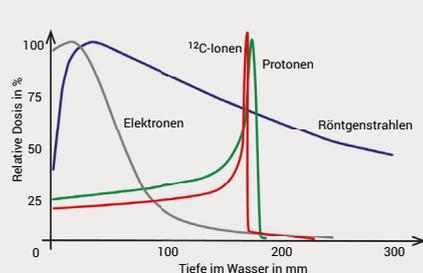


Hadronen gegen Krebs

- Weltweit erkranken jährlich über 18 Millionen Menschen an Krebs.
- Etwa die Hälfte der Erkrankten lässt sich derzeit heilen, oft mit einer Strahlentherapie.
- Vielversprechende Erfolge weisen Therapien mit Protonen oder Kohlenstoffionen auf.

Ziel der Strahlentherapie ist es, Tumorzellen zu töten – möglichst ohne das umgebende gesunde Gewebe zu belasten. Für inoperable, tiefsitzende Tumore, die sich in der Nähe empfindlicher Organe befinden, bietet sich dafür zunehmend die Behandlung mit hochenergetischen Ionen an. Das sind geladene Atome wie Kohlenstoffionen ($^{12}\text{C}^{6+}$) oder Protonen (H^+), die zur Familie der Hadronen gezählt werden. Im Gegensatz zu Röntgen- oder Gammastrahlen deponieren die Ionen den größten Teil ihrer zerstörerischen Energie in einem eng begrenzten Gebiet am Ende ihrer Flugbahn, dem sog. Bragg-Peak (Abb. 1). Damit können Ärzte mit modernster Technologie wie dem an der GSI Darmstadt entwickelten Rasterscanning-Verfahren (Abb. 2) punktgenau auf den Tumor zielen und die Dosis nahezu perfekt an das Volumen des Tumors anpassen. Besonders gut gelingt dies mit Kohlenstoffionen: sie haben einen besonders scharfen Bragg-

Abb. 1: Bragg-Peak



Protonen oder Kohlenstoffionen deponieren ihre zerstörerische Energie berechenbar genau im Tumor. Dagegen belasten Röntgen- oder Gammastrahlen stärker auch das Gewebe davor und dahinter. Elektronen haben nur eine geringe Eindringtiefe und eignen sich daher nur für oberflächennahe Krebsgeschwüre.

Peak und streuen seitlich nur gering. Die hohe Ionisationsdichte der Kohlenstoffionen bewirkt zudem eine starke biologische Wirksamkeit, was insbesondere für Tumore relevant ist, die sich nur schwer mit Röntgen- oder Gammastrahlen behandeln lassen.

Noch ist die Zahl der mit Hadronen behandelten Patienten mit bislang weltweit insgesamt etwa 200.000 (davon 75 % mit Protonen) gering. Denn Anlagen für die Ionenstrahltherapie sind teuer und technologisch anspruchsvoller als die für eine konventionelle Strahlentherapie mit Röntgen- oder Gammastrahlen oder Elektronen. Gegenwärtig sind weltweit über 70 Protonenzentren im klinischen Betrieb, etwa noch einmal genauso viele sind in Planung oder im Bau. Einrichtungen für schwerere Ionen sind wegen der noch höheren Anforderungen seltener. Weltweit existieren elf klinische Einrichtungen für die ^{12}C -Ionentherapie, alle in Europa und Asien gelegen. Davon befinden sich zwei in Deutschland (in Heidelberg und Marburg), die auf den Pionierarbeiten der GSI Darmstadt aufbauen. In Heidelberg werden zudem Helium und Sauerstoffionen erprobt.

Für die Zukunft sind weitere erhebliche technologische Fortschritte zu erwarten. Auf der einen Seite geht es dabei um kompaktere und kostengünstigere Beschleunigersysteme, zum Beispiel um supraleitende Protonenbeschleuniger



Dieter Meschede, Präsident der Deutschen Physikalischen Gesellschaft

„Mit hochenergetischen Protonen und Kohlenstoffionen können wir Tumore mit höchster Zielgenauigkeit bekämpfen.“

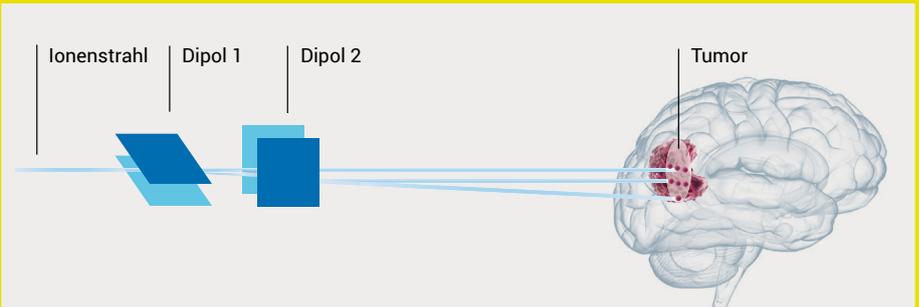
wie Synchro-Zyklotrone, die nur ein bis zwei Meter Durchmesser haben und damit in fast jede Klinik passen. Zum anderen arbeiten Physikerinnen und Physiker intensiv daran, die Präzision der Bestrahlung zu erhöhen, beispielsweise durch genauere Algorithmen zur Planung der Bestrahlung sowie durch eine verbesserte Bildgebung sowohl der Patientenanatomie (zum Beispiel durch röntgen- oder sogar ionenbasierte Tomographie) als auch des Therapiestrahls (durch Detektion sekundärer Emissionen, z.B. durch prompte Gammastrahlen von angeregten Kernen).

