

# Strahlen für das Leben

M-L. Sautter-Bihl und M. Bamberg

Im Auftrag der



DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR RADIOONKOLOGIE E. V.

Unter Mitarbeit von

M. Krause, R. Pahl, J. Rieber, F. Wenz

## Inhalt

Vorwort	4
Was ist Krebs?	5
Krebs und Psyche	5
<b>Die drei Standbeine der Krebsbehandlung</b>	6
Operation	7
Medikamentöse Tumorthherapie	7
Strahlentherapie	7
Bestrahlung vor einer Operation (präoperativ)	8
Bestrahlung nach einer Operation (postoperativ)	8
Bestrahlung anstelle einer Operation	9
<b>Wie wirkt Strahlentherapie?</b>	9
Dosis und Wirkung	10
<b>Strahlentherapie- Ziele</b>	10
Kurative Strahlentherapie	10
Palliative Strahlentherapie	11
<b>Welche Arten von Strahlentherapie gibt es?</b>	11
Externe Strahlentherapie (Bestrahlung von außen)	11
Sonderformen der externen Strahlentherapie	12
Intensitätsmodulierte Strahlentherapie	12
Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung	12
Bildgestützte Strahlentherapie	13
Stereotaktische Strahlentherapie und Radiochirurgie	13
Für Technik-Freaks: Der Linearbeschleuniger	14
Protonen und Schwerionen	15
<b>Bestrahlung von innen: Brachytherapie (Afterloading)</b>	16
<b>Kombination Bestrahlung &amp; andere Therapieverfahren</b>	16
Radio-Chemotherapie	17
Hyperthermie	17
Nebenwirkungen der Strahlentherapie	17
Die häufigsten Vorurteile gegen Strahlentherapie	18
<b>Ablauf der Bestrahlung</b>	19
Einführungsgespräch	19
Bestrahlungsplanung und Simulation	20
Terminplanung und Bestrahlung	21
<b>Wie verhält man sich in der Zeit der Bestrahlung</b>	21
Sport und Krebs?	22
Hautpflege	22
Ernährung	22

Wartezimmergespräche	23
Hilfestellung durch psychosoziale Betreuung	23
Nach der Strahlentherapie: Wie geht es weiter?	24
Glossar	25

## Liebe Leserin, lieber Leser,

wir wenden uns mit dieser Broschüre hauptsächlich an Strahlentherapie-Patienten und deren Angehörige. Diese Einführung soll jedoch auch interessierten Laien als Informationsschrift dienen. Sie beschreibt die Grundprinzipien und Abläufe einer Strahlentherapie und soll diese verständlich machen.

In der Öffentlichkeit ist über Strahlentherapie sehr wenig bekannt, sodass viele Patienten mit falschen Vorstellungen zur Therapie kommen. Die Situation, sich mit einer potentiell lebensbedrohlichen Erkrankung auseinandersetzen zu müssen, verursacht immer Ängste. Häufig können jedoch psychische Belastungen durch verbesserte Kenntnis der Abläufe vermindert werden. Die Strahlentherapie hat sich in den letzten Jahren zu einer hochpräzisen Behandlungsform entwickelt. Sie hat entweder das Ziel, den Patienten dauerhaft zu heilen oder, falls dies bei fortgeschrittener Erkrankung nicht möglich ist, Beschwerden zu lindern.

Die technischen Abläufe der Strahlentherapie lassen sich so effektiv kontrollieren wie bei keiner anderen onkologischen Therapie. Zwar kann man Strahlen nicht sehen, man kann sie aber mit geeigneten Instrumenten exakt messen. Im Gegensatz zu manchen anderen Therapieformen ist

die Strahlentherapie eine Behandlung, die mit physikalischen Methoden genau geplant, berechnet und überprüft werden kann, um bei größtmöglicher Chance auf eine Tumorheilung das Risiko von Nebenwirkungen zu minimieren. Unser Ziel ist es, im Folgenden ein grundsätzliches Verständnis für die Abläufe und die Wirkungen der Strahlentherapie zu schaffen. Dabei kann natürlich nicht auf alle Einzelheiten – auch nicht auf alle Tumorerkrankungen – eingegangen werden. Sie können jedoch alle darüber hinausgehenden Fragen mit Ihren Ärzten im persönlichen Gespräch klären.

Ihre M.L. Sautter-Bihl für die  
Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie



## Was ist Krebs?

Das Wort "Krebs" ist ein ebenso vieldeutiger Begriff wie das Wort "bösaartig". Gemeint ist eine Vielzahl unterschiedlicher Erkrankungen, die allerdings eines gemeinsam haben: Unbehandelt schreiten sie fort und führen meist irgendwann zum Tode.

Ein bildhafter Vergleich: das Wort Krebs ist ungefähr so aussagekräftig, wie der Begriff "Auto": Damit kann sowohl ein Kleinwagen, als auch ein Reisebus gemeint sein. Auch der Begriff "bösaartig" ist durchaus problematisch: Viele so genannte gutartige Erkrankungen können sehr aggressiv verlaufen und auch zum Tode führen. Viele bösaartige (Tumor-) Erkrankungen sind hingegen vollständig heilbar.



## Krebs und Psyche- Warum gerade ich?

Wird man mit der Diagnose „Krebs“ konfrontiert, so bricht häufig von einem Augenblick auf den anderen die Welt vollkommen zusammen; man hat das Gefühl, nichts werde mehr so sein, wie es war. Verständlich ist, sich dann zu fragen: „Warum gerade ich?“ Hilfreich ist es jedoch nicht! Es kann sogar dem Heilungsprozess abträglich sein, die Ursache für die Krebserkrankung im eigenen Umfeld oder bei sich selbst zu suchen, (vermeintliches) persönliches Fehlverhalten für die Erkrankung verantwortlich zu machen oder Schuldzuweisungen zu treffen.

Noch immer kennen wir die Ursachen für die meisten Tumorerkrankungen nicht genau; in jedem Fall sind sie sehr komplizierter Natur, und alle einfachen Erklärungen sind falsch! Es hat deshalb wenig Sinn zu fragen, ob man die Erkrankung durch Vermeidung mancher Verhaltensweisen hätte verhindern können. Es hilft auch nicht weiter, die Tumorerkrankung als unverdienten Schicksalsschlag zu werten, da dies ein Gefühl von Hilflosigkeit mit sich bringt, das eher lähmend wirkt. Wenn Sie das Bedürfnis haben, mögliche Schwächen in Ihrer Lebensführung zu analysieren, um manches in Zukunft besser machen zu können, sollten Sie dies mit Blick nach vorne tun und sich nicht über Versäumnisse der Vergangenheit grämen. Wichtig ist es, die Gegenwart zu nutzen, die Zukunft zu gestalten und aus der Situ-

ation das Beste zu machen. Angehörige stellen sich oft ähnliche Fragen wie der Patient selbst. Vielen fällt es schwer, über die Erkrankung miteinander zu sprechen. Es kann jedoch nur empfohlen werden: Sprechen Sie das Thema offen an.

Sich mit einer Tumorerkrankung auseinanderzusetzen, kann auch eine Chance sein. Oft machen Tumorpatienten die Erfahrung, plötzlich intensiver zu leben und bewusster mit ihrer Zeit umzugehen. Viele Tumorerkrankungen sind heute heilbar, und es kann für den Gesundungsprozess wichtig sein, mit Optimismus in die Zukunft zu sehen. Sollten sie das Gefühl haben, die Krankheitsbewältigung nicht alleine leisten zu können, so stehen an vielen Institutionen neben speziell ausgebildeten Ärzten auch Psychoonkologen zu Verfügung, um Ihnen - bei Bedarf auch Ihren Angehörigen - zu helfen.

Noch eine grundsätzliche Anmerkung zur Situation eines Patienten, dessen Tumor nicht mehr vollständig heilbar ist: Dies ist zweifellos eine schwierige und psychisch

sehr belastende Situation. Warum aber empfinden chronisch krebserkrankte Patienten ihre Erkrankung oft viel bedrohlicher als andere chronisch Kranke? Dass dies sachlich oft nicht berechtigt ist, mag ein Beispiel verdeutlichen: Auch eine Herzkrankheit stellt häufig ein chronisches Leiden dar, das immer wieder behandelt werden muss und die Lebenserwartung einschränkt. Die Situation eines Herzkranken ist also durchaus vergleichbar mit der mancher Tumorpatienten. Dennoch erzählt der Herzkranke meist ganz unbefangen von seinem Leiden, während der Krebspatient und sein Umfeld über die Erkrankung oft nur hinter vorgehaltener Hand sprechen.

## Die drei Standbeine der Krebsbehandlung

Grundsätzlich unterscheidet man „örtliche“ Behandlungsformen (die nur im Bereich ihrer Anwendung wirksam werden) von

### Einige statistische Angaben :

- ▶ Statistisch betrachtet muss jeder dritte bis vierte Bürger damit rechnen, im Laufe seines Lebens an Krebs zu erkranken.
- ▶ Ungefähr die Hälfte aller Krebspatienten kann geheilt werden, wobei in den verschiedenen Krankheitsgruppen die Heilungsraten sehr viel höher, aber auch niedriger liegen können.
- ▶ 50-60% aller Krebspatienten werden im Laufe ihrer Erkrankung bestrahlt.
- ▶ Bei ca. 50% aller dauerhaften Tumorheilungen ist die Strahlentherapie mitbeteiligt oder die alleinige Behandlung

„systemischen“; das sind solche, die im ganzen Körper wirken. Die drei wichtigsten Behandlungsformen in der Krebsbehandlung (Onkologie) sind:

## Operation

Bei vielen Krebserkrankungen ist die Operation die erste (manchmal auch die einzige) Maßnahme. Wenn möglich, wird der Tumor zusammen mit einem umgebenden Saum von gesundem Gewebe entfernt, damit man möglichst sicher sein kann, dass keine Tumorreste im Operationsgebiet verbleiben. Wenn ein Tumor im Frühstadium vollständig und mit ausreichendem Sicherheitsabstand entfernt wird und keine Lymphknoten oder Fernabsiedelungen (Metastasen) vorliegen, kann der Patient damit geheilt sein.



Bei vielen Tumorerkrankungen führt man jedoch sicherheitshalber eine Nachbehandlung (z.B. Strahlen- oder Chemotherapie) durch.

Dadurch soll verhindert werden, dass einzelne, im Gewebe verbliebene und in bildgebenden Untersuchungen nicht sichtbare Tumorzellen später zu einem Rückfall der Tumorerkrankung führen.

## Medikamentöse Tumorthherapie

An erster Stelle ist hier die Chemotherapie zu nennen. Es handelt sich dabei um eine Behandlung mit Substanzen (Zytostatika), die Zellen abtöten oder am Wachstum hindern, indem sie die Zellteilung hemmen.

Meist werden mehrere Zytostatika kombiniert und gleichzeitig eingesetzt.

Es gibt eine große Anzahl verschiedener Chemotherapie - Kombinationen, die in ihrer Wirkung und auch in ihrer Verträglichkeit sehr unterschiedlich sind.

Die entsprechenden Substanzen werden meist in eine Vene injiziert und dann über den Blutstrom in alle Regionen des Körpers transportiert. Da die verabreichten Medikamente auf diese Weise überall hin gelangen und so das gesamte „System Mensch“ behandelt wird, spricht man auch von „systemischer Therapie“. Sie wirkt im gesamten Organismus; dies gilt allerdings auch für ihre Nebenwirkungen.

Andere Tumoren, beispielsweise Brustkrebs oder Prostatakrebs können hormonabhängig wachsen. In diesen Fällen kann eine antihormonelle Therapie zur Wachstumshemmung eingesetzt werden.

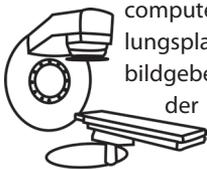
Verschiedene neuartige Therapieansätze können gezielter an Tumorzellen angreifen und gesundes Gewebe besser schonen. Dazu zählen monoklonale Antikörper, Substanzen, die die Gefäßneubildung hemmen, und viele weitere. Einige dieser neuen Medikamente sind viel versprechend und wirken zielgerichtet auf bestimmte Tumorzellen.



## Strahlentherapie

In den letzten Jahrzehnten erfuhr die Strahlentherapie eine so rasante Weiterentwicklung wie kaum eine andere medizinische Disziplin. Durch moderne Linear-

beschleuniger wurde die Voraussetzung geschaffen, auch in der Tiefe des Körpers gelegene Tumoren so zu bestrahlen, dass Nachbarorgane und auch die Hautoberfläche weitgehend geschont werden. Unabdingbar ist hierfür die dreidimensionale,



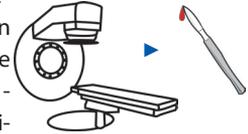
computergesteuerte Bestrahlungsplanung, die mit Hilfe bildgebender Verfahren wie der Computertomografie (CT), der Kernspintomografie (MR) und

der Positronen-Emissionstomografie (PET) eine exakte Darstellung von Tumor und Organsystemen ermöglicht. Mit hoher Zielgenauigkeit kann so der Tumor von der Bestrahlung erfasst und das gesunde Gewebe geschont werden. Dadurch wurde die Wirksamkeit der Strahlentherapie entscheidend verbessert und ihre Nebenwirkungen gleichzeitig reduziert. Im Gegensatz zu der oben beschriebenen „systemischen“ (medikamentösen) Therapie ist die Strahlentherapie eine rein örtliche bzw. regionale Maßnahme, d.h. sie wirkt nur im Bereich des Bestrahlungsfeldes. Dies gilt sowohl für die (erwünschte) tumorzerstörende Wirkung als auch für die (unerwünschten) Nebenwirkungen.

Für bestimmte Tumoren wurden in den letzten Jahren Möglichkeiten entwickelt, die Vorteile der lokalen und der systemischen Behandlung zu kombinieren (s. unten).

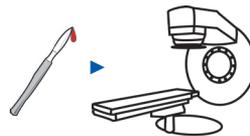
### Bestrahlung vor einer Operation (präoperativ)

Bei bestimmten Erkrankungen (z.B. Enddarm- oder Speiseröhren-Krebs) kann man durch eine Vorbestrahlung - teilweise in Kombination mit einer Chemotherapie - die Heilungschancen verbessern. Die Tumoren schrumpfen unter der Behandlung und können dann leichter entfernt werden. Neben der Schrumpfung ist auch die Abtötung bösartiger Zellen in der Umgebung des sichtbaren Tumors Ziel einer solchen Vorbehandlung; diese kann dann die Heilungschancen verbessern.



### Bestrahlung nach einer Operation (postoperativ)

Es gibt einige Krebserkrankungen, bei denen nach einer Operation routinemäßig oder in speziellen Situationen eine Nachbehandlung angeschlossen wird, um das

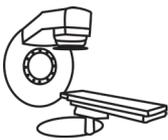


Rückfallrisiko weiter zu reduzieren. So ist die Nachbestrahlung nach brusterhaltender Operation ein fester Bestandteil der

Behandlung von Brustkrebs, unabhängig vom Tumorstadium. Bei anderen Tumoren erfolgt eine Nachbestrahlung nur, wenn diese eine bestimmte Größe hatten oder ohne ausreichenden Sicherheitsabstand zu gesundem Gewebe operiert wurden.

## Bestrahlung anstelle einer Operation

Eine Reihe von bösartigen Erkrankungen kann durch eine alleinige Strahlentherapie geheilt werden. Bei einigen dieser Tumoren ist die Bestrahlung die einzig angewandte Therapieform. Für andere Tumoren wäre zwar die Operation die Therapie der ersten Wahl, jedoch ist eine chirurgische Behandlung nicht immer möglich und sinnvoll. Ein Grund dafür können Begleiterkrankungen sein, die einen großen Eingriff mit Nar-



kose zu risikoreich erscheinen lassen. Ein zweiter Hinderungsgrund kann die Größe oder

die Lage des Tumors sein, die es manchmal unmöglich machen, diesen chirurgisch zu entfernen, ohne lebenswichtige Strukturen zu verletzen. Manche Patienten können sich auch nicht zu einer Operation entschließen. In solchen Situationen kann man unter Umständen auch mit einer alleinigen Strahlentherapie eine Heilung erzielen.

