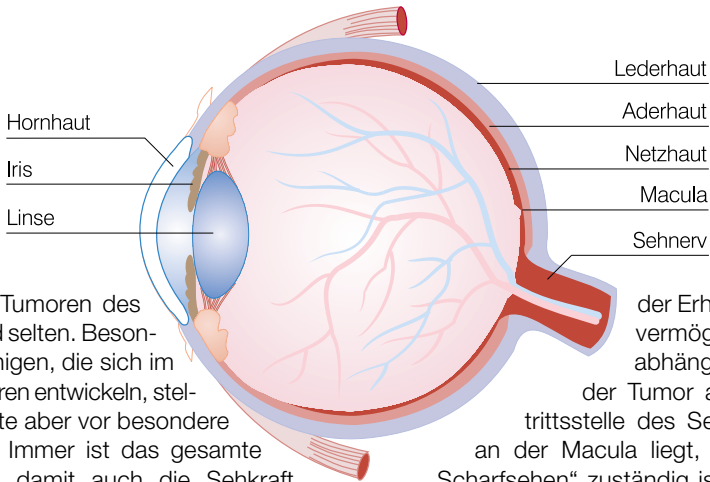


Augen-Tumor-Therapie mit Protonen



Augentumoren und ihre Behandlung



Bösartige Tumoren des Auges sind selten. Besonders diejenigen, die sich im Augenninneren entwickeln, stellen die Ärzte aber vor besondere Probleme: Immer ist das gesamte Auge und damit auch die Sehkraft gefährdet. Mit jährlich etwa 500 bis 600 Neuerkrankungen in Deutschland ist das maligne Melanom der Aderhaut, der „mittleren Schicht“ zwischen Lederhaut und Netzhaut, am häufigsten.

Behandlungsziel: Erhaltung von Auge und Sehkraft

Die Entfernung des gesamten Augapfels wird nur noch bei sehr großen und anderweitig nicht behandelbaren Aderhautmelanomen durchgeführt. In allen übrigen Fällen, besonders wenn eine weitgehende Erhaltung der Sehkraft möglich scheint, versucht man heute, das Auge zu retten. Neben chirurgischen Verfahren, bei denen der Tumor herausoperiert wird, kommt in erster Linie die Strahlentherapie in Frage. Weil die übliche Bestrahlung von außen aber das gesamte Auge schädigt, wurden Techniken entwickelt, eine radioaktive Strahlenquelle von hinten direkt an den Tumor zu bringen: die sogenannte Kontakttherapie oder Brachytherapie. Dabei ist

der Erhalt des Sehvermögens davon abhängig, wie nahe der Tumor an der Austrittsstelle des Sehnervs und an der Macula liegt, die für das „Scharfsehen“ zuständig ist. Denn der Nachteil dieser Methode ist, daß die Strahlendosis nicht mit ausreichender Genauigkeit auf den Tumor begrenzt werden kann. Dadurch besteht die Gefahr einer Sehnervschädigung, die zur Erblindung führen kann.

Gezielte Wirkung geladener Teilchen

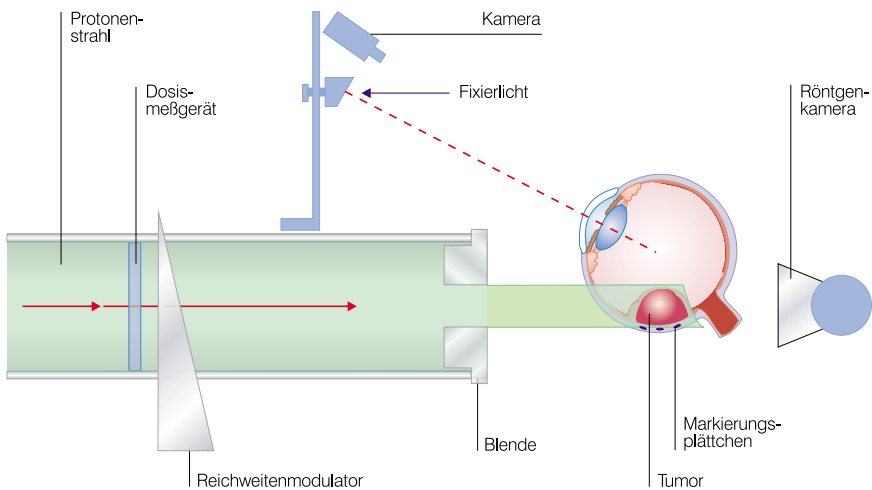
Eine Alternative bietet die Bestrahlung von außen mit Protonen, das heißt mit einem Teilchenstrahl aus Kernen des Wasserstoffatoms. Der entscheidende Vorteil besteht darin, daß diese Art von Strahlen wesentlich präziser auf ein umgrenztes Ziel gerichtet werden kann. Je nach gewünschter Eindringtiefe werden die Teilchen auf die benötigte Energie „beschleunigt“. Sie erreichen dann das berechnete Ziel, verlieren hier ihre restliche Energie und führen punktgenau (oder volumengenau) zur höchsten Strahlendosis. Das Gewebe hinter dem Tumor und auch seitlich davon wird optimal geschont.

