



STRAHLEN FÜR DAS LEBEN

C. Matuschek, R. Baumann, R. Fietkau, J. Hörner-Rieber,
M. Krause, D. Krug, P. Linde, J. Neuwahl, M. Oertel, M. Piroth

Im Auftrag der



DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR RADIOONKOLOGIE E.V.

Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie e. V.
8. überarbeitete Auflage 2026

STRAHLEN FÜR DAS LEBEN

C. Matuschek, R. Baumann, R. Fietkau, J. Hörner-Rieber,
M. Krause, D. Krug, P. Linde, J. Neuwahl, M. Oertel, M. Piroth

Im Auftrag der

DEGR  **DEUTSCHE GESELLSCHAFT
FÜR RADIOONKOLOGIE E.V.**

Inhalt

Ihre Strahlentherapie in 4 Schritten	8
Muss ich Angst haben vor der Strahlentherapie?	10
Was ist Krebs?	11
Therapieziele in der Krebsbehandlung	12
Krebs – was kann ich tun?	13
Die drei Standbeine der Krebsbehandlung	14
Operation	15
Medikamentöse Tumorthherapie	15
Chemotherapie	15
Anti-Hormontherapie	16
Zielgerichtete Therapie	16
Immuntherapie	16
Strahlentherapie	17
Bestrahlung vor einer Operation	17
Bestrahlung nach einer Operation	18
Bestrahlung anstelle einer Operation	18
Therapieziele in der Bestrahlung gutartiger Erkrankungen	19
Wie wirkt Strahlentherapie?	20
Dosis und Wirkung	21
Strahlentherapie – Ziele	22
Kurative Strahlentherapie	22
Palliative Strahlentherapie	22
Studien in der Strahlentherapie	23
Welche Arten von Strahlentherapie gibt es?	24
Externe Strahlentherapie	24
Formen der externen Strahlentherapie	25
3-D-konformale Strahlentherapie	25
Intensitätsmodulierte Strahlentherapie	25
Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung	26
Bildgestützte Strahlentherapie	26
Adaptive Strahlentherapie	27
Atemgetriggerte Bestrahlung	27
Stereotaktische Strahlentherapie und Radiochirurgie	28
Für technisch Interessierte: Der Linearbeschleuniger	28
Partikeltherapie: Protonen und Schwerionen	30

Brachytherapie	31
Kombination aus Bestrahlung & anderen Therapieverfahren	32
Radiochemotherapie	32
Simultane Radiochemotherapie	32
Induktionstherapie	33
Neoadjuvante/adjuvante Immuntherapie	33
Hyperthermie	33
Nebenwirkungen der Strahlentherapie	34
Ablauf der Bestrahlung	35
Aufklärungsgespräch	35
Bestrahlungsplanung	36
Terminplanung und Bestrahlung	38
Wie verhält man sich in der Zeit der Bestrahlung?	40
Sport und Krebs?	40
Hautpflege	41
Ernährung	42
Sexualität und Bestrahlung: ein wichtiger Teil Ihrer Lebensqualität	43
Was hilft konkret?	43
Wartezimmergespräche	44
Hilfestellung durch psychosoziale Betreuung	45
Weitere Informationen	46
Nach der Strahlentherapie: Wie geht es weiter?	47
Fragen an Ihren/Ihre Radioonkolog*in	48
Glossar	49
Impressum	51

Liebe Leserin, lieber Leser,

mit dieser Broschüre wenden wir uns an Patient*innen und deren Angehörige, die eine Strahlentherapie erhalten sollen. Die Broschüre soll Ihnen die Grundprinzipien und den Ablauf einer Strahlentherapie verständlich erklären und Ihnen helfen, sich in dieser neuen Situation besser zurechtzufinden.

Die Auseinandersetzung mit einer möglicherweise lebensbedrohlichen Erkrankung und den notwendigen Behandlungen, wie z. B. einer Strahlentherapie, löst bei vielen Menschen Ängste und Sorgen aus. Gut informierte Patient*innen haben jedoch in der Regel weniger Angst und können die Behandlung besser einordnen. Deshalb ist es uns ein wichtiges Anliegen, Ihnen die Strahlentherapie verständlich zu erklären und Ihnen Sicherheit zu geben.

Die Strahlentherapie ist eine hochpräzise und moderne Behandlungsform. Ihr Ziel ist es, Tumorerkrankungen dauerhaft zu heilen oder – wenn dies bei fortgeschrittener Erkrankung nicht mehr möglich ist – Beschwerden wirksam zu lindern und die Lebensqualität zu verbessern. Die Strahlentherapie gehört zu den am besten kontrollierten und technisch am genauesten geplanten Behandlungsverfahren in der Krebsmedizin. Zwar kann man Strahlen nicht sehen, sie lassen sich jedoch mit speziellen Messgeräten exakt kontrollieren. Dadurch kann die Behandlung sehr sorgfältig geplant, berechnet und während der gesamten Therapie überwacht werden. So kann bei bestmöglicher Chance auf Heilung das Risiko von Nebenwirkungen möglichst gering gehalten werden.

Selbstverständlich kann diese Broschüre nicht alle individuellen Fragen beantworten und nicht auf alle Tumorerkrankungen im Detail eingehen. Sie soll Ihnen jedoch helfen, die Grundlagen der Strahlentherapie zu verstehen. Alle weiteren Fragen können und sollen Sie im persönlichen Gespräch mit Ihrer/Ihrem Radioonkolog*in klären.

**C. Matuschek, R. Baumann, R. Fietkau, J. Hörner-Rieber, M. Krause,
D. Krug, P. Linde, J. Neuwahl, M. Oertel, M. Piroth**

für die Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie

IHRE STRAHLENTHERAPIE IN 4 SCHRITTEN

1. Erstgespräch

Der erste Kontakt mit Ihrem/Ihrer Radioonkolog*in erfolgt nach der Diagnose Ihrer Erkrankung oder nach dem Beginn bzw. Abschluss einer ersten Therapie. Im Erstgespräch werden Ihre wesentlichen Befunde und offenen Fragen zur Erkrankung besprochen. Daher benötigt Ihr/Ihre Radioonkolog*in vor dem ersten Gespräch alle relevanten Unterlagen (Arztbriefe, Operationsberichte, Pathologieberichte, radiologische Aufnahmen).

Im etwa 30-60-minütigem Erstgespräch werden Ihnen anhand eines Aufklärungsbogens die Behandlungsziele, der Ablauf Ihrer Strahlentherapie, die Anzahl der benötigten Bestrahlungen/ die Therapiedauer sowie mögliche Nebenwirkungen erläutert. Mit Ihrer Einwilligung dient der Aufklärungsbogen als Dokumentation des Gesprächs. Lassen Sie sich am Ende des Gespräches eine Kopie der Aufklärung mitgeben. Sie werden in dem Erstgespräch viele Informationen erhalten, die auf einmal möglicherweise etwas viel sein könnten. Machen Sie sich gerne Notizen oder bringen Sie einen Angehörigen/ eine Angehörige mit. Am Ende der Broschüre finden Sie außerdem einen Fragenkatalog, der Ihnen für das Erstgespräch eine Hilfe sein kann.

2. Bestrahlungsplanung

Nach dem Erstgespräch erhalten Sie üblicherweise einen Termin für eine speziell für die Strahlentherapie ausgerichtete Bestrahlungs-Planungs-Computertomografie des zu bestrahlenden Körperabschnittes. Dies ist nicht mit einem Ihrer vorherigen diagnostischen CTs vergleichbar. Es muss immer mit einer speziellen Lagerung vor einer geplanten Strahlentherapie erfolgen. Zur besseren Reproduzierbarkeit dieser Lagerung oft Hautmarkierungen, üblicherweise mit einem wasserfesten Stift, vorgenommen. So wird sichergestellt, dass Sie sich bei den Bestrahlungen immer in der richtigen Position befinden und sicher bestrahlt werden können.

Wichtig: Die Markierungen müssen in der Regel für den gesamten Zeitraum der Therapie erhalten bleiben – ansonsten könnte sich der Therapiezeitraum durch eine erneute Bestrahlungsplanung verlängern.

Auf der Grundlage des Bestrahlungsplanungs-CTs – und bei bestimmten Tumoren auch auf Grundlage eines Planungs-MRTs – legen Radioonkolog*innen das zu bestrahlende Areal fest; anschließend berechnen Medizinyphysiker*innen Ihren individuellen Bestrahlungsplan.

3. Tägliche Bestrahlung

Üblicherweise werden Sie einmal täglich, fünfmal pro Woche bestrahlt (die Wochenenden sind frei). Die Dauer der Bestrahlung sind bei verschiedenen Erkrankungen unterschiedlich. Den genauen Zeitplan wird der/die Radioonkolog*in vor Behandlungsbeginn mit Ihnen besprechen. Die erste Bestrahlung dauert meist etwas länger als die folgenden, da ein/eine Radioonkolog*in und ein/eine Medizinyphysiker*in vor Beginn nochmals alle Einzelheiten überprüfen. Erst, wenn alles in Ordnung ist, wird die Bestrahlung vom verantwortlichen Arzt/von der verantwortlichen Ärztin freigegeben. Sie werden schnell merken, dass bei einer Bestrahlung nichts Schmerzhaftes oder Bedrohliches geschieht und Sie können die weiteren Behandlungen ganz entspannt absolvieren. Im Verlauf der weiteren Bestrahlungen werden Sie von einem Arzt/einer Ärztin betreut und regelmäßig zu Zwischengesprächen (sog. Visiten) einbestellt.

*Haben Sie darüber hinaus Fragen, oder treten Beschwerden auf, sprechen Sie jederzeit Ihren/Ihre Radioonkolog*in an!*

4. Nachsorge

Nach der letzten Bestrahlung erfolgt eine Abschlussuntersuchung durch Ihren/Ihre Radioonkolog*in. Hier werden auch die weitere Hautpflege und allgemeine Verhaltensmaßnahmen sowie ggf. erforderliche Kontrolluntersuchungen besprochen. Die weitere Nachsorge erfolgt in enger Abstimmung mit allen Ihren behandelnden Ärzt*innen. Bei Beschwerden oder neu auftretenden Symptomen sollten Sie sich unbedingt auch unabhängig von der regulären Nachsorge bei Ihrem behandelnden Arzt/ Ihrer behandelnde Ärztin vorstellen.

Muss ich Angst haben vor der Strahlentherapie?

Uns ist bewusst, dass die Erkrankung selbst und die möglicherweise auf Sie zukommenden Therapien Ängste und Sorgen auslösen können. Diese Ängste können unterschiedlich ausgeprägt und/oder belastend sein. Unser Anliegen als Ihre behandelnden Ärzt*innen ist es, diese Ängste zu reduzieren durch umfassende Informationen zu Ihrer Erkrankungssituation und der vorgesehenen Strahlentherapie.

Die Bestrahlung als solche tut nicht weh, es wird auch nichts warm, sie merken nichts. Auch sind Sie nach der Bestrahlung nicht radioaktiv und geben auch keine Strahlung ab. Gründe, die heute noch zu Ängsten vor der Strahlentherapie führen, stammen aus älteren Überlieferungen von früheren Erfahrungen mit der Strahlentherapie. Die Strahlentherapie ist eine moderne und in der Regel gut verträgliche Behandlungsform. Viele Patient*innen können während der laufenden Therapie ihren Alltag weitgehend normal gestalten, aktiv bleiben und auch leichte sportliche Aktivitäten ausüben. Natürlich kann es, insbesondere je nach zu bestrahlender Region, auch unangenehmere Nebenwirkungen geben, die dann aber meist vorübergehend sind. Ihr/Ihre Radioonkolog*in wird mit Ihnen ausführlich über Ihre geplante Therapie, die erwartete Wirksamkeit und auch mögliche Nebenwirkungen und deren Behandlung sprechen.

Eine wichtige Botschaft möchten wir Ihnen mitgeben:
Mit Ihrer Erkrankung und während der gesamten Behandlung sind Sie nicht allein. Wir begleiten Sie durch die Therapie und stehen Ihnen jederzeit für Fragen zur Verfügung.

WAS IST KREBS?

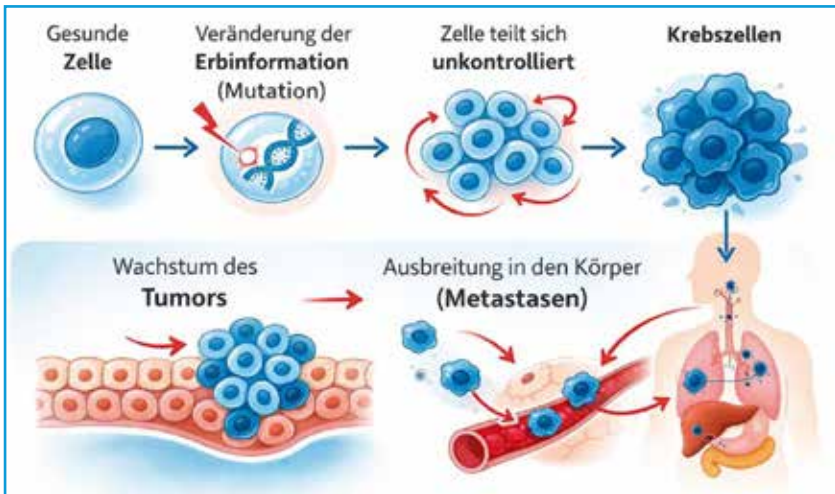
Das Wort „Krebs“ ist ein ebenso vieldeutiger Begriff wie das Wort „bösartig“. Gemeint ist eine Vielzahl unterschiedlicher Erkrankungen, die allerdings eines gemeinsam haben: Unbehandelt schreiten sie voran und führen meist irgendwann zum Tode. Das Wort „Krebs“ ist jedoch nur ein Oberbegriff, da sich die Heilungschancen und auch die Behandlung verschiedener Krebserkrankungen oft erheblich voneinander unterscheiden. Das lateinische Wort „Tumor“ bedeutet „Schwellung“ und ist ebenfalls ein unspezifischer Begriff.

Einige statistische Angaben:

- Statistisch betrachtet muss jede zweite Person damit rechnen, im Laufe ihres Lebens an Krebs zu erkranken.
- 50–60 % aller Krebspatient*innen werden im Laufe ihrer Krebsbehandlung bestrahlt.
- Bei ca. 50 % aller dauerhaften Tumorheilungen ist die Strahlentherapie entweder als einer von mehreren Therapiebausteinen oder sogar als alleinige

Wurde die Krebserkrankung durch eine Gewebeprobe (Biopsie) gesichert, wird durch eine Ausbreitungsdiagnostik (z. B. Computertomographie (CT), Magnetresonanztomographie (MRT), Knochenszintigraphie, Positronenemissionstomographie (PET)) die Ausdehnung der Krebserkrankung bestimmt. Heutzutage wird die Entscheidung über die zu empfehlende Therapie oftmals in interdisziplinären Konferenzen (Tumorboards) getroffen, an denen alle Fachabteilungen, die an der Diagnose und der Therapie der jeweiligen Krebserkrankung beteiligt sind, teilnehmen.