Bei vielen Tumoren kann durch die Bestrahlung eine mit Organverlust verbundene Operation vermieden werden. Einige Beispiele:

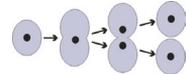
**Kehlkopfkrebs:** In frühen Stadien kann die operative Behandlung durch eine Laserresektion mit Erhalt des Kehlkopfes erfolgen. Im fortgeschrittenen Stadium erfordert die Operation hingegen eine Entfernung des Kehlkopfes womit die

Stimme unwiederbringlich verloren geht. Mit einer Strahlentherapie oder Radiochemotherapie ist in bestimmten Stadien eine Tumorheilung möglich, ohne dass die Stimmfunktion verloren geht.

**Prostatakrebs:** Die Radikaloperation ist meist mit einem Verlust der Potenz verbunden; durch eine Strahlentherapie kann sie hingegen - ohne entscheidende Einbuße der Heilungschancen - oft über längere Zeit erhalten werden und auch eine Harninkontinenz tritt in der Regel nicht auf.

## Wie wirkt Strahlentherapie?

Die kleinste funktionsfähige Einheit jedes lebenden Organismus - und auch jedes Tumors - ist die Zelle. Im gesunden Organismus haben die Zellen vieler Organe (Haut, Schleimhäute, blutbildende Zellen im



Knochenmark) nur eine begrenzte Lebensdauer und müssen fortlaufend ersetzt werden. Dies geschieht durch Zellteilung, einer Basisfunktion des Lebens. Nur wenn sie ungestört abläuft, können Organe ihre „Arbeit“ leisten. Auch das Wachstum eines Tumors wird über Zellteilung geregelt. Eine der Hauptwirkungen von Strahlen besteht in der Störung oder sogar Verhinderung der Zellteilung. Im Inneren jeder Zelle befindet sich der Zellkern als „Kommandozentrale“. An diesem Ort entscheidet sich, ob und wann sich eine Zelle teilt. Der Zellkern



enthält u.a. auch die Schlüsselsubstanz für die Vererbung, die sog. Desoxyribonukleinsäure (DNS). Vor der Zellteilung muss die DNS eine „Kopie ihrer selbst“ anfertigen. Sie wird in zwei gleiche Portionen aufgeteilt, die bei der Zellteilung an die beiden neu entstandenen „Tochterzellen“ weitergegeben werden. Hier greift die Strahlung ein: Sie setzt Schäden in der DNS. Zellen verfügen jedoch für den Fall einer Schädigung der DNS über ein eigenes „Reparatursystem“, das - wie eine Schere - defekte Stellen aus der DNS ausschneiden und ersetzen oder DNS Brüche wieder neu verknüpfen und so die Zellfunktion wiederherstellen kann. Diese Fähigkeit zur Reparatur ist im gesunden Gewebe meist wesentlich ausgeprägter als bei vielen Tumoren, so dass die schädigende Wirkung der Strahlung auf den Tumor weit mehr Einfluss nimmt als auf die umgebenden gesunden Organe. Diesen Unterschied im Reparaturvermögen macht man sich für die Therapie zunutze.

### Dosis und Wirkung

Die oben geschilderte biologische Wirkung der Strahlung – sowohl am Tumor, als auch am gesunden Gewebe ist abhängig von der Dosis. Die Doseinheit in der Strahlentherapie heißt Gray (Abkürzung Gy) nach dem Physiker L. H. Gray. Die Gesamtdosis, die für die Behandlung notwendig ist, hängt von der Strahlenempfindlichkeit des jeweiligen Tumors ab, hier gibt es große Unterschiede. Dies gilt auch

für die Fraktionierung, d.h. die Aufteilung der Gesamtdosis in „Einzeldosen“. Als Standardfraktionierung gilt eine Einzeldosis von 1,8-2,0 Gy, 5x pro Woche. Diese hat sich als besonders verträglich erwiesen, vor allem auch im Hinblick auf mögliche Spätfolgen. Bei einigen Tumorerkrankungen hat sich jedoch gezeigt, dass durch eine sogenannte Hypofraktionierung eine ebenso gute oder mitunter eine bessere Tumorerkrankung erzielt werden kann. Dabei handelt es sich um den Einsatz höherer Einzeldosen in einer verminderten Anzahl von Sitzungen. Da bei einer Hypofraktionierung auch das Risiko von Nebenwirkungen erhöht sein kann, ist hier eine besonders präzise Technik unabdingbar. Bei anderen Erkrankungen kann man die Erfolge verbessern, indem mehrfach am Tage (meist 2x) bestrahlt wird; in diesem Fall spricht man von Hyperfraktionierung.

### Strahlentherapie- Ziele

Grundsätzlich unterscheidet man die kurative von der palliativen Bestrahlung.

### Kurative Strahlentherapie

Wenn eine Heilung möglich ist, spricht man von kurativer Strahlentherapie. Sie kann sowohl bei einem sichtbaren Tumor zum Einsatz kommen, als auch zum Beispiel nach einer Operation, wenn man zwar keinen mehr Tumor mehr sieht, aber annimmt, dass z.B. im Operationsgebiet noch vereinzelte Tumorzellen zurückgeblieben sind. Diese sollen durch die Bestrahlung vernichtet werden (adjuvante

postoperative Strahlentherapie). Einige Beispiele für die Heilung von sichtbaren Tumoren durch eine alleinige Strahlentherapie: Lymphdrüsenkrebs, Stimmbandkrebs, Hautkrebs und Prostatakrebs. Beispiele für die postoperative Bestrahlung: Nach organerhaltender Operation bei Brustkrebs und die Nachbestrahlung bei Tumoren des Hals-Nasen- und Ohrenbereichs.

### Palliative Strahlentherapie

Ist eine Heilung der Tumorerkrankung nicht möglich, so kann durch eine Strahlentherapie eine Linderung tumorbedingter Symptome und manchmal auch eine Lebensverlängerung erreicht werden. Vor allem Schmerzen sprechen häufig besonders gut auf eine Bestrahlung an. So kann beispielsweise bei Knochenschmerzen, die durch Metastasen bedingt sind, in ca. 80 Prozent eine Linderung durch Bestrahlung erzielt werden. In vielen Fällen baut sich der Knochen wieder auf und Knochenbrüche werden so verhindert. Auch Atemnot, Schluckbeschwerden, Lähmungen, Harnstauung, Lymphstau oder Blutungen können häufig günstig beeinflusst werden. Damit ist die palliative Strahlentherapie bei vielen Tumorpatienten eine sehr effektive Maßnahme zur Verbesserung der Lebensqualität.

## Welche Arten von Strahlentherapie gibt es?

Die beiden wesentlichen Formen der Strahlentherapie sind die Bestrahlung von außen und die Bestrahlung von innen.

### Externe Strahlentherapie (Bestrahlung von außen)

Sie ist die häufigste Form der Strahlentherapie. In der Regel kommen Linearbeschleuniger zum Einsatz, deren Photonenstrahlung (=ultraharte Röntgenstrahlung) über Felder einer definierten Größe und Form von außen in das Körperinnere zum „Zielort“ gelangen (Details s. unten).

Bei modernen Bestrahlungsgeräten ist ein reibungsloses Zusammenspiel von Hardware, Software und komplexer elektronischer Steuerung erforderlich. Deshalb sind tägliche Überprüfungen und Messungen



durch einen Medizin-Physik-Experten vor Inbetriebnahme vorgeschrieben. Zusätzlich erfolgt vor jeder einzelnen Bestrahlung durch die Software des Beschleunigers ein interner „Sicherheitscheck“: So gibt das Gerät die Bestrahlung nur dann frei, wenn

sämtliche Einzelheiten (z.B. Größe des Feldes, Winkel, Bestrahlungsdosis) genau mit den geplanten und im Computer gespeicherten Daten übereinstimmen. Bereits bei kleinsten Abweichungen „verweigert“ das Gerät die Bestrahlung. Somit ist es mit den modernen Geräten nahezu unmöglich, „versehentlich falsch“ zu bestrahlen. Jede einzelne Bestrahlung wird dokumentiert, so dass sich auch Jahre später alle Details genau nachvollziehen lassen.

## Sonderformen der externen Strahlentherapie

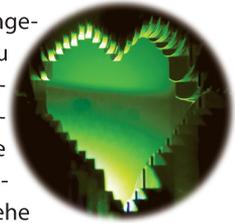
Rasante technische Fortschritte haben es in den letzten Jahren ermöglicht, die Strahlentherapie einerseits schonender, andererseits aber auch effektiver werden zu lassen, da man heute eine höhere Dosis ohne erhöhte Nebenwirkungen verabreichen kann. Solche aufwändigeren Techniken sind nicht bei allen Erkrankungen sinnvoll, stellen in manchen Situationen aber eine entscheidende Verbesserung dar.

## Intensitätsmodulierte Strahlentherapie

(IMRT=intensity modulated radiotherapy)

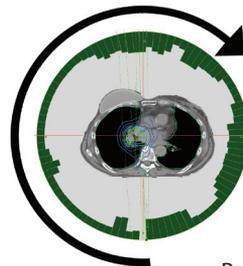
Die IMRT stellt eine Weiterentwicklung der 3-D-konformalen Bestrahlung dar und ist technisch, personell und zeitlich aufwändiger. Mithilfe der Wolframlamellen (MLC) im Beschleunigerkopf kann jedes Bestrahlungsfeld aus vielen kleineren Seg-

menten zusammengesetzt werden. Dazu werden die Lamellen computergesteuert exakt in die gewünschte Position gefahren (siehe Bild). Jedes Feld-Segment trägt seinen Beitrag zur Bestrahlungsdosis bei, so dass das gesamte Bestrahlungsfeld an manchen Stellen mehr Dosis abgibt, als an anderen (die Intensität der Strahlung wird „moduliert“). Wenn das aus verschiedenen Einstrahlrichtungen wiederholt geschieht, kann die Dosis perfekt an den Tumor angepasst werden, während die Umgebung geschont wird.



## Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung

(IMAT = intensity modulated arc therapy) (von verschiedenen Herstellern auch Rapid-Arc oder VMAT genannt).



Diese ist eine Weiterentwicklung der IMRT, die für den Patienten den Vorteil bietet, die Dauer einer Sitzung zu verkürzen. Das

Bestrahlungsgerät rotiert um den Patienten, strahlt dabei kontinuierlich und passt die Feldform dem Zielgebiet mithilfe der Multileaf-Kollimatoren fortlaufend an und variiert die Dosisleistung („Strahlungsmenge“). Damit kann

die Dosis noch optimaler an das Zielgebiet angepasst werden.

## Bildgestützte Strahlentherapie

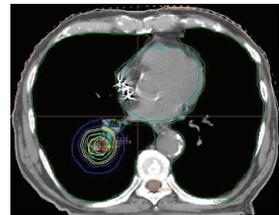
(IGRT = Image-guided radiotherapy)

Durch eine Zusatzausrüstung zur Bildgebung (z.B. ein CT, das in den Beschleuniger integriert oder im Bestrahlungsraum installiert ist) wird es ermöglicht, vor jeder Behandlung das Zielgebiet abzubilden. Weicht dessen aktuelle Lage von der geplanten Position ab, so kann dies durch eine software-gesteuerte Verschiebung der Tischpositionierung korrigiert werden. Wichtig ist dies beispielsweise bei beweglichen Organen, z.B. bei Bestrahlung der Prostata, die sich durch veränderte Füllung der Harnblase verschiebt oder bei Tumoren der Lunge, die sich mit der Atmung bewegen. Eine technische Variante der Bildsteuerung stellt die sog. Tomotherapie® dar; dabei rotieren Strahlerkopf und Detektor um den Patienten; gleichzeitig wird der Tisch in der Längsachse vorwärts bewegt. Dadurch wird eine Verteilung der Strahlendosis erreicht, die besonders bei flächigen oder schalenförmigen Volumina günstig sein kann. Zur IGRT können auch Röntgenröhren verwendet werden, die in variablen Zeitintervallen (30-60 sec) die Zielregion abbilden. Diese werden mit dem Bestrahlungsplanungs-CT verglichen und ggf. die erforderliche Korrekturen der Einstrahlposition berechnet. Da Röntgenbilder im Vergleich zum CT weniger Informationen über Weichteilgewebe

und umliegende Organe liefern, dienen knöchernen Strukturen oder in den Tumor eingebrachte Metallstifte ersatzweise als Orientierung für die Position des Zielgebietes. Diese Technik kommt auch bei der robotergestützten Strahlentherapie, dem Cyberknife®, zum Einsatz. Hierbei handelt es sich um einen auf einen Roboterarm montierten Beschleuniger. Vor und Nachteile der beiden letztgenannten Systeme sind derzeit noch Gegenstand der klinischen Erprobung.

## Stereotaktische Strahlentherapie und - Radiochirurgie

Die stereotaktische Bestrahlung ist eine technisch besonders komplexe Sonderform der hypofraktionierten Strahlentherapie, bei der in wenigen Fraktionen (üblicherweise 3-5) hohe Einzeldosen bei verringerter Gesamtdosis verabreicht werden. Von „Radiochirurgie“ spricht man, wenn die Behandlung in nur einer einzigen Sitzung erfolgt. Es handelt sich hier allerdings nicht um ein „Strahlenmesser“, sondern um eine Hochpräzisionsbestrahlung, bei der das Gewebe außerhalb der Tumorregion bestmöglich geschont wird.



Hierfür können Navigationssysteme eingesetzt werden, mit denen bestimmte Fixpunkte im Körper angesteuert und

genaue Koordinaten des Zielgebietes dreidimensional ermittelt werden. Um eine präzise Übertragung der geplanten Bestrahlungsdaten zu ermöglichen, wird der Kopf oder Körperabschnitt des Patienten üblicherweise mit einer Maske oder einem speziellen Lagerungssystem fixiert. Solche Masken können in einem starren Rahmen festgeschraubt werden, um möglichst auch kleinste Bewegungen zu verhindern. Bei Einsatz der bildgesteuerten Bestrahlung kann auf solche starren Systeme weitgehend verzichtet werden, da eine „online -Überprüfung“ der Position des Zielgebietes möglich ist.

Aus physikalischen und strahlenbiologischen Gründen kommt diese Technik nur bei kleinen Tumoren oder Metastasen (z.B. in Gehirn, Lunge oder Leber) zum Einsatz.

## Für technisch Interessierte: Der Linearbeschleuniger

Elektronen sind winzige, von einem Glühdraht ausgesandte negativ geladene Teilchen. Sie werden in einem Hochvakuum-Rohr nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt und am Ende des

Rohres mit Hilfe starker Magnete in die gewünschte Richtung umgelenkt. Diese Elektronen können direkt zur Bestrahlung oberflächlicher Tumoren (z.B. der Haut) eingesetzt werden. Häufiger wird jedoch eine Photonenstrahlung benötigt; sie kann erzeugt werden, indem man die Elektronen auf ein wassergekühltes Metall (Wolframtarget) aufprallen lässt. Hier werden sie abrupt gebremst, dabei entstehen durch Energieumwandlungsprozesse Photonen (auch als ultraharte Röntgenstrahlen bezeichnet). Photonen können aufgrund ihrer physikalischen Eigenschaften - im Vergleich zu Elektronen- tiefer in den Körper eindringen. Je energiereicher die Photonenstrahlung ist, umso größer ist auch ihre Eindringtiefe. In der klinischen Routine kommen Strahlungsenergien mit Beschleunigungsspannungen von 4-23 Megavolt (MV) zum Einsatz. Je nach Lage der Zielregion wird die notwendige Energie bei der Bestrahlungsplanung berechnet und am Beschleuniger eingestellt.





Für die Begrenzung des Bestrahlungsfeldes und zur Ausblockung gesunden Gewebes werden Blenden (Kollimatoren) verwendet, die im

Beschleunigerkopf sitzen. Beim sog. Multi-Leaf Kollimator (MLC) handelt es sich um parallel angeordnete 2.5 bis 10 mm breite Wolframlamellen, mit denen das Bestrahlungsfeld asymmetrisch und individuell an das Zielgebiet angeformt wird. Jede dieser Lamellen wird durch einen kleinen Motor computergesteuert für jede Bestrahlung in die richtige Position gebracht.

## Protonen und Schwerionen

Protonen sind positiv geladene Teilchen, die nicht mit einem herkömmlichen Linearbeschleuniger produziert werden können. Die Geräte, die man zu ihrer Erzeugung benötigt, sind technisch erheblich aufwändiger und in der Herstellung um ein vielfaches teurer als ein Linearbeschleuniger. Die biologische Wirksamkeit ist allerdings kaum höher, so dass diese Strahlen Tumorzellen nicht effektiver abtöten als Photonen eines Linearbeschleunigers. Ein wesentlicher Vorteil von Protonen liegt darin, dass ihre Dosis überwiegend auf den Tumor konzentriert bleibt und außerhalb des Zielgebietes schnell abfällt. Dadurch wird die Strahlendosis im umliegenden

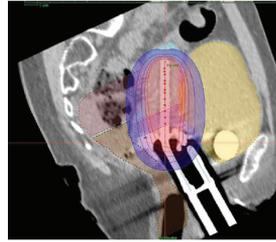
gesunden Gewebe meist verringert. Ob dies für die Patienten auch zu einem messbaren Nutzen bzw. weniger Nebenwirkungen führt, ist bisher erst bei wenigen Tumorarten gezeigt worden. So können beispielsweise Melanome in der Aderhaut des Auges so gezielt bestrahlt werden, dass die umgebende Netzhaut nicht wesentlich geschädigt wird. Tumoren in kritischen Teilen des Gehirns, z. B. an der Schädelbasis, können ebenfalls mit verminderten Nebenwirkungen auf die Hirnnerven und das umliegende Gewebe behandelt werden. Für bestimmte Tumoren bei Kindern, hier insbesondere Hirntumore, ist die Protonentherapie eine etablierte Behandlung. Bei den meisten anderen Tumorarten liegen hingegen für die Protonentherapie noch nicht genügend Studien mit größeren Patientenzahlen und längerer Nachbeobachtungszeit vor, die deren Überlegenheit beweisen. Bei ausgewählten Indikationen gibt es jedoch Vereinbarungen zur Kostenübernahme zwischen den behandelnden Zentren und den Krankenkassen. Die Patienten werden in klinischen Studien behandelt und die Ergebnisse systematisch ausgewertet.

Schwerionen (z.B. Kohlenstoff-Ionen) haben hingegen eine erhöhte biologische Wirksamkeit: Die Wahrscheinlichkeit, dass das Erbgut der Zelle aufgrund von Doppelstrangbrüchen in der DNS (Desoxyribonukleinsäure) geschädigt wird, ist erheblich größer. Genau dies ist die zentrale Voraussetzung für eine Strahlenschädigung, die

zum Tod der bösartigen Zelle führen kann. Schwerionen können möglicherweise auch solche Tumore besser abtöten, die durch eine geringe Sauerstoffversorgung nicht auf eine klassische Strahlentherapie ansprechen. Allerdings gibt es bislang keine ausreichenden wissenschaftlichen Daten, die den Vorteil von Schwerionen gegenüber einer herkömmlichen Phototherapie oder im Vergleich zu Protonen nachweisen. Die Schwerionen-Therapie kommt deshalb ausschließlich in klinischen Studien zur Anwendung. Nach Einschätzung der Forscher werden langfristig etwa zehn (bis zwanzig) Prozent der Krebspatienten von einer Protonen- oder Schwerionen-Bestrahlung profitieren. Zu erwarten ist dies vor allem bei Tumoren, bei denen es technisch unmöglich ist, eine ausreichend hohe Strahlendosis (mit Photonen) bei einer vertretbaren Nebenwirkungsrate zu verabreichen.

### Bestrahlung von innen: Brachytherapie (Afterloading)

Die so genannte Brachytherapie (brachys = griechisch kurz) ist ein zweites wichtiges Instrument der Strahlentherapie und wird häufig in Kombination mit der Bestrahlung von außen eingesetzt. Dabei wird die Strahlenquelle in einer speziellen Hülse (Applikator) in eine Körperhöhle (z.B. Speiseröhre, Luftröhre, Enddarm, Scheide, Gebärmutter) eingebracht und gibt dort in genau berechneter Weise Strahlung ab; diese hat - im Gegensatz zur äußerlichen Bestrahlung - eine deutlich geringere



Reichweite, d.h. sie dringt nur wenige Zentimeter ins Gewebe ein. Damit wird eine hohe Dosis im gewünschten Gebiet erzielt, während die umliegenden Organe weitgehend geschont werden. Eine weitere Form der Afterloadingtherapie besteht darin, dass spezielle Nadeln oder Schläuche (unter Narkose) direkt in das Tumorgewebe eingebracht werden. Auch hier erfolgt vorab eine sorgfältige Bestrahlungsplanung anhand von CT-, Ultraschall- oder MR-Bildern. Nach der Bestrahlung werden die Applikatoren wieder entfernt.

Bei einer definierten Gruppe von Prostatakarzinomen in frühen Stadien kann eine Brachytherapie mit so genannten „Seeds“ erfolgen. Dabei handelt es sich um kleine radioaktive Stifte, die unter Narkose in die Prostata eingebracht werden und dort ihre Strahlung dauerhaft abgeben. Diese Seeds verbleiben lebenslanglich im Körper.

### Kombination: Bestrahlung & andere Therapieverfahren

Die Wirksamkeit einer Strahlentherapie kann bei einigen Erkrankungen durch die Kombination mit anderen Maßnahmen noch gesteigert werden.

## Radio-Chemotherapie

Bei einigen Tumoren (z.B. der Kopf-Halsregion, der Lunge, der Speiseröhre und des Enddarms) hat es sich bewährt, die Bestrahlung mit einer gleichzeitigen Chemotherapie zu kombinieren. Die Wirkung der Strahlentherapie wird dadurch noch verstärkt und die Heilungschancen damit verbessert. Bei einer gleichzeitigen Radio-Chemotherapie muss allerdings mit einem Anstieg der Nebenwirkungen gerechnet werden. Die Behandlung wird darum häufig stationär oder teilstationär erfolgen und besonders engmaschig überwacht werden.

## Hyperthermie

Bei einigen Tumoren macht man sich die Tatsache zunutze, dass durch Wärme Tumorzellen vernichtet werden. Was sich einfach anhört, erfordert jedoch eine höchst komplizierte Technologie. Im Unterschied zur klassischen externen Strahlentherapie kommen hierbei keine Röntgenstrahlen, sondern Radio-Frequenz- oder Ultraschall-Wellen zur Anwendung, mit denen im behandelten Gewebe eine Temperatur von ca. 42-43 Grad Celsius erzeugt wird. Schwierig dabei ist, die erhöhte Temperatur gleichmäßig auf das Zielvolumen zu verteilen, da die eingestrahelte Wärme in nicht immer vorhersehbarer Weise durch den Blutstrom wieder abtransportiert werden kann.



Durch die Hitze sterben vor allem die Zellen mit schlechter Sauerstoffversorgung ab, genau diese sind am wenigsten

strahlenempfindlich. Hyperthermie und Strahlentherapie können sich also sinnvoll ergänzen. Die Effektivität einer alleinigen Überwärmungstherapie ist hingegen nicht gesichert. Die Hyperthermie ist kein Routineverfahren; sie wird nur bei ausgewählten Tumorarten in Kombination mit einer Strahlen- bzw. Chemotherapie durchgeführt und erfolgt in ausgewiesenen Zentren.

