefred.), Dr. Ina Helms (v.i.S.d.P.); **MITARBEITENDE DIESER AUSGABE:** Dr. Uta Deffke, Kilian Kirchgessner, Dr. Antonia Rötger (arö), Silvia Zerbe (sz); **LAYOUT UND PRODUKTION:** Josch Politt, graphilox;

**GESAMT-AUFLAGE:** 1.500 Exemplare; Die HZB-Zeitung basiert auf der Mitarbeiterausgabe der lichtblick. **GEDRUCKT** auf 100 % Recyclingpapier – FSC®-zertifiziert und ausgezeichnet mit dem Blauen Umweltengel und EU Ecolabel:

