

Tumoren im Kreuzfeuer

High-Tech-Bestrahlungsgeräte bekämpfen Krebs **mit nie zuvor erreichter Präzision**. Immer häufiger setzen Mediziner zusätzlich auf eine andere Technik: Ionenstrahlen sollen schonender heilen als das übliche Verfahren

Klein wie eine Erbse war der Klumpen bösartiger Zellen in ihrer linken Brust. Dennoch bedrohte er Angelika K.s Leben. Mit der operativen Entfernung des Knotens war die Ärztin aus Freiburg daher sofort einverstanden. Doch zur Bestrahlung konnte sie sich nur schwer durchringen, aus Angst vor schlimmen Nebenwirkungen, die sie noch aus ihrem eigenen Studium kannte. Die Sorge war unnötig. „Ich habe die sechs Wochen Therapie super vertragen und musste keinen Tag aufhören zu arbeiten“, sagt K. Heute ist die Medizinerin dankbar „für das Plus an Sicherheit durch die Radiotherapie“.

Unsichtbar und schmerzlos zerstören ultraharte Röntgenstrahlen Tumorzellen tief im Körper. Sie sprengen Moleküle aus dem Erbgut und bringen Membranen zum Platzen. Dabei greifen sie bösartige Zellen stärker an als gesunde. Sechs von zehn Krebspatienten erhalten eine Radiotherapie und werden dadurch gesund. Sie gewinnen zusätzliche Lebensjahre oder leiden zumindest weniger an Schmerzen.

Die größte Gruppe von Kranken in radioonkologischen Kliniken sind Frauen mit Brustkrebs. Ihnen erspart die Strahlentherapie im Anschluss an eine brusterhaltende Operation oft eine „radikale“ Brustentfernung. Die Strahlen bringen übrig gebliebene Tumorzellen zum Absterben und minimieren das Risiko, dass erneut Krebs entsteht.

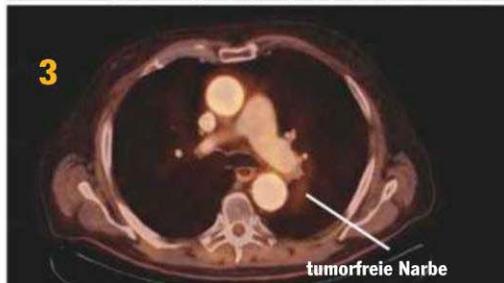
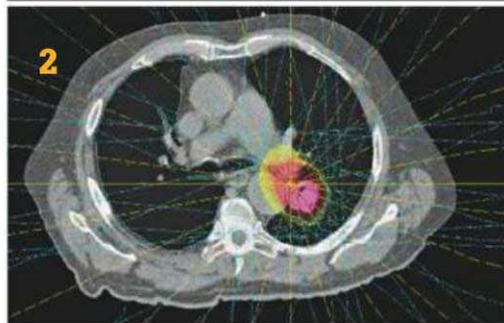
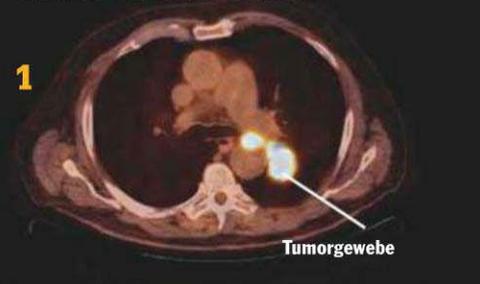
„Dank neuer Geräte können wir heute Tumoren mit hohen Strahlendosen massiv angreifen und gleichzeitig gesundes Nachbargewebe schonen“, sagt Anca-Ligia Grosu, Direktorin der Klinik für Strahlenheilkunde am Universitätsklinikum Freiburg.

„Strahlen machen mehr Krebskranke gesund als die Chemotherapie oder neue, teure biologische Medikamente“, betont Michael Molls, Direktor der Klinik für Strahlentherapie an der Technischen Universität München. Die Radiotherapie bekämpft frühe Stadien von Krebs ähnlich effektiv wie Operationen und bewahrt dabei eine hohe Lebensqualität, weil das bestrahlte Organ erhalten bleibt.

Am sichersten, so Molls, lässt sich Krebs mit einer klugen Kombination aus Strahlen, Medikamenten und Chirurgie besiegen. Experten aller Fachrichtungen müssten eng zusammenarbeiten, um Art und Reihenfolge der Behandlung optimal auszuwählen. „Gute Krebstherapie ist Teamarbeit“, so Molls.

„Von allen Fächern der Medizin hat die Radiotherapie durch schnellere Computerprozessoren den größten Fortschritt erfahren“, sagt Jürgen Debus, Direktor der Radioonkologie am Universitätsklinikum Heidelberg. Die Strahlenabteilung mit der besten Bewertung in der FOCUS-Liste investiert seit Jahren in moderne Technologie. Die millionenteuren Geräte sind notwendig, wenn das Zielgebiet im Körper eines Kranken unmittelbar an ▶

Lungenkarzinom unter Beschuss



(1) Ein Bronchialkarzinom leuchtet in der Tomografie hell auf. **(2)** Fünf Hochpräzisionsbestrahlungen von je 30 Minuten bringen den Krebs zum Verschwinden. **(3)** Übrig bleibt eine tumorfremde Narbe. Der Patient ist heute gesund.

Quelle: Prof. Grosu, Uniklinik Freiburg



Präzisions- medizin

Anca-Ligia Grosu, 50

Die Direktorin der Klinik für Strahlenheilkunde an der Uniklinik Freiburg setzt auf maßgeschneiderte Therapie. Dabei wird jedem Patienten die wirksame Dosis verabreicht, ohne gesundes Gewebe unnötig zu belasten. Das Gerät im Hintergrund formt über Lamellen den Strahl so, dass er den Tumor exakt trifft.



Röntgenstrahlen aus dem Linearbeschleuniger

- Elektronenkanone** Negativ geladene Teilchen werden nahezu auf Lichtgeschwindigkeit gebracht und dann abrupt abgebremst. Dabei entsteht ultraharte Röntgenstrahlung aus Photonen.
- Strahldesign** Lamellen und Blenden aus Metall verengen den Querschnitt des

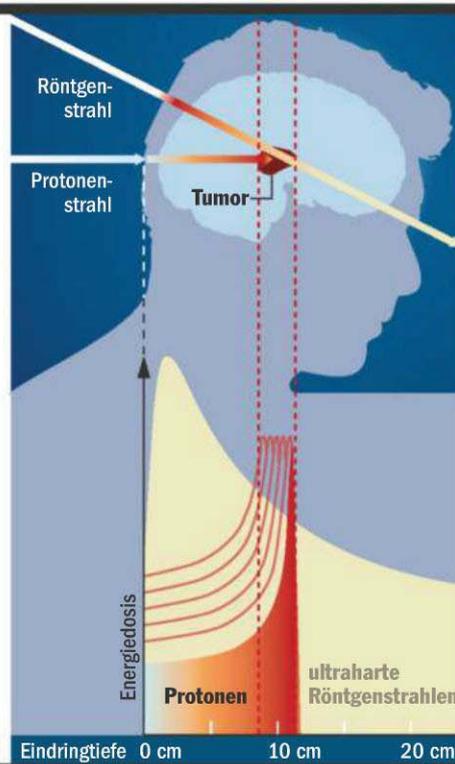
Strahls. Dadurch wird das Bestrahlungsfeld millimetergenau auf die Kontur der Zielstruktur begrenzt.

- Rotation** Der Strahlerkopf im Schwenkarm kreist langsam um den Patienten herum. Einfallende Photonen werden im Tumor gebündelt, der so die volle Dosis erhält.

Unterschiede der heilenden Strahlen

Je nach Art der beschleunigten Teilchen bewirkt der Beschuss verschiedene physikalische Effekte.

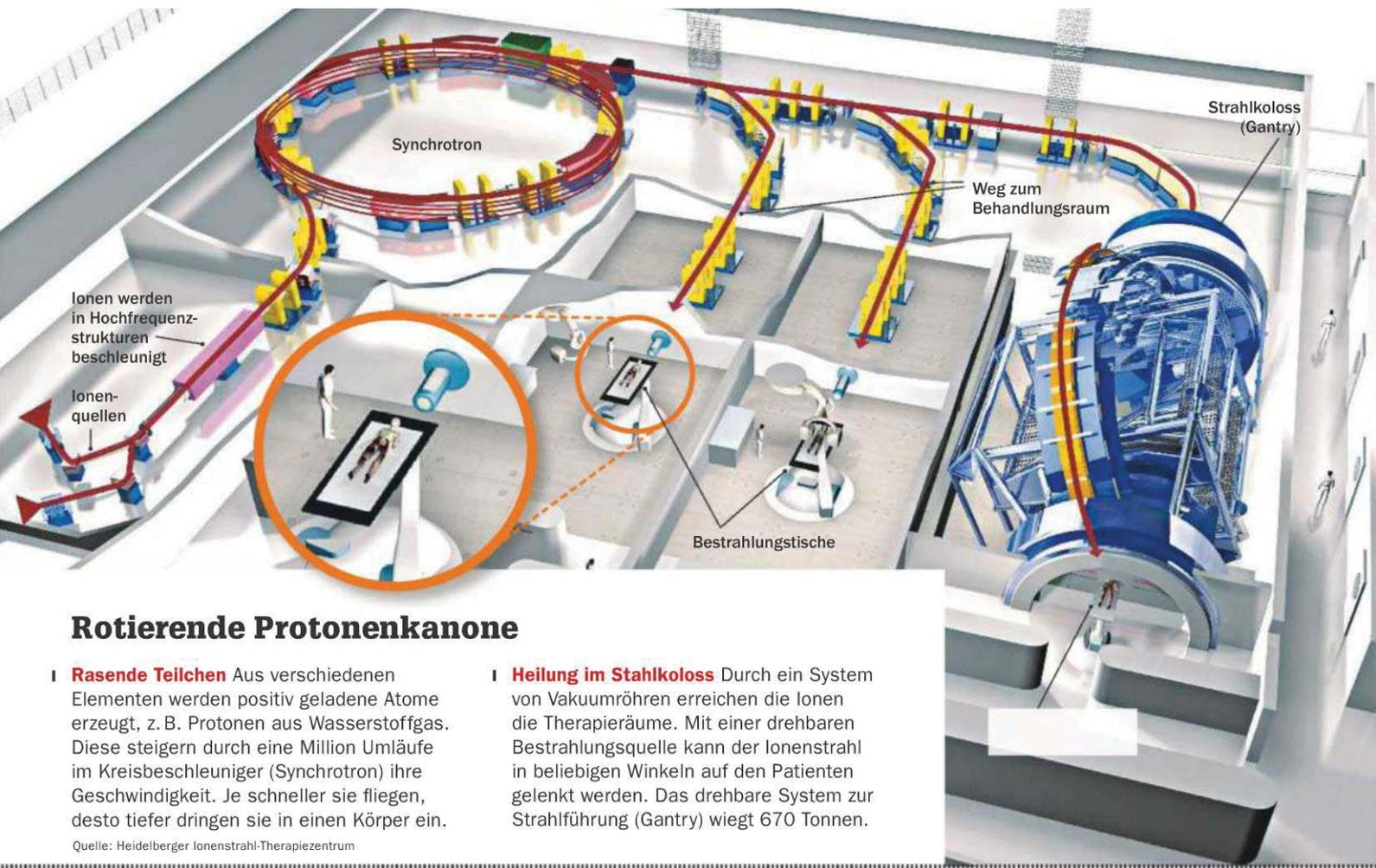
- Ultraharter Röntgenstrahl**
 Die elektromagnetischen Strahlen besitzen eine vielfach höhere Energiedichte als jene Strahlen, die für Röntgenaufnahmen gebraucht werden. Sie deponieren den größten Teil ihrer Energie **schon knapp unter der Haut**.
- Protonenstrahl**
 Wasserstoffionen sind massive, geladene Teilchen. Sie geben das Maximum ihrer Energie erst kurz vor ihrem Stillstand im Körperinneren ab. **Gewebe davor und danach wird geschont**. Ihre Eindringtiefe hängt von der Geschwindigkeit der Ionen ab.



gesundes strahlenempfindliches Gewebe grenzt, etwa Rückenmark, Sehnerv oder den Darm.

Inzwischen kommt der Präzisionsschub auch immer mehr Patienten in der Routineversorgung zugute:

- Molekulare Diagnostik:** Wie aggressiv eine Geschwulst ist und ob etwa Lymphknoten betroffen sind, verrät eine Kombination aus Computertomografie (CT) und Positronen-Emissions-Tomografie (PET). „Neben der Anatomie wird auch der Stoffwechsel im bösartigen Gewebe sichtbar“, erklärt Ursula Nestle, Radioonkologin und Nuklearmedizinerin an der Uniklinik Freiburg. „Die PET offenbart uns Details aus dem Inneren des Tumors, sodass wir die Strahlendosis millimetergenau danach ausrichten können.“
- Bildgesteuerte Radiotherapie:** Ein Röntgensystem erstellt während der Bestrahlung Aufnahmen vom Zielgebiet. Wenn sich dieses durch Atembewegungen verschiebt, vergleicht der Rechner die aktuelle Position online mit dem Behandlungsplan und justiert den Patiententisch nach, damit das angesteu-



Rotierende Protonenkanone

I Rasende Teilchen Aus verschiedenen Elementen werden positiv geladene Atome erzeugt, z. B. Protonen aus Wasserstoffgas. Diese steigern durch eine Million Umläufe im Kreisbeschleuniger (Synchrotron) ihre Geschwindigkeit. Je schneller sie fliegen, desto tiefer dringen sie in einen Körper ein.

Quelle: Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum

I Heilung im Stahlkollimator Durch ein System von Vakuumröhren erreichen die Ionen die Therapieräume. Mit einer drehbaren Bestrahlungsquelle kann der Ionenstrahl in beliebigen Winkeln auf den Patienten gelenkt werden. Das drehbare System zur Strahlführung (Gantry) wiegt 670 Tonnen.

erte Gewebe wieder im Brennpunkt der Strahlen liegt. Kranke müssen deshalb auch keine Angst mehr davor haben, sich während der Bestrahlung versehentlich zu bewegen.

- **Operation ohne Messer:** Ähnlich wie bei der Lasertechnik werden die Strahlen bei der Radiochirurgie eng gebündelt und mit hoher Energie auf ihr Ziel gelenkt. Kleine Tumoren in der Lunge lassen sich mit drei bis fünf Bestrahlungen (je 20 bis 30 Minuten) oft dauerhaft heilen, sagt Anca-Ligia Grosu. Die Methode eigne sich auch für Ziele im Gehirn, jedoch nicht für größere Geschwülste.

Ein neuer Trend zu kürzerer Therapie könnte Strahlenpatienten bald Erleichterung bringen. Bisher dauert die Behandlung bei Prostata- oder Brustkrebs bis zu zwei Monate von Montag bis Freitag. Bei jedem der vielen Termine werden die Patienten aufs Neue mit ihrer bedrohlichen Krankheit konfrontiert.

„Die wochenlange Behandlung schreckt viele ab, vor allem Berufstätige“, sagt Jürgen Dunst, Präsident der Deutschen Gesellschaft für Radio-

onkologie. Deshalb würden sich viele Männer mit frühem Prostatakrebs das kranke Organ lieber operativ entfernen lassen. Dafür müssen sie aber eine Narkose, Schmerzen und ein leicht erhöhtes Risiko für Inkontinenz in Kauf nehmen.

Viel beachtete Ergebnisse einer US-Studie belegten kürzlich, dass auch zwei Wochen Bestrahlung Prostatakrebs heilen – bei gleicher Sicherheit. Dies wird möglich, weil neue Bestrahlungsmethoden gesundes Gewebe rund um den Tumor weniger belasten. „So können wir die Dosis pro Sitzung erhöhen und Krebszellen schneller vernichten“, sagt Strahlentherapeut Dunst. Noch dieses Jahr will er an der Uni Kiel die ersten Männer im Rahmen einer wissenschaftlichen Untersuchung nach dem neuen Schema behandeln.

Auch einige Brustkrebspatientinnen können ihre Bestrahlungen schon in der Hälfte der üblichen Zeit hinter sich bringen. Um mehr als zwei Wochen sollte aber eine Therapie nur unter Studienbedingungen verkürzt werden, raten Experten. „Solche Patientinnen müssen wir engmaschig kontrollieren, um

Nebenwirkungen sofort zu erkennen“, fordert Dunst.

Obwohl Patienten heute weniger Probleme durch die Bestrahlung befürchten müssen, leiden noch immer einige an Entzündungen, Durchfällen oder Übelkeit. Statistiken zufolge entwickelt etwa jeder 50. Tumorkranke innerhalb von 20 Jahren erneut Krebs, diesmal als Folge der Radiotherapie.

Auf der Suche nach einer schonenderen Bestrahlungsmethode setzten Wissenschaftler Mitte des vergangenen Jahrhunderts erstmals eine völlig andere Strahlenart gegen Krebs ein: Ionenstrahlen mit ihren enormen physikalischen Vorteilen. Ultraschnelle Wasserstoffkerne (Protonen) und Kohlenstoffionen (Schwerionen) laden fast ihre volle Energie exakt im Zielgewebe ab. Dahinter erlischt ihre Wirkung schlagartig. Benachbartes Gewebe bekommt nur eine geringe schädliche Dosis ab.