## Nebenwirkungen der Strahlentherapie

Die Strahlentherapie ist eine lokale Maßnahme, deren Wirkung sich in der Regel auf die Region des Bestrahlungsfeldes beschränkt. So entsteht beispielsweise Haarausfall nur bei einer Bestrahlung der Kopfhaut. Prinzipiell unterscheidet man akute Nebenwirkungen, d.h. solche, die bereits in den Wochen während und kurz nach der Strahlentherapie auftreten, von Spätreaktionen, die Monate bis Jahre nach der Therapie eintreten können. Beispiele für akute Nebenwirkungen sind Schleimhautentzündungen im Mund oder in der Speiseröhre bei Bestrahlung in der Kopf-Hals-Region, Übelkeit oder Durchfälle bei Bestrahlung im Bauchbereich oder Hautrötungen bei Bestrahlung der Brust. Beispiele für Spätreaktionen sind Hautverfärbungen oder Verhärtungen des Unterhautfettgewebes. Eine verbesserte Bestrahlungsplanung und -technik, sowie kleinere und damit verträglichere Einzeldosen lassen heute solche Nebenwirkungen seltener werden. Dennoch muss ein gewisses Maß

an unerwünschten Nebenwirkungen gelegentlich in Kauf genommen werden, um eine Krebserkrankung effektiv zu bekämpfen. Je positiver Ihre Einstellung zu möglichen Nebenwirkungen ist, umso weniger beeinträchtigend werden sie subjektiv empfunden. Eine optimistische Grundhaltung ist der beste Verbündete für Arzt und Patient im gemeinsamen Kampf gegen die Tumorerkrankung. Damit dies besser gelingt, soll im Folgenden kurz auf die wichtigsten Vorurteile gegen eine Strahlenbehandlung eingegangen werden.

### **Die häufigsten Vorurteile gegen Strahlentherapie**

Viele Ängste vor einer Strahlenbehandlung hängen damit zusammen, dass falsche Vorstellungen über die „Schädlichkeit von Strahlen“ bestehen. Aus Unkenntnis erwachsen eine Reihe ganz unbegründeter Vorurteile:

#### ***“radioaktive Verseuchung?”***

Manche Menschen bringen fälschlicherweise Strahlung oder Strahlentherapie mit Radioaktivität in Verbindung und denken dann an die Reaktorkatastrophe von Tschernobyl oder Fukushima. Es wird auch oft die Befürchtung geäußert, dass der Bestrahlungspatient radioaktiv verseucht würde und dann eine Strahlenbelastung für sein Umfeld darstelle. Dies ist nicht der Fall.

#### ***“Krebs durch Bestrahlung?”***

Die Frage, ob die Strahlentherapie selbst krebsverursachend sei, wird immer wieder gestellt. Verwechselt werden oft die Effekte einer therapeutischen Bestrahlung mit den Folgen einer durch Reaktorunfälle oder Atombomben verursachten Strahlung. Bei diesen Unfällen wird der gesamte Organismus einer radioaktiven Strahlung ausgesetzt. Bei den Opfern wurden in der Folgezeit vermehrt bösartige Erkrankungen beobachtet, vor allem Leukämie (Blutkrebs). Bei einer Strahlentherapie liegt die Situation jedoch völlig anders: Aus der exakten Begrenzung des Strahlenfeldes resultiert eine fast ausschließliche Konzentration der Dosis auf das Bestrahlungsfeld, die Ganzkörperdosis ist somit minimal. Das Risiko, durch eine solche Behandlung (10 bis 30 Jahre später) an einem Zweittumor zu erkranken, liegt im Bereich weniger Prozen-te und ist damit verschwindend gering, wenn man es mit dem Risiko vergleicht, das die Erkrankung für den Betroffenen darstellt.

#### ***“Strahlenkater?”***

Da die Bestrahlung nur dort wirkt, wo sie eingesetzt wird, treten Allgemeinsymptome wie Übelkeit oder Abgeschlagenheit nur relativ selten auf, hauptsächlich bei entsprechend großen Feldern im Bauchbereich.

#### ***“Verbrennung?”***

Hautreaktionen (ähnlich wie bei einem Sonnenbrand) sind aufgrund der heute

verwendeten Bestrahlungstechniken eher eine Ausnahme. Sie können jedoch dann auftreten, wenn die Haut wegen eines entsprechenden Tumorsitzes mit einer höheren Dosis behandelt werden muss; insbesondere wenn zuvor eine Chemotherapie erfolgt war.

### “ingesperrt im Bunker?”

Strahlentherapie findet in speziell abgeschirmten Räumen statt. Diese sind jedoch meist hell und freundlich ausgestattet, so dass man keine Platzangst bekommt. Aus Strahlenschutzgründen muss das Personal während der Bestrahlung den Raum verlassen: Die Patienten sind jedoch in die-



ser kurzen Zeit (wenige Minuten) über eine Kamera und eine Gegensprechanlage mit der „Außenwelt“ verbunden und können jederzeit Kontakt mit dem Strahlentherapie-Team aufnehmen.

### Ablauf der Bestrahlung

Damit Sie sich darauf einstellen können, wie die Strahlentherapie abläuft, schildern wir im Folgenden die einzelnen Schritte der Behandlung:

### Einführungsgespräch

Nachdem eine Tumorerkrankung festgestellt wurde, erfolgt die Festlegung eines Behandlungskonzeptes, das eine oder mehrere (bereits erläuterte) Behandlungsformen (z.B. Operation, Chemotherapie, Bestrahlung) beinhalten kann. Ist eine Strahlentherapie geplant, so wird der/die Patient(in) dem Radioonkologen vorgestellt. Wichtig ist, dass bei diesem ersten Gespräch möglichst alle verfügbaren Behandlungsunterlagen (Operationsbericht, Pathologiebericht über die mikroskopische Beurteilung der Erkrankung, Röntgenbilder, Arztbriefe usw.) vorliegen. Die Durchsicht dieser Unterlagen liefert dem Strahlentherapeuten die Grundlage für weitere Entscheidungen. Nach einer ausführlichen körperlichen Untersuchung wird dann das Aufklärungsgespräch geführt, bei dem der Strahlentherapeut die Behandlungsziele, den Ablauf der Therapie und mögliche Nebenwirkungen erläutert und auch Verhaltenshinweise während der Therapiedauer gibt. Ihr Radioonkologe wird Ihnen einen Aufklä-



rungsbogen aushändigen, auf dem mögliche Therapienebenwirkungen dargestellt

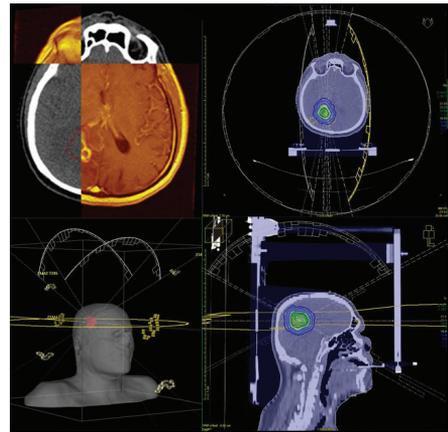
sind. Dieser dient als Einverständniserklärung und muss vor der ersten Bestrahlung von Ihnen gegengezeichnet werden. Juristisch gesehen hat dieser Aufklärungsbogen eine ähnliche Funktion wie der Beipackzettel bei Medikamenten: Mögliche Nebenwirkungen werden auch dann aufgeführt, wenn sie äußerst selten auftreten. Erfahrungsgemäß kann es hilfreich sein, zu dem Erstgespräch einen nahestehenden Angehörigen mitzubringen. Dies eröffnet die Möglichkeit, zu Hause die erhaltenen Informationen nochmals zu besprechen und mitunter gemeinsam auch besser zu verarbeiten. Öfters kommt es vor, dass dem Patienten nach dem Gespräch noch Fragen einfallen. Die Klärung kann dann problemlos vor oder während der Bestrahlung nachgeholt werden.

## Bestrahlungsplanung und Simulation

Um eine optimale Bestrahlungstechnik zu ermöglichen, ist es meist notwendig, zuerst eine Computertomografie (CT) des zu bestrahlenden Körperabschnittes in Bestrahlungsposition durchzuführen. Bei manchen einfachen Bestrahlungstechniken kann das Bestrahlungsfeld auch direkt anhand einer Röntgenaufnahme festgelegt werden. Mitunter benötigt man zur besseren Abgrenzung der Tumorausdehnung jedoch auch zusätzliche Untersuchungen wie Kernspintomografie (MRT) oder Positronen-Emissions-Tomografie mit CT (PET-CT).

Für das Bestrahlungsplanungs-CT und die

Bestrahlung ist häufig eine spezielle Positionierung des Körpers notwendig; hierfür werden Lagerungshilfen verwendet, z.B. Schaumstoffmatten oder Kunststoffmasken im Bereich von Kopf und Hals. Diese dienen der exakten Lagerung und Fixierung, aber auch der Einzeichnung der



Bestrahlungsfelder.