Behandlung mit dem Protonenstrahl

Protonen: Seit 20 Jahren bewährt bei Aderhautmelanomen

Die Protonentherapie wird beim Aderhautmelanom bereits seit Mitte der siebziger Jahre mit Erfolg eingesetzt. In rund 96 Prozent der Fälle läßt sich der Tumor vollkommen zerstören. Der entscheidende Pluspunkt der Protonentherapie ist, daß nicht nur das Auge, sondern bei einem großen Teil der Patienten auch eine befriedigende Sehkraft erhalten bleiben. Die Heilungschancen sind dabei sogar mindestens genauso gut wie nach Entfernung des

betroffenen Auges. So können mit der Protonenbestrahlung grundsätzlich günstigere Ergebnisse durch eine wesentlich schonendere Behandlung erzielt werden. Am besten sind die Resultate der Protonentherapie bei „kleinen“ Tumoren bis fünfzehn Millimeter Durchmesser, die mehr als drei Millimeter vom Sehnerv beziehungsweise von der Macula entfernt sind.



Schematische Darstellung der Bestrahlung: Eine Blende, die exakt der Größe des Tumors im Auge entspricht, begrenzt seitlich den Strahl. Die Tiefenverteilung regelt ein Reichweiten-Modulator. Die maximale Dosis ist damit präzise begrenzt. Am Ende des Tumors fällt die Dosis auf Null ab.

Protonentherapie jetzt auch in Deutschland

Aufgrund des großen technischen Aufwands, der zur Erzeugung des Protonenstrahls erforderlich ist, konnte diese Therapie bisher weltweit nur an wenigen Zentren durchgeführt werden. In Deutschland steht allein am Hahn-Meitner-Institut in Berlin eine Protonentherapieeinrichtung zur Verfügung, an der in Zusammenarbeit mit dem Klinikum Benjamin-Franklin Patienten mit intraokularen Tumoren behandelt werden. Die Kapazität reicht voraussichtlich für alle Patienten in Deutschland aus, bei denen die Protonentherapie in Frage kommt.

Was den Patienten erwartet

Im Behandlungsraum befindet sich das Strahlrohr, aus dem der Protonenstrahl austritt. Es ist der letzte Strang der Strecke, die der Teilchenstrahl bei seiner Beschleuni-

gung durchläuft. Mit einem präzise gesteuerten Behandlungsstuhl wird der Patient dicht vor die Austrittsöffnung des Strahlrohres gefahren. Eine Maske und ein Beißblock helfen ihm, seinen Kopf zu fixieren; eine Narkose ist nicht erforderlich. Mit Hilfe von Plättchen, die zuvor auf die Lederhaut des Auges genäht wurden, läßt sich die Position des Tumors über Röntgenaufnahmen exakt bestimmen. So kann der Patient mehr als einen Millimeter genau positioniert werden, selbst bei wiederkehrenden Behandlungen. Aus einem benachbarten Kontrollraum geschieht die Überwachung der Protonenbestrahlung; sie dauert pro Sitzung nur etwa eine Minute. Zur Behandlung sind in der Regel vier Sitzungen erforderlich, die alle innerhalb einer Woche erfolgen.



Bestrahlungsraum in der Beschleunigeranlage. Der Behandlungsstuhl ist computergesteuert und ermöglicht eine sehr genaue Positionierung.

Warum Strahlentherapie mit Protonen

Die Behandlung von Krebstumoren mit Strahlen basiert darauf, daß die Strahlenergie im Gewebe Schäden an der Erbsubstanz der Zellen verursacht und dadurch zum Zelltod führt. Strahlentherapie ist geeignet, um lokal begrenzte Tumoren zu zerstören.

Problem: Gezielte Bestrahlung

Weil die Strahlentwicklung auch normales Gewebe schädigt, sollte sie möglichst genau auf das „Zielvolumen“ begrenzt sein. Gerade in Regionen, wo in der Umgebung eines Tumors wichtige und strahlenempfindliche

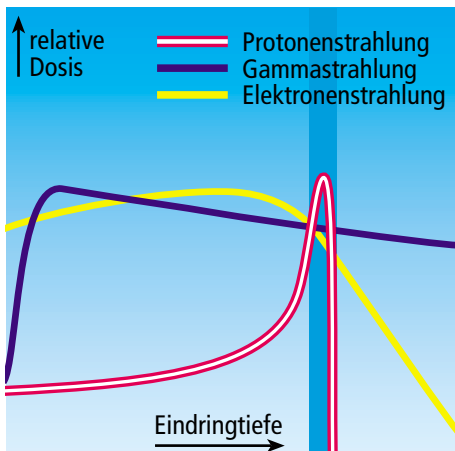
Organe oder Gewebe liegen, deren Funktion nicht beeinträchtigt werden darf, gelingt dies mit Röntgenstrahlen, Gammastrahlen und auch Elektronenstrahlen nicht gut genug: Sie „streuen“ einen Teil ihrer Energie bereits auf dem Weg zu ihrem eigentlichen Ziel – und auch noch in dessen Umgebung.