Knapp mehr als 100 000 Krebspatienten weltweit vertrauten ihr Leben bisher dem Ionenbeschuss an, 4500 davon in Deutschland. Die meisten erhielten Protonen. „Wenn komplizierte Bestrah-



Gezielte Einschläge in den Tumor

Nur wenn die Patientin in ihrem Vakuumbett fest fixiert ist, trifft der Protonenstrahl ihren Tumor genau. Die Mündung der Strahlenquelle am Rinecker Proton Therapy Center in München rotiert um 360 Grad, damit sie das Zielgewebe im Körper aus allen Richtungen ansteuern kann.

lungen höchste Präzision erfordern, sind Protonen der herkömmlichen Bestrahlung überlegen“, sagt Jürgen Debus, Experte für Röntgen- und Ionenstrahlen. Er geht davon aus, dass künftig fünf bis zehn Prozent aller Krebspatienten vom Ionenstrahl profitieren. Eindeutig belegt ist dessen Nutzen bislang allerdings nur für seltene Augentumoren und Geschwülste an der Schädelbasis.

„Weichteiltumoren im Kopf direkt neben Sehnerv oder Gehirn lassen sich damit zu 80 Prozent heilen“, sagt Debus. Röntgenstrahlen machten dagegen nur jeden dritten Kranken mit der gleichen Diagnose gesund. Auch krebskranke Kinder werden mit Protonen behandelt. Diese sollen ihr Risiko senken, nach Jahrzehnten Krebs durch die Bestrahlung zu bekommen. Für die meisten Tumorarten fehlt aber noch der Nachweis, dass der Ionenstrahl sie besser bekämpft als übliche Methoden.

Ein großer Nachteil belastet den Einsatz der Partikel: immense Kosten bei der Herstellung der riesigen Kreisbeschleuniger und der rotierbaren, haushohen Stahlkolosse, in denen die Patienten aus allen Richtungen bestrahlt werden können. Solche Anlagen kosten 100 bis 150 Millionen Euro. Drei haben den klinischen Betrieb aufgenommen: Berlin (nur Augentumoren), München (nur Protonen) und Heidelberg (Schwerpunkt auf den Schwerionen). In Dresden, Essen und Marburg bereiten Mediziner und

Techniker die Protonentherapie für Krebskranke erst vor.

Im März 2009 startete der Betrieb im Rinecker Proton Therapy Center (RPTC) in München. Die zehn Ärzte am RPTC haben bisher 1500 Patienten aus 44 Ländern behandelt. „Jeder vierte Kranke hätte wegen der komplizierten Lage seines Tumors mit herkömmlichen Methoden nicht bestrahlt werden können“, sagt Physiker Jörg Hauffe, Vorstandsvorsitzender am RPTC.

Die Mediziner dort beschränken die Therapie nicht auf jene wenigen Krebsarten, für die Protonen wissenschaftlich abgesicherte Vorteile bieten. „Wir sind auf die Versorgung ausgerichtet“, sagt Hauffe. Die größte Patientengruppe stellen Männer mit Prostatakrebs dar. 19600 Euro bezahlen einige Krankenkassen (z.B. AOK Bayern) für eine Protonentherapie, einschließlich modernster Diagnos-

tik. „Unser Zentrum erhält keinen Cent öffentliche Förderung“, sagt Hauffe.

60 Prozent der Patienten kommen ins RPTC, weil sie von dessen Vorzügen im Internet erfuhren, etwa in Foren oder Anzeigen. Jeder vierte Kranke stammt aus dem Ausland. Nur zwölf bis 15 Prozent der Patienten werden von ihren Ärzten in das RPTC eingewiesen.

„In der jüngsten deutschen Anlage, dem Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum (HIT), wird jede einzelne Behandlung in einer Tumorkonferenz zunächst geplant und im weiteren Verlauf besprochen“, sagt der medizinische Leiter Jürgen Debus. Alle Therapieverläufe werden analysiert, „damit wir in Zukunft besser entscheiden können, welche Strahlenqualität im Einzelfall am besten hilft“, so Debus. „Wir behandeln pro Tag 50 Patienten, aber wir sprechen noch nicht von klinischer Routine.“ Gerade beim häufigen Brustkrebs gibt es bisher keine Studienergebnisse, die den Nutzen der Protonentherapie belegen.

Von den 1400 Kranken am HIT erhielten bislang die meisten Kohlenstoffionen. Die Schwerionen zerstören Tumoren selbst dann, wenn alle anderen Verfahren versagen. Allerdings sind sie schwer zu steuern. „Das ist wie bei einem Rennwagen. Er erreicht sein Ziel in Rekordzeit. Lenkfehler sind aber fatal“, sagt Radioonkologe Debus. ■

REGINA ALBERS