Der sogenannte Ursprungstumor (auch Primärtumor genannt) entwickelt sich durch verschiedene Umwelteinflüsse oder auch genetische Faktoren, oftmals jedoch durch noch völlig unbekannte Ursachen, in einem oft viele Jahre dauernden Prozess der Entartung aus ursprünglich gesunden Zellen des Körpers. Krebserkrankungen können sich einerseits durch ein Wachstum des Primärtumors, andererseits über Lymph- und Blutgefäße ausbreiten. Absiedlungen von Tumorzellen in Lymphknoten oder in Organen außerhalb des ursprünglichen Organs, von welchem die Krebserkrankung ausgeht, bezeichnet man als Metastasen („Tochtergeschwülste“).



THERAPIEZIELE IN DER KREBSBEHANDLUNG

Viele Krebserkrankungen sind heute heilbar. Das bedeutet, dass die Lebenserwartung durch die Krebserkrankung nicht beeinträchtigt wird. Eine Behandlung mit dem Ziel einer **langfristigen Heilung** bezeichnet man als **kurative Therapie** (lat. curare = pflegen, sich sorgen um).

Manche Erkrankungen sind aber selbst mit modernen medizinischen Methoden aufgrund ihrer Aggressivität nicht heilbar oder werden erst in einem weit fortgeschrittenen Stadium diagnostiziert. Wenn eine Heilung nicht mehr realistisch erreichbar ist, bezeichnet man die Behandlung als **palliative Therapie** (lat. palliare = mit einem Mantel bedecken). Hier steht die **Verbesserung der Lebensqualität** durch eine Linderung der durch die Krebserkrankung verursachten Beschwerden im Mittelpunkt. Auch durch palliative Therapien kann häufig die Lebenszeit verlängert werden.

KREBS – WAS KANN ICH TUN?

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!

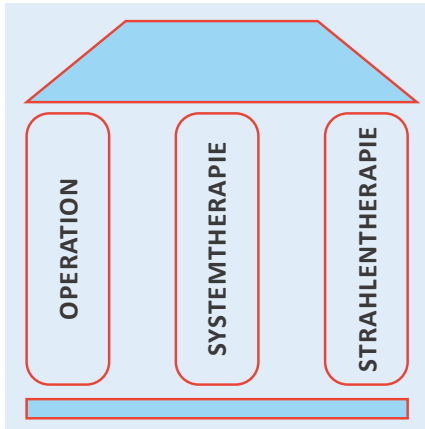
Die Diagnose einer Krebserkrankung ist für viele Menschen ein einschneidendes Ereignis und stellt häufig eine große existentielle Herausforderung dar. Krebserkrankungen sind in der Bevölkerung oftmals mit weitaus mehr Ängsten verbunden als beispielsweise Herz-Kreislauf-Erkrankungen – obwohl viele Krebserkrankungen heute eine wesentlich bessere Heilungschance haben als beispielsweise eine fortgeschrittene Herzmuskelschwäche.

Die genauen Ursachen der meisten Tumorerkrankungen sind bis heute nicht vollständig bekannt. Sicher ist jedoch, dass ihre Entstehung sehr komplex ist. Viele Betroffene fragen sich, ob man die Erkrankung durch Vermeidung bestimmter Verhaltensweisen hätte verhindern können. Teils wird die Tumorerkrankung als unverdienter Schicksalsschlag empfunden. Diese Betrachtungsweisen sind menschlich, bringen aber oft ein Gefühl von Hilflosigkeit mit sich. **Wichtig ist es, die Gegenwart zu nutzen und den Blick nach vorne zu wenden, um die Zukunft aktiv zu gestalten.** Angehörige stellen sich oft ähnliche Fragen wie die Patienten selbst. Vielen fällt es schwer, über die Erkrankung zu sprechen. Oft kann eine offene Kommunikation aber hilfreich zur Bewältigung von Ängsten und Sorgen sein.

Sich mit einer Tumorerkrankung auseinanderzusetzen, kann auch eine Chance sein, das eigene Leben und die Lebensführung zu hinterfragen und gesünder zu leben. Wissenschaftliche Ergebnisse deuten darauf hin, dass gesunde Ernährung und körperliche Bewegung Krebserkrankungen nicht nur vorbeugen, sondern auch den Heilungsprozess unterstützen können. **Viele Tumorerkrankungen sind heute heilbar, und es kann für den Gesundungsprozess vorteilhaft 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 Ärzt*innen auch Psychoonkolog*innen, Ernährungsberater*innen, Sportwissenschaftler*innen und Sozialarbeiter*innen zu Verfügung, um Sie bei Ihrer individuellen Bewältigung der Erkrankung und den damit verbundenen Problemen zu unterstützen.

DIE DREI STANDBEINE DER KREBSBEHANDLUNG



Die drei Standbeine der Krebsbehandlung sind die **Operation**, die **medikamentöse Tumorthherapie (Systemtherapie)** und die **Strahlentherapie**. Grundsätzlich kann man diese Therapieformen anhand ihrer Wirkweise unterscheiden.

Operation und Strahlentherapie sind „lokale“ Behandlungsformen, die nur am Ort ihrer Anwendung wirksam werden. Die medikamentöse Tumorthherapie ist eine „systemische“ Therapie, die im ganzen Körper wirkt. In der Krebsbehandlung werden diese Therapieformen oft miteinander kombiniert. **Während manche Krebserkrankungen mit einer einzigen Behandlungsform geheilt werden können, ist oft eine Kombination der Verfahren wirksamer und verbessert die Heilungschancen.**

Häufig arbeiten Experten der verschiedenen Fachrichtungen, wie aus der Chirurgie, Onkologie, Strahlentherapie und Radiologie, in zertifizierten Onkologischen Zentren zusammen. In einem Onkologischen Zentrum ist man auf einzelne oder mehrere Krebsarten spezialisiert. Es finden meist wöchentlich Tumorkonferenzen statt. Dort kommen die beteiligten Expert*innen der verschiedenen Fachabteilungen zusammen und diskutieren die bestmögliche Behandlungsstrategie für jeden/jede Patient*in. **Ein zertifiziertes Onkologisches Zentrum unterliegen strengen Qualitätsvorgaben und Kontrollen durch beispielsweise die Deutsche Krebsgesellschaft, sodass eine Behandlung nach aktuellen wissenschaftlichen und klinischen Standards sichergestellt wird.** Im Folgenden werden die verschiedenen Therapieformen Operation, medikamentöse Therapie und Strahlentherapie kurz vorgestellt.

Bei vielen Krebserkrankungen ist die Operation die erste (manchmal auch die einzige) Maßnahme. Wenn möglich, wird der sichtbare Primärtumor zusammen mit einem umgebenden Saum von gesundem Gewebe entfernt, um auch mikroskopische Tumorausläufer mit zu entfernen, die mit dem menschlichen Auge nicht zu erkennen sind. Sind benachbarte Lymphknoten auffällig vergrößert, werden sie in der Regel ebenfalls entfernt. Je nach Art der Erkrankung kann es zudem notwendig sein, auch unauffällige Lymphknoten in der Umgebung des Tumors zu entnehmen, um zu prüfen, ob bereits Tumorzellen vorhanden sind.

Medikamentöse Tumorthherapie

Bei der medikamentösen Tumorthherapie werden Substanzen eingesetzt, die im ganzen Körper wirken und das Ziel haben, das Wachstum von Tumorzellen zu verhindern. Dabei wird unterschieden zwischen einer Chemotherapie, anti-hormonelle Therapie, Immuntherapie und zielgerichteten Medikamenten. Die Applikation der medikamentösen Tumorthherapie erfolgt meistens über die Vene (intravenös) oder als Tablette (oral). Die Wirksamkeit einer medikamentösen Tumorthherapie kann sehr unterschiedlich sein. Sie hängt unter anderem von der Art des Tumors und der individuellen Tumorsituation ab. Durch feingewebliche Untersuchungen, beispielsweise die Bestimmung bestimmter Rezeptoren, lässt sich jedoch häufig besser abschätzen, wie gut ein Medikament wirken kann. Strahlentherapie und medikamentöse Tumorthherapie ergänzen sich sehr gut (siehe Kapitel Radiochemotherapie). Dies wird der/die Radioonkolog*in sehr genau mit Ihnen besprechen und erläutern.