Nachdem im CT der entsprechende Körperabschnitt „scheibchenweise“ mit allen Nachbarorganen dargestellt wurde, zeichnet der Radioonkologe in jeder einzelnen Schicht das gewünschte Zielvolumen ein. Der Planungscomputer rekonstruiert daraus ein dreidimensionales Volumen, in dem die Verteilung der Strahlendosis dargestellt wird. Oft benötigen Medizin-Physiker und Arzt mehrere Arbeitsgänge, bis einer der für jeden Patienten individuell erstellten Bestrahlungspläne die Qualitätsansprüche optimal erfüllt.

Um die korrekte Übertragung des Bestrahlungsplanes auf den Patienten zu ermög-

lichen, wird am CT ein „Referenzpunkt“ am Körper festgelegt, auf den sich dann die weitere Planung bezieht. Dieser Punkt wird auf der Haut markiert. Mit einer spezieller Software und dem Planungs-CT kann der Arzt die Einstrahlrichtungen und Bestrahlungsfelder auch in Abwesenheit des Patienten simulieren und kontrollieren. Von Seiten der Medizinphysik erfolgt eine zusätzliche Qualitätssicherung.

Die „Generalprobe“ kann auch mit einem Therapiesimulator erfolgen, einem speziellen Röntgengerät, das ähnlich wie das Bestrahlungsgerät konstruiert ist. Unter Durchleuchtung wird dann die „Zielregion“ dem Plan entsprechend eingestellt und Orientierungspunkte auf der Haut oder Maske eingezeichnet.

## Terminplanung und Bestrahlung

Je nach Art der Erkrankung können unterschiedliche „Bestrahlungs-Stundenpläne“ notwendig sein. Üblicherweise wird fünfmal pro Woche bestrahlt (die Wochenenden sind frei). Es gibt jedoch auch Erkrankungen, bei denen es sinnvoll ist, zweimal täglich zu bestrahlen (Hyperfraktionierung). Bei manchen Tumoren kommt man dagegen mit einer geringeren Anzahl von Sitzungen pro Woche aus (Hypofraktionierung). Auch die Dauer der Bestrahlung und die notwendige Dosis sind bei den verschiedenen Erkrankungen unterschiedlich. Den genauen Zeitplan wird der Strahlentherapeut vor Behandlungsbeginn mit Ihnen besprechen.

Die erste Bestrahlungssitzung dauert meist etwas länger als die folgenden, da meist ein Facharzt und ein Physiker vor Beginn nochmals alle Einzelheiten überprüfen; insbesondere wird das bei der Ersteinstellung angefertigte Bestrahlungsprotokoll vom Physiker nochmals mittels Computer nachgerechnet. Erst dann wird die weitere Bestrahlung vom verantwortlichen Arzt freigegeben. Die erste Bestrahlung ist für manche Patienten mit „Lampenfieber“ verbunden. Sie werden jedoch sehr schnell merken, dass nichts Schmerzhaftes oder Bedrohliches geschieht, und Sie können dann die weiteren Sitzungen ganz entspannt absolvieren.

Im Verlauf der Bestrahlung werden Sie regelmäßig von einem Arzt betreut. Sie sollten darüber hinaus auch selbst um ein Gespräch bitten, falls Sie Fragen haben oder Beschwerden auftreten.

Nach der letzten Bestrahlung erfolgt üblicherweise eine Abschlussuntersuchung und ein ausführliches Gespräch mit dem Arzt. Auch die weitere Hautpflege und sonstige Verhaltensmaßnahmen werden dabei besprochen. Meist wird ein kurzfristiger Termin zu einer Kontrolluntersuchung vereinbart, da sich Strahlenreaktionen nicht selten in den Tagen nach Behandlungsende noch etwas verstärken können.

## Wie verhält man sich in der Zeit der Bestrahlung

Bei kleineren Bestrahlungsfeldern in unkritischen Körperregionen ist es durchaus möglich, während der Behandlungs-

zeit Ihren üblichen Tätigkeiten oder der gewohnten Arbeit nachzugehen, falls Sie selbst dies wünschen. Ansonsten erhalten Sie für den Zeitraum der Bestrahlung eine Krankschreibung von uns. Auch alle anderen Aktivitäten, die Sie gerne ausführen, sollten Sie beibehalten, da Sie so am leichtesten in Ihren gewohnten Lebensrhythmus zurückfinden. Kurzum: Erlaubt sind alle Tätigkeiten, die Spaß machen, während solche, die eine psychische oder überfordernde körperliche Belastung darstellen, eher vermieden werden sollten.

### Sport und Krebs?

Während man früher Krebspatienten geraten hat sich zu schonen, heißt die Devise heute: Körperliche Aktivität verbessert das Befinden, kann die Heilung fördern und scheint nach neuen Untersuchungen sogar lebensverlängernd zu wirken. Sport sollte also durchaus Teil Ihres Behandlungskonzeptes sein und später Teil Ihres Alltags werden. Ihre Ziele sind insbesondere eine Verbesserung von Ausdauer, Kraft und Beweglichkeit. Je nach Erkrankung kann dies durch eine symptomorientierte Krankengymnastik oder durch Teilnahme an einer regulären Sportgruppe sein. Ein gut ausgestattetes Fitness-Studio mit geschulten Betreuern eignet sich ebenfalls, wenn keine gravierenden Beeinträchtigungen bestehen. Zunehmend entstehen auch Sportgruppen für Krebspatienten.



### Hautpflege

Wenn die Bestrahlungsregion oberflächlich liegt, kann die Haut mit Entzündungen reagieren. Bitte keine eigenen Experimente! Besprechen sie bitte die Hautpflege mit ihrem Radioonkologen. Jeder mechanische Stress (Reiben, Kratzen, enge Kleidung, Gürtel) für die bestrahlte Haut sollte vermieden werden. In der Regel darf mit klarem Wasser gewaschen werden.

### Ernährung

Es gibt keine spezielle Krebsdiät! Bislang konnte durch keine wissenschaftliche Studie belegt werden, dass spezielle Diäten bei Patienten mit bösartigen Erkrankungen das Tumorwachstum nachhaltig beeinflussen können. Auch hinsichtlich der Verträglichkeit einer Strahlenbehandlung gibt es keine allgemeingültigen Diätempfehlungen. Allerdings ist es bei Bestrahlung im Bauchbereich möglich, dass Sie schwere, blähende oder fette Speisen schlecht vertragen. In diesem Falle sollten Sie sich mit leichter Kost ernähren. Wenn die Schleimhaut der Speiseröhre oder der Mundhöhle im Bestrahlungsfeld liegen, werden saure oder scharf gewürzte Speisen oder auch Fruchtsäfte als unangenehm empfunden. Ansonsten gilt auch unter einer Strahlenbehandlung die Regel: Gesundes Essen ist gesund! Günstig ist eine ausgewogene Mischkost, die genügend Eiweiß (ca. 1g/kg Körpergewicht) und Kohlehydrate, nicht zuviel Fett und Zucker sowie ausreichend



Vitamine enthalten sollte. Auf Alkohol müssen Sie in der Regel nicht vollständig verzichten, Sie sollten ihn jedoch nur in Maßen genießen. Mit anderen Worten: Leben Sie auch bezüglich der Ernährung „so normal wie möglich“!

## Wartezimmergespräche

Immer wieder hören wir von Patienten, das Schlimmste an der gesamten Bestrahlung seien die Wartezimmergespräche gewesen. Oftmals kursieren hier „Schauer geschichten“, die sich an Schrecklichkeiten zu überbieten suchen. In dieser Situation besteht die Gefahr, dass „geteilte Angst“ zu „doppelter Angst“ wird.

Auch werden Sie dort die verschiedensten Ratschläge erhalten. Diese beziehen sich oft auf die Ernährung und allgemeine



Lebensführung. Einiges davon mag sinnvoll sein, wir empfehlen Ihnen aber dringend, in solchen Gesprächen nicht die Hauptquelle ihrer Infor-

mationen zu sehen, und im Zweifelsfalle immer das Gespräch mit dem Arzt Ihres Vertrauens zu suchen. Wenn Sie von anderen Patienten oder deren Angehörigen nach Ihrer Erkrankung gefragt werden und keinen Mitteilungsbedarf verspüren, scheuen Sie sich nicht, solche Fragen freundlich, aber bestimmt mit dem Hinweis „abzublöcken“, dass Sie über Ihre Erkrankung nicht gerne sprechen möchten. Sie werden selbst herausfinden, welche Art von Gesprächen und Gesprächspartner zu

Ihrem Wohlbefinden beitragen.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Mit diesen Aussagen soll keinesfalls der Sinn von Gruppengesprächen in Zweifel gezogen werden. Selbsthilfe- oder Patientenorganisationen können sehr hilfreich den Prozess der Krankheitsbewältigung unterstützen (s. nächster Absatz).