All diese Technologien haben eines zum Ziel: die Heilungschancen bei Krebs zu erhöhen.

Das PhysikKonkret basiert auf einem Artikel von Katia Parodi und Walter Assmann, erschienen im Physik Journal vom Juni 2019, S. 35ff. <https://www.pro-physik.de/restricted-files/134161>

Grafiken: Physik Journal

Abb. 2: RasterScan-Verfahren



Über Änderung der Ionenstrahlenergie und magnetische Strahlableiter (Dipole) lässt sich die Dosis präzise an die Tumorform anpassen.

Deutsche **Physikalische** Gesellschaft

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V. (DPG), deren Tradition bis in das Jahr 1845 zurückreicht, ist die älteste nationale und mit mehr als 60.000 Mitgliedern auch die größte physikalische Fachgesellschaft weltweit. Sie versteht sich als Forum und Sprachrohr der Physik und verfolgt als gemeinnütziger Verein keine wirtschaftlichen Interessen. Die DPG unterstützt den Gedankenaustausch innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft mit Tagungen und Publikationen. Sie engagiert sich in der gesellschaftspolitischen Diskussion zu Themen wie Nachwuchsförderung, Chancengleichheit, Klimaschutz, Energieversorgung und Rüstungskontrolle. Sie fördert den Physikunterricht und möchte darüber hinaus allen Neugierigen ein Fenster zur Physik öffnen.

In der DPG sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Studierende, Lehrerinnen und Lehrer, in der Industrie tätige oder einfach nur an Physik interessierte Personen ebenso vertreten wie Patentanwälte oder Wissenschaftsjournalisten. Gegenwärtig hat die DPG neun Nobelpreisträger in ihren Reihen. Weltberühmte Mitglieder hatte die DPG immer schon. So waren Albert Einstein, Hermann von Helmholtz und Max Planck einst Präsidenten der DPG.

Die DPG finanziert sich im Wesentlichen aus Mitgliedsbeiträgen. Ihre Aktivitäten werden außerdem von Bundes- und Landesseite sowie von gemeinnützigen Organisationen gefördert. Besonders eng kooperiert die DPG mit der Wilhelm und Else Heraeus-Stiftung.

Die DPG-Geschäftsstelle hat ihren Sitz im Physikzentrum Bad Honnef in unmittelbarer Nähe zur Universitäts- und Bundesstadt Bonn. Das Physikzentrum ist nicht nur ein Begegnungs- und Diskussionsforum von herausragender Bedeutung für die Physik in Deutschland, sondern auch Markenzeichen der Physik auf internationalem Niveau. Hier treffen sich Studierende und Spitzenwissenschaftler bis hin zum Nobelpreisträger zum wissenschaftlichen Gedankenaustausch. Auch Lehrerinnen und Lehrer reisen immer wieder gerne nach Bad Honnef, um sich in den Seminaren der DPG fachlich und didaktisch fortzubilden.

In der Bundeshauptstadt Berlin ist die DPG ebenfalls präsent. Denn seit ihrer Vereinigung mit der Physikalischen Gesellschaft der DDR im Jahre 1990 unterhält sie dort das Magnus-Haus. Dieses 1760 vollendete Stadtpalais, das den Namen des Naturforschers Gustav Magnus trägt, ist eng mit der Geschichte der DPG verbunden: Aus einem Gelehrntreffen, das hier regelmäßig stattfand, ging im Jahre 1845 die „Physikalische Gesellschaft zu Berlin“, später die DPG hervor. Heute finden hier Kolloquien und Vorträge zu physikalischen und gesellschaftspolitischen Themen statt. Gleichzeitig befindet sich im Magnus-Haus Berlin auch das historische Archiv der DPG.

Deutsche Physikalische Gesellschaft e. V.

Geschäftsstelle Tel.: 02224 / 92 32 - 0
Hauptstraße 5 Fax: 02224 / 92 32 - 50
53604 Bad Honnef E-Mail: dpg@dpg-physik.de

Die Deutsche Physikalische Gesellschaft dankt der Vize-Präsidentin der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, Prof. Dr. Katia Parodi vom Lehrstuhl für Medizinische Physik der Ludwig-Maximilians-Universität München/Garching für die wissenschaftliche Beratung.