Chemotherapie

Die sogenannten Chemotherapeutika (Zytostatika) verhindern durch Eingriffe in die Funktion der Zellen die Zellteilung, töten Zellen ab oder behindern das Tumorstadium. Die Chemotherapie wirkt daher besonders gut auf schnell wachsende Tumore; allerdings auch auf gesundes Gewebe, das eine hohe Zellteilungsrate aufweist. Nebenwirkungen sind daher z.B. ein Abfall der blutbildenden Zellen, Haarausfall und/oder Beschwerden im Magen-Darmbereich. Ein typisches Medikament ist Cisplatin, das in der Strahlentherapie häufig eingesetzt wird.

Anti-Hormontherapie

Bestimmte Tumorarten (insbesondere Brustkrebs oder das Prostatakarzinom) können durch körpereigene Hormone im Wachstum gefördert werden. Durch Medikamente gegen diese Hormone kann das Wachstum dieser Tumoren reduziert werden. Typische Nebenwirkungen sind daher Störungen der Sexualfunktion (z. B. Erektionsstörungen) oder Wechseljahresbeschwerden. Ein typisches Medikament ist z.B. Tamoxifen.

Zielgerichtete Therapie

Manche Tumoren haben spezifische Oberflächenveränderungen, Veränderungen in ihrer Erbsubstanz oder dem zellulären Stoffwechsel. Durch Antikörper oder spezifische Medikamente (sogenannte Small Molecules) kann ganz gezielt das Wachstum dieser Tumoren eingeschränkt werden. Häufig sind feingewebliche Untersuchungen erforderlich, um die Wirksamkeit dieser Substanzen einzuschätzen bzw. die Indikation zur Behandlung zu stellen. Ein typisches Medikament das auch in der Strahlentherapie eingesetzt wird, ist Cetuximab beispielsweise bei Kopf-Hals-Tumoren oder Osimertinib beim Bronchialkarzinom.

Immuntherapie

Normalerweise werden Tumorzellen durch unser Immunsystem gut erkannt und abgetötet. Allerdings blockieren manche Tumoren diese Abwehrmechanismen, sodass sie nicht mehr durch das Immunsystem angegriffen werden können. Durch Antikörper (sogenannte Checkpoint Inhibitoren), die entweder auf die Immunzellen oder auf die Tumorzellen wirken, können diese Abwehrmechanismen ausgeschaltet werden. Damit kann das körpereigene Immunsystem wieder effektiv die Tumorzellen angreifen. Bekannte Medikamente sind Pembrolizumab, Nivolumab oder beispielsweise Durvalumab. Die Nebenwirkungen der Immuntherapie sind sehr vielfältig, und können auch langfristig nach einer Immuntherapie auftreten. Daher muss der/die behandelnde Radioonkolog*in wissen, ob bei Ihnen diese Therapie durchgeführt wurde oder gleichzeitig zur Strahlentherapie erfolgen soll.

Eine neue Art der Immun-Therapie ist die Entnahme und Veränderung von körpereigenen Zellen im Labor (CART – T – Zell Therapie), sodass sie nach der Rückgabe in den Körper Tumorzellen besser erkennen und angreifen können.

Die Impfung gegen Tumorzellen wird in Studien untersucht, wird aber derzeit nicht routinemäßig eingesetzt.

Strahlentherapie

Durch die heute eingesetzten hochmodernen Bestrahlungsgeräte (sog. Linearbeschleuniger) können auch in der Tiefe des Körpers gelegene Tumoren extrem präzise bestrahlt und das gesunde umliegende Normalgewebe und auch die Hautoberfläche weitgehend geschont werden. Unabdingbar ist hierfür die dreidimensionale, computergestützte (3D-CT-gestützte) Bestrahlungsplanung, die mit Hilfe bildgebender Verfahren wie der Computertomografie (CT), der Magnetresonanztomografie (MRT) und der Positronen-Emissionstomografie (PET) eine exakte Darstellung von Tumor und Organsystemen ermöglicht. Mit hoher Zielgenauigkeit kann so der Tumor vor der Bestrahlung erfasst und das gesunde Gewebe geschont werden. Dadurch wurde die Wirksamkeit der Strahlentherapie entscheidend verbessert und ihre Nebenwirkungen gleichzeitig reduziert.

Wie bereits zuvor diskutiert, ist die Strahlentherapie im Gegensatz zu der oben beschriebenen „systemischen“ (medikamentösen) Therapie eine lokale Therapie, d. h. sie entfaltet ihre Wirkung im Bereich des Bestrahlungsfeldes. Dies gilt sowohl für die (erwünschte) tumorzerstörende Wirkung als auch für die (unerwünschten) Nebenwirkungen.

Daten aus Laborexperimenten und ersten klinischen Studien legen nahe, dass die Strahlentherapie unter bestimmten Umständen auch systemische, immunvermittelte Effekte erzielen könnte, sodass viele Studien aktuell eine Kombination von Strahlen- und Immuntherapie untersuchen (sogenannte abskopale Effekte).

Bestrahlung vor einer Operation

präoperativ/ neoadjuvant

Eine Gabe von Strahlen- und/oder medikamentöser Tumorthherapie vor einer geplanten Operation bezeichnet man als neoadjuvante Therapie. Häufig dient diese Therapie dazu, den Tumor vor der Operation zu verkleinern, eine Operation zu erleichtern oder diese bei fortgeschrittenen Tumoren überhaupt erst möglich zu machen. Weiterhin kann eine Vorbehandlung die Gefahr einer Tumorzellausaat bei der Operation senken und so das Rückfallrisiko reduzieren. Eine neoadjuvante Strahlentherapie – häufig in Kombination mit einer Chemotherapie – wird beispielsweise bei Enddarm- oder Speiseröhren-Krebs standardmäßig angewendet und kann die Heilungschancen verbessern.

Bestrahlung nach einer Operation

postoperativ/ adjuvant

Wird eine Strahlen- und/oder medikamentöse Tumorthherapie nach einer Operation verabreicht, spricht man von einer adjuvanten Therapie. Diese Nachbehandlung dient dazu, das Rückfallrisiko durch eventuell im Körper verbliebene Tumorzellen zu senken. So ist die Nachbestrahlung der operierten Brust nach brusterhaltender Operation ein fester Bestandteil der Behandlung von Brustkrebs, unabhängig vom Tumorstadium. Bei anderen Tumoren erfolgt eine Nachbestrahlung nur bei bestimmten Risikofaktoren, z. B. wenn diese eine bestimmte Größe überschritten hatten oder die Entfernung des Tumors nur mit knappen oder keinem Sicherheitsabstand zum Schnitttrand erfolgen konnte.

Bestrahlung anstelle einer Operation

primär definitiv

Einige bösartige Erkrankungen können durch eine alleinige Strahlentherapie geheilt werden. Für diese Tumorarten stellt sie daher die empfohlene Standardbehandlung dar. **Für andere Tumoren kann die Bestrahlung eine gleichwertige Therapiealternative zur Operation darstellen.** Dazu zählt zum Beispiel Prostatakrebs in frühen bis mittleren Stadien. Hier sind die Heilungsraten nach Operation oder nach Bestrahlung vergleichbar. Nach einer Radikaloperation kann es zu deutlicheren Beeinträchtigungen der Potenz kommen; zudem besteht in einigen Fällen das Risiko einer dauerhaften Harninkontinenz. Durch eine Strahlentherapie kann die Potenz hingegen – ohne Einbuße der Heilungschancen – oft über längere Zeit erhalten werden und auch eine Harninkontinenz tritt erheblich seltener als nach Operation auf. Auf der anderen Seite kann die Strahlentherapie entzündliche oder narbige Nebenwirkungen an Enddarm oder Blase verursachen.

In anderen Fällen wäre zwar eine Operation die Therapie der ersten Wahl, jedoch ist diese nicht immer möglich und sinnvoll. Ein Grund gegen eine Operation können Begleiterkrankungen sein, die einen großen Eingriff mit Narkose zu risikoreich erscheinen lassen. Ein weiterer Grund kann die Größe oder die Lage des Tumors sein, die eine chirurgische Entfernung des Tumors manchmal unmöglich machen. Ein Beispiel hierfür wären Lungenkrebserkrankungen im Frühstadium. Ist hier durch Begleiterkrankungen eine Operation in Vollnarkose nicht möglich, so kann der Tumor durch eine Hochpräzisionsbestrahlung (sog. Stereotaktische Bestrahlung) mit hoher Wahrscheinlichkeit erfolgreich behandelt werden. Die persönlichen Wünsche der Patient*innen werden bei der Wahl der Behandlung selbstverständlich berücksichtigt. Entscheidet sich jemand gegen eine Operation und für eine Strahlentherapie, kann – je nach Erkrankung – auch mit einer alleinigen Strahlentherapie oder einer kombinierten Radiochemotherapie eine Heilung erzielt werden.

Bei vielen Tumoren kann durch die Bestrahlung eine mit Organverlust verbundene Operation vermieden werden. Ein Beispiel hierfür ist 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 vielen Fällen eine Tumorheilung möglich, ohne dass die Stimmfunktion verloren geht.

THERAPIEZIELE IN DER BESTRAHLUNG GUTARTIGER ERKRANKUNGEN

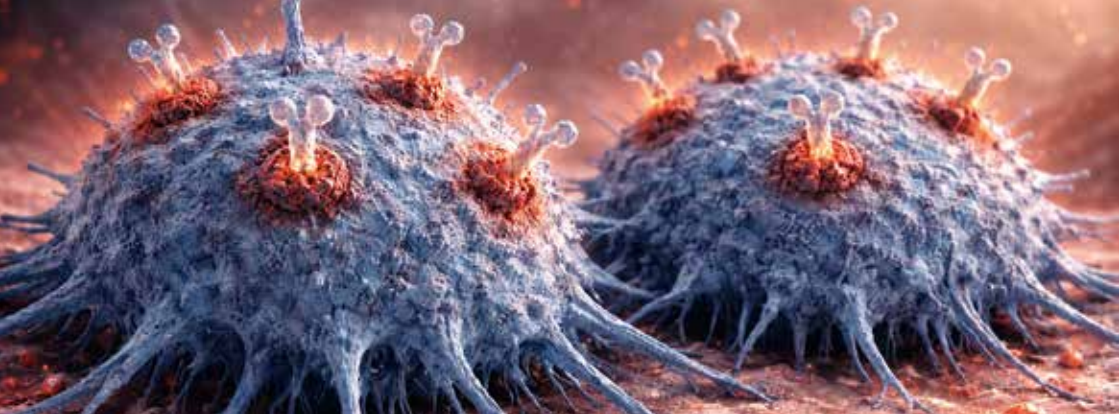
Neben der Behandlung von Krebserkrankungen kann die Strahlentherapie auch bei bestimmten gutartigen Erkrankungen eingesetzt werden. **Ziel der Bestrahlung ist hierbei nicht die Zerstörung eines Tumors, sondern die Beeinflussung krankhaft veränderter Entzündungs- oder Wachstumsprozesse im Gewebe.**

Bei entzündlichen oder degenerativen Erkrankungen – beispielsweise an Gelenken, Sehnenansätzen oder Schleimbeuteln – kann eine niedrig dosierte Strahlentherapie entzündungshemmend wirken und Schmerzen deutlich lindern. Dadurch können Beweglichkeit und Lebensqualität verbessert werden.

Bei anderen gutartigen Erkrankungen, etwa überschießenden Narbenbildungen, Morbus Dupuytren oder bestimmten Gefäßveränderungen, soll die Bestrahlung das krankhafte Zellwachstum bremsen und ein Fortschreiten der Erkrankung verhindern.

Die dabei verwendeten Strahlendosen sind deutlich niedriger als bei der Behandlung von Krebserkrankungen. Die Therapie erfolgt meist in wenigen Sitzungen und ist in der Regel gut verträglich.

*Die Entscheidung für eine Strahlentherapie bei gutartigen Erkrankungen erfolgt immer individuell und wird sorgfältig gegen mögliche Risiken abgewogen. Ihr/Ihre Radioonkolog*in wird Sie hierzu gerne ausführlich beraten.*



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) meistens 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. Daher wirkt die Strahlung vor allem auch auf wachsende, sich teilende Zellen wie etwa im Tumorgebe. 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 meistens auf den Tumor weit mehr Einfluss nimmt als auf die umgebenden gesunden Organe.** Diesen Unterschied im Reparaturvermögen macht man sich in der Strahlentherapie 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 Dosisseinheit 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, 5 × pro Woche. Diese hat sich als besonders verträglich erwiesen, vor allem auch im Hinblick auf mögliche Spätfolgen.

In den letzten Jahren haben große Studien allerdings gezeigt, dass bei einigen Tumorerkrankungen, wie etwa bei Brustkrebs, durch eine **Bestrahlung mit höheren Einzeldosen (Hypofraktionierung)** eine mindestens ebenso gute Tumorstückung bei tendenziell besserer Schonung der umgebenden Organe und gleichzeitiger Verkürzung der Behandlungszeit erreicht werden kann. Ähnliche Daten liegen für bestimmte Stadien des Prostatakrebses vor.

Weiterhin wird die noch stärkere Hypofraktionierung (Einzeldosen bis 5–20 Gy) hauptsächlich bei der stereotaktischen Bestrahlung (siehe Kapitel Welche Arten von Strahlentherapie gibt es?) zur präzisen, radiochirurgischen Behandlung von einzelnen, kleinen Tumoren oder Metastasen eingesetzt.

Bei anderen Erkrankungen wie beispielsweise einer Form des Lungenkrebses (kleinzelliges Bronchialkarzinom) kann man die Erfolge verbessern, indem **mehrfach am Tage** (meist 2 ×) mit geringer Dosis bestrahlt wird – in diesem Fall spricht man von **Hyperfraktionierung**; oder indem die Behandlungszeit verkürzt wird, indem pro Woche eine höhere Dosis appliziert wird, z. B. durch mehr als 5 Fraktionen pro Woche – dies bezeichnet man als Akzelerierung.

Die unterschiedlichen Fraktionierungskonzepte können bzgl. ihrer biologischen Wirksamkeit am Tumorgewebe wie auch am gesunden Gewebe im Sinne einer Vergleichbarkeit mit der Standardfraktionierung durch spezielle Formalismen, die auch die unterschiedliche Strahlenempfindlichkeit der Gewebe berücksichtigen, berechnet werden (durch das sogenannte „Linear-quadratische Modell“).

STRAHLENTHERAPIE – ZIELE

Grundsätzlich unterscheidet man auch bei der Strahlentherapie die kurative von der palliativen, symptomlindernden Bestrahlung, wobei heutzutage die Übergänge zwischen diesen beiden Formen fließend sind.

Kurative Strahlentherapie

Wenn das primäre **Ziel der Bestrahlung die Heilung** ist, spricht man von einer kurativen Strahlentherapie. Sie kann sowohl bei einem sichtbaren Tumor zum Einsatz kommen, als auch zum Beispiel nach einer Operation, wenn man zwar keinen Tumor mehr sieht, aber annimmt, dass z. B. im Operationsgebiet noch vereinzelte Tumorzellen zurückgeblieben sind. Diese sollen dann durch die Bestrahlung zerstört werden. Man spricht hier von adjuvanter oder postoperativer Strahlentherapie.