Protonen: Effektiv am Tumor, schonend für umliegendes Gewebe

Protonen haben als „schwere“ atomare Teilchen einige Vorteile, die gerade in schwierigen Situationen für die Strahlentherapie ausgenutzt werden können.

Werden sie in speziellen Anlagen beschleunigt, läßt sich ein energiereicher Protonenstrahl erzeugen, der sehr präzise auf ein bestimmtes Ziel ausgerichtet werden kann. Je stärker die Protonen beschleunigt werden, desto tiefer dringen sie in den Körper ein und schädigen das dabei durchlaufene Gewebe nur minimal. Erst gegen Ende der genau bestimmbaren Reichweite hat die Strahlung eine maximale Wirkung und fällt dann praktisch sofort auf Null ab. Dahinterliegende Gewebe und Strukturen bleiben so verschont. Auch seitlich ist der Protonenstrahl scharf begrenzt.

Eine derartige Strahlentherapie ist also ideal, wenn das Zielgebiet in der Nähe von „Risikoorganen“ liegt, wie beispielsweise das Aderhautmelanom am Augenhintergrund. Hier gelingt im Vergleich zur Gamma- oder Elektronenstrahlung eine sehr viel exaktere und effektivere Zerstörung der Tumoren.



Der Vorteil der Protonenstrahlung: Die Dosis steigt erst vor dem Zielvolumen steil an und bricht dahinter abrupt ab. Zum Vergleich: Die Tiefenwirkung von Gamma- und Elektronenstrahlung.

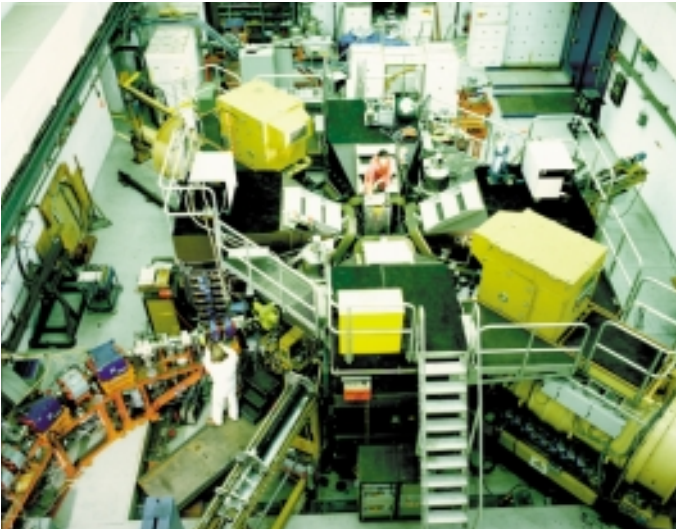
Das Ionen-Strahl-Labor ISL

Die Apparaturen zur Augen-Tumor-Therapie sind Teil des „Ionen-Strahl-Labors Berlin“ (ISL) im Hahn-Meitner-Institut. Die Beschleunigeranlage dient seit langer Zeit der physikalischen Grundlagenforschung. Zentrales Gerät im ISL ist das Zyklotron. Es ist in Deutschland die einzige Beschleunigeranlage, an der eine solche Therapie sinnvoll durchgeführt werden kann. Das Zyklotron beschleunigt die atomaren Teilchen in einer Spiralbahn zu hohen Geschwindigkeiten. Starke Elektromagnete halten dabei die Protonen auf ihrer Bahn. Nach dem Erreichen des äußersten Umlaufs und damit der Endenergie wird der Protonenstrahl herausgelenkt und gelangt durch Vakuum-Rohre zum Therapieplatz. Magnetfelder und elektrische Linsen lenken und fokussieren den Strahl auf seinem Weg

zum Ziel. Über ein Rechnersystem wird das Zyklotron eingestellt und die Qualität des Strahls ständig überwacht.

*Hahn-Meitner-Institut
Abteilung Ionenstrahltechniken
- Augen-Tumor-Therapie -
Glienickestraße 100
14109 Berlin
Telefon: 030/80 62-2415
Fax: 030/80 62-20 97*

*Ansprechstelle für den medizinischen
Bereich:
Augenklinik im Universitätsklinikum
Benjamin-Franklin
Hindenburgdamm 30
12200 Berlin
Telefon. 030 / 84 45-23 31
Fax. 030/84 45-20 19*



Das Zyklotron ist ein Kreisbeschleuniger für geladene atomare Teilchen. Neben der Tumortherapie dient es heute überwiegend der physikalischen Materialforschung im Ionen-Strahl-Labor Berlin (ISL).