## Hilfestellung durch psychosoziale Betreuung

Auch nach erfolgreichem Abschluss der Behandlung bestehen Sorgen und Ängste mitunter weiter. Oft müssen im Zusammenhang mit der Erkrankung Fragen über die persönliche, familiäre sowie berufliche Situation und Zukunft neu überdacht werden. Dabei kann es hilfreich sein, schon während der Behandlung mit der Sozialberatung in der Klinik Kontakt aufzunehmen. In Zusammenarbeit mit Ärzten und Pflegepersonal unterstützen die psychologischen Fachkräfte mit Informationen und begleiten die Patienten dabei, diese spannungsreiche Zeit zu meistern. In einem Beratungsgespräch kann die individuelle Situation durchgesprochen, sozialrechtliche Ansprüche (z.B. Rehabilitation, Schwerbehindertenausweis) und andere praktische Hilfsangebote, wie Adressen von Krebsberatungsstellen, Selbsthilfegruppen etc. vermittelt werden.

Bei manchen Patienten sind auch nach Abschluss der Therapie noch psychische Belastungen vorhanden, die alleine oder im Familien- und Freundeskreis nicht ausreichend zu bewältigen sind. Hier kann

es hilfreich sein, sich einer Selbsthilfegruppe anzuschließen, in der Probleme und Ängste mit gleichermaßen Betroffenen offen besprochen und ausgetauscht werden können. Wichtig ist, dass solche Gruppensitzungen unter psychologischer Leitung stattfinden, die mit der entsprechenden Erfahrung und Sensibilität die Gruppenprozesse soweit steuert, dass nicht zusätzlich Ängste entstehen. In Einzelfällen kann auch eine Psychotherapie sinnvoll sein.

## Nach der Strahlentherapie: Wie geht es weiter?

Die weitere Nachsorge wird „interdisziplinär“, d.h. wechselweise und in Zusammenarbeit mit Ihren behandelnden Ärzten (z.B. Hausarzt, Facharzt, Strahlentherapeut) erfolgen. Die zeitlichen Intervalle werden im ersten Jahr relativ kurz sein und sich mit zunehmendem zeitlichem Abstand von der Therapie verlängern. Falls Beschwerden auftauchen, sollten Sie selbstverständlich auch jederzeit „außer der Reihe“ Ihren Arzt aufsuchen.

**Wichtig:** Mindestens einmal im Jahr sollte die Nachsorge bei jedem bestrahlten Patienten unbedingt vom Radioonkologen durchgeführt werden. Nebenwirkungen nach Bestrahlung können noch Jahre nach Behandlungsende auftreten und werden nicht selten fehlgedeutet. Nur der Strahlentherapeut hat die Ausbildung und Erfahrung, solche Nebenwirkungen rich-

tig zu erkennen und zu behandeln. Leider passiert es auch immer wieder, dass bei bestrahlten Patienten andere Erkrankungen oder ein Tumorrückfall fälschlich als „Strahlenfolgen“ missdeutet werden. Dies ist für den Betroffenen besonders dann von großem Nachteil, wenn durch solche Fehldiagnosen eine wirksame Behandlung verzögert oder verhindert wird.

In die Nachsorge können auch apparative Untersuchungen wie Röntgenaufnahmen, Ultraschall, Computertomografie u.ä. einbezogen werden. Darüber, wie häufig diese durchgeführt werden sollten, wird Sie Ihr onkologisch fachkundiger Arzt beraten.

## Glossar

### CT (Computertomografie)

Röntgenschnittaufnahmen, die in 1-4 mm Abstand den Körper und die inneren Organe im Querschnitt darstellen. Diese Schnittbilder können digital rekonstruiert und zu einem 3-dimensionalen Bild zusammengesetzt werden.

### Dosisverteilung / Isodosen

Prinzipiell besteht das Ziel bei jeder Strahlentherapie darin, eine möglichst hohe Dosis im Tumor (oder Zielvolumen) und eine möglichst niedrige Dosis im gesunden Gewebe zu erzielen. Es wird also ein steiler Dosisabfall angestrebt. Dies kann bereits bei der Bestrahlungsplanung in Form von Isodosen dargestellt werden, dabei umschließt jeweils eine Linie das Volumen, das mit gleicher Dosis bestrahlt wird.

### Hypofraktionierung

Bestrahlung mit Einzeldosen über 2Gy. Bei manchen Tumoren sind erhöhte Einzeldosen wirksamer in der Tumorzellvernichtung, wobei dies allerdings auch für Normalgewebe der Fall ist. Damit kann ein höheres Risiko für Nebenwirkungen bestehen.

### IGRT

Bildgestützte Strahlentherapie, (Image Guided RadioTherapy) Einsatz einer Zusatzausrüstung zur Bildgebung bei Linearbeschleunigern (z.B. ein CT), die in

den Beschleuniger integriert ist. So wird es ermöglicht, unmittelbar vor jeder Behandlung das Zielgebiet bildlich zu erfassen. Weicht die aktuelle Lage des Zielgebiets von der geplanten Position ab, so wird dies durch eine software-gesteuerte Verschiebung der Tischpositionierung automatisch korrigiert.

### IMRT

Intensitätsmodulierte Strahlentherapie- Zahlreiche Bestrahlungssegmente werden aus verschiedensten Richtungen übereinander gelegt, so dass unterschiedliche Regionen in verschiedener Dosisintensität „durchflutet“ werden. Gerade bei Tumoren, die in der Nachbarschaft von Risikoorganen (z.B. Rückenmark) liegen, kann so eine bessere Schonung erzielt werden.

### MLC, Multi-Leaf-Kollimator

Die maximale Größe eines Bestrahlungsfeldes beträgt meist 40x40 cm. Zur Begrenzung des Feldes werden entweder feste Blenden (Kollimatoren) verwendet oder parallel angeordnete, wenige (2,5-10) mm breite Wolframlamellen, die einzeln elektronisch angesteuert das Bestrahlungsfeld für den Patienten individuell formen.

### Radiochirurgie

Hochdosierte einzeitige Strahlentherapie als Variante der stereotaktischen Strahlentherapie.

### **Stereotaktische Strahlentherapie**

Variante der externen Bestrahlung, bei der mit hoher Präzision eine hohe Strahlendosis in einer oder wenigen (meist 3-5) Sitzungen am Zielgebiet deponiert wird. Hierfür sind aufwändige technische Zusatzausrüstungen notwendig. Die Fachgesellschaften haben hier umfängliche Anforderungen an die Qualitätssicherung definiert

### **IMAT ( Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung, Intensity Modulated Arc Therapy)**

Sonderform der IMRT, bei der das Gerät mit variabler Geschwindigkeit um den Patienten rotiert, wobei sich die Lamellen (MLCs) kontinuierlich bewegen und so die Strahlenintensität verändert werden kann. Dadurch verkürzt sich die Bestrahlungszeit auf wenige Minuten, so dass unterschiedliche Regionen in verschiedener Dosisintensität behandelt werden. Gerade bei Tumoren, die in der Nachbarschaft von Risikoorganen (z.B. Rückenmark) liegen, kann so eine bessere Schonung erzielt werden.



## Impressum

©Marie-Luise Sautter-Bihl  
Städtisches Klinikum Karlsruhe  
Michael Bamberg  
Universitätsklinikum Tübingen

### Illustrationen:

Luigi Colani  
Iris Melcher

### Gestaltung:

Tobias Mellert, Karlsruhe

### Druck:

Haase Druck GmbH, Buttstedt  
6. Überarbeitete Auflage 2015

### Bezugsadresse:

Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie e.V.,  
DEGRO Geschäftsstelle  
Robert-Koch Platz 7  
10115 Berlin