Einige Beispiele für die Heilung von sichtbaren Tumoren durch eine alleinige Strahlentherapie sind Lymphdrüsenkrebs, Stimmbandkrebs und Prostatakrebs. Beispiele für die postoperative Bestrahlung: Nachbestrahlung nach brusterhaltender Operation bei Brustkrebs sowie bei Tumoren des Hals-, Nasen- und Ohrenbereichs.

Weiterhin ist beim Auftreten von einzelnen kleinen Metastasen (Oligometastasierung) oder dem Wachstum einzelner Metastasen (Oligoprogression) ebenfalls eine lokale Bestrahlung dieser einzelnen Tumoren möglich.

Palliative Strahlentherapie

Ist eine Heilung der Tumorerkrankung nicht das primäre Behandlungsziel, so kann durch eine Strahlentherapie eine Linderung tumorbedingter Symptome und Beschwerden sowie manchmal auch eine Lebensverlängerung erreicht werden.

Vor allem Schmerzen sprechen häufig besonders gut auf eine Bestrahlung an. Beispielsweise kann 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 tumorbedingte Knochenbrüche können verhindert werden. Auch Atemnot, Schluckbeschwerden, Lähmungen, Lymphstau oder Blutungen können häufig günstig durch Bestrahlung beeinflusst werden. Damit ist die symptom-orientierte Strahlentherapie bei vielen Tumorpatienten eine sehr effektive Maßnahme zur Verbesserung der Lebensqualität.



Studien in der Strahlentherapie

Die Strahlentherapie ist eine sich kontinuierlich weiterentwickelnde Disziplin. In klinische Studien können wichtige Erkenntnisse gewonnen werden, um die Bestrahlung noch präziser, wirksamer und verträglicher zu gestalten. Hierbei kann es um neue Techniken, unterschiedliche Dosierungs- oder Fraktionierungskonzepte, aber auch um die Kombination von Strahlen-, Operation und medikamentöser Therapie gehen. Patient*innen können durch die Teilnahme an einer klinischen Studie von einem noch individuellerem Therapiekonzept, einer intensivierten Betreuung und einer dezidierten, intensive Nachsorge profitieren. Neben dem individuellen Nutzen kann die Teilnahme an klinischen Studien auch die Behandlung zukünftiger Patient*innen verbessern – auch die heutigen Therapiekonzepte und Fortschritte beruhen auf den Ergebnissen klinische Studien und der Bereitschaft vieler Patient*innen an solchen Studien teilzunehmen.

Ihr behandelnder Radioonkologe bzw. Ihre behandelnde Radioonkologin wird Sie bzgl. einer möglichen Studienteilnahme im Aufklärungsgespräch informieren.

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)

Die externe Strahlentherapie ist die häufigste Form der Strahlentherapie. In der Regel kommen Linearbeschleuniger zum Einsatz, die Photonen (hochenergetische Röntgenstrahlen) und auch Elektronenstrahlung erzeugen können.

Die am häufigsten eingesetzte Photonenstrahlung wird verwendet, um tiefer im Körper gelegene Regionen zu erreichen. Die Elektronenstrahlung hat eine geringere Eindringtiefe und wird bei oberflächlich gelegenen Zielregionen, wie z.B. Hauttumoren verwendet. In das Körperinnere, zur Tumor- bzw. Zielregion gelangen die Strahlen über im Rahmen der Bestrahlungsplanung in Größe und Form individuell und präzise berechnete Strahleneintrittsfelder (Details siehe unten).

*Bei den Bestrahlungsgeräten ist ein reibungsloses Zusammenspiel von Hardware, Software und komplexer elektronischer Steuerung erforderlich. Deshalb werden tägliche Überprüfungen und Messungen durch Mediziner*innen vor Inbetriebnahme durchgeführt.*

Vor jeder einzelnen Bestrahlung erfolgt durch die Software des Beschleunigers ein interner „Sicherheitscheck“: So gibt das Gerät die Bestrahlung nur dann frei, wenn sämtliche Einstellungen genau mit den geplanten und im Computer gespeicherten Daten übereinstimmen. Bereits bei kleinsten Abweichungen „verweigert“ das Gerät die Bestrahlung. Jeder Bestrahlungsplan unterläuft vor der Behandlung einen aufwändigen Qualitätssicherungsprozess

Zusätzlich wird jede Bestrahlung durch medizinische Technolog*innen (früher: „medizinisch-technische Radiologieassistent*innen (MTRAs)“) unter ärztlicher Verantwortung kontrolliert. Es handelt sich um Expert*innen mit jahrelanger Erfahrung. Somit ist es mit den modernen Geräten nahezu ausgeschlossen, „versehentlich falsch“ zu bestrahlen. Jede einzelne Bestrahlung wird dokumentiert, so dass sich auch Jahre später alle Details genau nachvollziehen lassen.

Formen der externen Strahlentherapie

Rasante technische Fortschritte haben es in den letzten Jahren ermöglicht, die Strahlentherapie einerseits schonender, andererseits aber auch effektiver werden zu lassen, sodass man heute höhere Bestrahlungsdosen ohne erhöhte Nebenwirkungen verabreichen kann. Der/die Sie behandelnde Radioonkolog*in wird zusammen mit Ihnen die für Sie und Ihre Erkrankung optimale Form der Strahlentherapie auswählen.

3-D-konformale Strahlentherapie

Der Begriff „dreidimensional-(3D) geplante konformale Radiotherapie“ ist ein Überbegriff für die eingesetzten verschiedenen hochpräzisen Formen der Radiotherapie, die immer computergestützt 3D-geplant erfolgt. Folgende Formen der 3D-CT-gestützten Bestrahlungsplanung, die individuell je nach Erkrankungssituation und Therapieziel eingesetzt werden, sind die

- *Intensitätsmodulierte Radiotherapie (IMRT),*
- *Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung (oder Rotations-IMRT),*
- *stereotaktischen Radiotherapie.*

Intensitätsmodulierte Strahlentherapie

IMRT = intensity modulated radiotherapy

Die IMRT stellt eine Weiterentwicklung der 3-D-konformen Bestrahlung dar, die zu einer enormen Steigerung der Wirksamkeit bei gleichzeitiger Reduzierung von Nebenwirkungen geführt hat. Mithilfe von schmalen Metallblenden (sog. Multi-leaf-Kollimatoren, MLCs) im Beschleunigerkopf kann jedes Bestrahlungsfeld aus vielen kleineren Feldern (Segmenten) zusammengesetzt werden. Dazu werden die Metallblenden computergesteuert exakt in die gewünschte Position gefahren. So kann im gesamten Bestrahlungsfeld an manchen Stellen mehr Dosis verabreicht werden als an anderen (die Intensität der Strahlung wird „moduliert“). Diese komplexe Technik wird durch sehr viele unterschiedliche Einstrahlrichtungen ermöglicht, die eine enorme Bündelung der Dosis im Zielgebiet („Konformalität“) erlauben. Dadurch können mehrere Tumorlokalisationen in einer Sitzung mit unterschiedlichen Dosierungen gleichzeitig behandelt werden.

Intensitätsmodulierte Bewegungsbestrahlung

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

Diese ist eine Weiterentwicklung der IMRT. Diese ermöglicht, dass

- die Bestrahlung kontinuierlich erfolgt,
- während das Bestrahlungsgerät um den/die Patient*in rotiert und
- dabei die Form des Bestrahlungsfeld permanent an die zu bestrahlende Tumorregion angepasst wird durch
- die fortlaufende Anpassung der Position der Multileaf-Kollimatoren.

Diese Technik ermöglicht eine weitere Verbesserung der Konformalität und ist für bestimmte Therapieindikationen unerlässlich. Außerdem wird die Dauer der Bestrahlungssitzung durch die kontinuierliche Bewegungsbestrahlung verkürzt.

Bildgestützte Strahlentherapie

IGRT = Image-guided radiotherapy

Moderne Linearbeschleuniger weisen heutzutage entweder eine integrierte Bildgebungseinheit auf oder es befindet sich im Bestrahlungsraum eine zusätzliche Bildgebungseinheit (z. B. ein CT, das in den Beschleuniger integriert oder im Bestrahlungsraum installiert ist), um vor jeder Behandlung die zu bestrahlende Tumorregion genau abzubilden und zu erfassen. Weicht in dieser Bildgebung die aktuelle Lage der zu bestrahlenden Tumorregion von der geplanten bzw. auch berechneten Position ab, so kann diese durch eine Korrektur der Position des Patienten/der Patientin direkt vor Beginn der Sitzung angepasst werden.

Neben der Lage der zu bestrahlenden Tumorregion kann auch die Lage/Position oder auch Füllungszustand von angrenzenden Organen kontrolliert werden. Wichtig ist dies insbesondere bei beweglichen Tumoren wie z. B. bei Bestrahlung der Prostata, die sich durch veränderte Füllung der Harnblase oder auch des Enddarms verschiebt. Die Füllungszustände sollen möglichst vergleichbar sein mit denen bei der Bestrahlungsplanung. Auch bei Tumoren der Lunge, die sich mit der Atmung bewegen, trägt die Möglichkeit der IGRT zur Präzision der Bestrahlung bei.

*Alle wichtigen Aspekte werden im Erstgespräch ausführlich mit Ihnen besprochen, sodass eine optimale Vorbereitung und Behandlung möglich ist. Bei Fragen zögern Sie nicht, sich an Ihren/Ihre Radioonkolog*in zu wenden!*

Adaptive Strahlentherapie

Eine der neuesten Entwicklungen der bildgeführten Strahlentherapie stellt die adaptive Strahlentherapie dar, bei der anhand der täglichen Lagekontrollbildgebung eine Anpassung des Bestrahlungsplans auf Basis der tagesaktuellen Anatomie vorgenommen werden kann. Möglich ist dies mit speziellen Bestrahlungsgeräten und -planungssoftware und Unterstützung mit künstlicher Intelligenz. Es gibt sowohl spezielle Bestrahlungsgeräte, welche die Lageüberprüfung und Plananpassung anhand von CT-Bildgebung vornehmen, als auch sog. MR-Linearbeschleuniger (auch MR-Linacs genannt) dar, welche einen Magnet-Resonanz-Tomographen (MRT) direkt im Bestrahlungsgerät integriert haben. Vor- und Nachteile der adaptiven sowie der MR-geführten Strahlentherapie sind derzeit noch Gegenstand der klinischen Erprobung vor allem im Rahmen von Studien.

Atemgetriggerte Bestrahlung

Bei atembeweglichen Tumoren wie etwa Tumoren der Lunge oder dem Bauchraum kann die Bestrahlung in Atem-Anhaltetechnik (z.B. DIBH – „deep inspiration breathhold“) erfolgen, um sicherzustellen, dass der Tumor sich nicht durch Atembewegungen aus dem Bestrahlungsfeld herausbewegt. Zusätzlich kann durch die reduzierte Atembewegung während der Bestrahlung ggf. eine bessere Schonung der umliegenden relevanten Organe erreicht werden.

Im Rahmen des Planungs-CT für die Bestrahlungsplanung wird genau überprüft, wie lange Patient*innen die Luft anhalten können. Die Dauer und Einatemtiefe der Atemanhaltephase wird anschließend so festgelegt, dass sie für die Patient*innen gut und ohne Belastung durchführbar ist. Ein mittlerweile fest etabliertes Einsatzgebiet der Radiotherapie in Atemanhalt ist die Bestrahlung der linken Brust. Durch die Bestrahlung in tiefer Einatmung (Inspiration) kann der Abstand zwischen Brust und Herz deutlich vergrößert werden, um die Strahlendosis am Herz weiter zu reduzieren. Die korrekte Reproduzierbarkeit und Lage des Atemanhalts wird millimetergenau überwacht. Patient*innen erhalten dabei unterstützende Atemkommandos und/oder visuelle Rückmeldungen, beispielsweise über eine Videobrille.

Ob und welche Technik in Ihrer individuellen Situation sinnvoll und möglich ist, wird im Vorgespräch ausführlich mit Ihnen besprochen. Dabei berücksichtigen wir sowohl die Art Ihrer Tumorerkrankung als auch persönliche Faktoren. In manchen Fällen – etwa wenn das Anhalten des Atems aufgrund von Alter oder Begleiterkrankungen nur eingeschränkt möglich ist – können nicht alle Techniken angewendet werden. In der Regel lässt sich jedoch eine medizinisch geeignete und gut durchführbare Lösung finden.

Stereotaktische Strahlentherapie und Radiochirurgie

Die stereotaktische Bestrahlung ist eine technisch besonders komplexe und aufwändige Sonderform der hypofraktionierten Strahlentherapie, bei der wenige Fraktionen (üblicherweise 3 –10) mit hohen Einzeldosen (bis zu über 20 Gy) bei verringerter Gesamtdosis verabreicht werden. Von „Radiochirurgie“ spricht man, wenn die Behandlung in nur einer einzigen Sitzung erfolgt. Es handelt sich hier um eine Hochpräzisionsbestrahlung, bei der das Gewebe außerhalb der Tumorregion durch die Erzeugung sehr steiler Dosisgradienten (d.h. sehr steiler Abfall der Dosis vom Tumorgewebe zum direkt benachbarten gesunden Gewebe) bestmöglich geschont wird. Die starke Erhöhung der täglichen Einzeldosis führt zu einer deutlichen Erhöhung der biologischen Wirksamkeit der Strahlung im Tumor. Zu berücksichtigen ist aber auch, dass die Empfindlichkeit des gesunden Gewebes mit Erhöhung der täglichen Dosis überproportional zunimmt. Diese relevanten biologischen Zusammenhänge werden im Rahmen der gesamten Therapieplanung durch spezielle Berechnungen berücksichtigt (siehe oben bei Dosis und Fraktionierung). Die stereotaktische Bestrahlung eignet sich insbesondere für kleine Tumoren oder einzelne, kleinere Metastasen.

Die stereotaktische Technik, die eine millimetergenaue Erfassung der Tumorregion ermöglichen kann, wird mit speziell ausgerüsteten Linearbeschleunigern, oder mit speziell dafür entwickelten Geräten (z. B. CyberKnife, Gammaknife) umgesetzt.

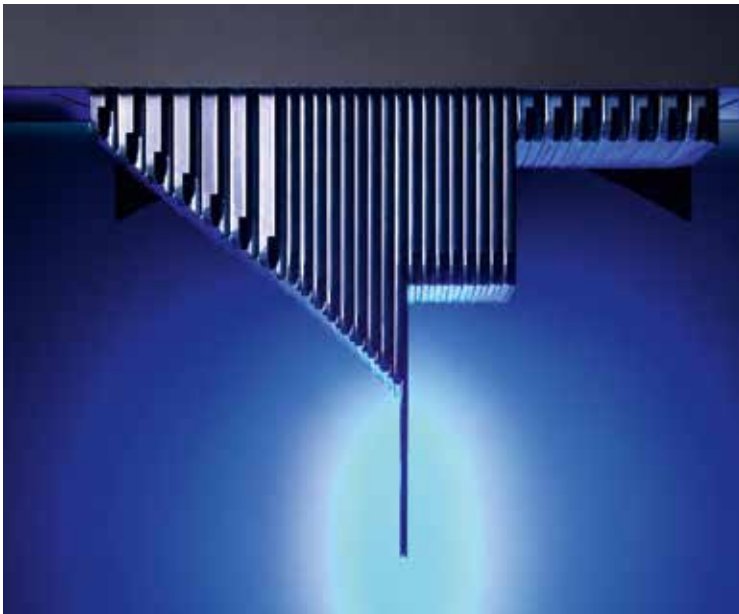
Wenn diese Technik für Sie in Frage kommt, werden Ihnen die speziellen Aspekte, Möglichkeiten und ggfs. auch Limitierungen stereotaktischer Techniken ausführlich durch Ihren/Ihre Radioonkolog*in dargelegt.

Für technisch Interessierte: Der Linearbeschleuniger

In einem Linearbeschleuniger werden **Elektronen** (winzige, negativ geladene Teilchen), von einem Glühdraht ausgesandt und in einer Hochvakuumröhre nahezu auf Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Am Ende des Rohres werden die Elektronen mit Hilfe starker Magnete in die gewünschte Richtung umgelenkt. Diese Elektronen können direkt zur Bestrahlung oberflächennaher Tumoren (z. B. der Haut) eingesetzt werden.

Häufiger wird jedoch **Photonenstrahlung** (hochenergetische Röntgenstrahlung) mit höherer Eindringtiefe benötigt. Sie kann erzeugt werden, indem man die Elektronen auf ein wassergekühltes Metall (Wolframtarget) aufprallen lässt. Hier werden sie abrupt abgebremst, dabei entstehen durch Energieumwandlungsprozesse Photonen. 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 4–18 Megavolt (MV) zum Einsatz. Je nach Lage der zu bestrahlenden Tumorregion 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 MLC handelt es sich um parallel angeordnete 2,5 bis 10 mm breite Wolframlamellen, mit denen das Bestrahlungsfeld asymmetrisch und individuell an das Zielgebiet angepasst wird. Jede dieser Lamellen wird durch einen kleinen Motor computergesteuert für jede Bestrahlung in die richtige Position gebracht.



Partikeltherapie: Protonen und Schwerionen

Protonen und Schwerionen sind positiv geladene Teilchen (Partikel), 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. 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 deutlich verringert.

Für bestimmte Tumoren bei Kindern, hier insbesondere bei Hirntumoren, ist die Protonentherapie eine etablierte und anerkannte Behandlung. Ebenso ist die Protonentherapie für Tumorarten im hinteren Augenbereich eine etablierte Therapie, mit der Patient*innen ihre Sehfähigkeit oft erhalten können. Ausgewählte Tumoren in kritischen Teilen des Gehirns, z. B. an der Schädelbasis, können mit Partikeln oft schonender mit reduzierten Nebenwirkungen am umliegenden Gewebe behandelt werden. Auch einige schwer beherrschbare Tumoren im Beckenbereich können durch die Partikeltherapie mittlerweile verbessert behandelt werden. Für Tumore der Speiseröhre hat eine randomisierte Studie eine Verringerung von Nebenwirkungen durch die Protonentherapie gegenüber IMRT gezeigt. Ebenso liegen erste vielversprechende Daten für bestimmte Tumoren im Kopf-Hals-Bereich vor. Für die meisten Tumorerkrankungen reichen die Daten jedoch derzeit nicht aus, um einen Vorteil der Protonentherapie gegenüber der klassischen Strahlentherapie mit Photonen zu belegen. Für ausgewählte Indikationen gibt es jedoch Vereinbarungen zur Kostenübernahme zwischen den behandelnden Zentren und den Krankenkassen. Diese Patient*innen werden vielfach in klinischen Studien behandelt, damit die Behandlungsergebnisse systematisch erfasst und ausgewertet werden können.

Im Unterschied zu Protonen haben Schwerionen eine deutlich stärkere biologische Wirksamkeit und können möglicherweise auch solche Tumorzellen besser abtöten, die unter anderem durch eine geringe Sauerstoffversorgung weniger gut auf eine klassische Strahlentherapie ansprechen. Daher werden die Schwerionen unter anderem auch bei einer erneuten Bestrahlung von Tumorrezidiven, die bereits initial mittels Strahlentherapie behandelt worden waren, eingesetzt. Allerdings gibt es bislang nur wenige wissenschaftliche Daten, die einen Vorteil der Schwerionen- gegenüber einer herkömmlichen Photonentherapie oder im Vergleich zu Protonen nachweisen. Die Schwerionen-Therapie kommt deshalb vor allem in klinischen Studien zur Anwendung.

Nach Einschätzung der Forscher*innen werden langfristig etwa zehn (bis zwanzig) Prozent der Krebspatient*innen 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.



Brachytherapie (Bestrahlung von innen)

Die 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 radioaktive Strahlenquelle in einer speziellen Hülse (Applikator) in eine Körperhöhle (z. B. Speiseröhre, Luftröhre, Enddarm, Scheide, Gebärmutter) eingebracht und gibt dort genau berechnete 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 Brachytherapie besteht darin, dass spezielle Nadeln oder Schläuche (unter Betäubung) direkt in das Tumorgewebe eingebracht werden und die radioaktive Quelle dann in diese Nadeln ferngesteuert eingefahren wird. Auch hier erfolgt vorab eine sorgfältige Bestrahlungsplanung anhand von CT-, Ultraschall- oder MR-Bildern. Nach der Bestrahlung werden die Applikatoren oder Nadeln wieder entfernt. Bei einer definierten Gruppe von Prostatakarzinomen in

frühen Stadien kann eine Brachytherapie auch 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 lebenslänglich im Körper.

Kombination aus Bestrahlung & anderen Therapieverfahren

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

Radiochemotherapie

Strahlentherapie und medikamentöse Tumorthherapie ergänzen sich durch lokale und systemische Wirkungen sehr gut, da die Strahlentherapie eine gute lokale Wirkung hat und durch die medikamentöse Tumorthherapie Ansiedelungen im Körper gut behandelt werden können. Dies wird bei vielen Tumorarten ausgenutzt, um die Wirksamkeit der Gesamtbehandlung zu verstärken.

Simultane Radiochemotherapie

Bei der simultanen Radiochemotherapie werden Strahlentherapie und Chemotherapie im gleichen Zeitraum durchgeführt. Diese kombinierte Behandlungsform wird insbesondere bei Tumoren der Kopf-Hals-Region, der Lunge, der Speiseröhre, bei Hirntumoren, Analkarzinomen sowie bei gynäkologischen Tumoren eingesetzt.

Durch die Kombination beider Therapien können die Heilungschancen im Vergleich zu einer alleinigen Strahlentherapie oder einer ausschließlich medikamentösen Tumorthherapie deutlich verbessert werden.

Als Medikamente werden z.B. Cisplatin, 5 -FU, Mitomycin C oder Temozolamid eingesetzt. Durch die Kombination werden allerdings auch die Nebenwirkungen während der Behandlungen verstärkt, sodass eine sehr engmaschige Überwachung und gegebenenfalls stationären Behandlung notwendig werden kann. Langfristig erholt sich der Körper meistens sehr gut von dieser Behandlung.

Induktionschemotherapie (sequenzielle Radiochemotherapie)

Bei der **Induktionschemotherapie** erfolgt zunächst eine Chemo-/Immuntherapie. Nach deren Abschluss schließt sich eine Bestrahlung oder Radiochemotherapie an. Die Zielsetzung der Induktionschemotherapie ist unterschiedlich. Bei einigen Tumorarten (z. B. lokal fortgeschrittener Brustkrebs) hat es sich als sehr erfolgreich herausgestellt, zunächst eine Chemo-/Immun-Therapie durchzuführen und erst danach zu bestrahlen. Vorteil ist, dass die Chemotherapie dabei in höherer Dosis appliziert werden kann, und damit effektiver ist.

Neoadjuvante/adjuvante Immuntherapie

Eine der Radiochemotherapie vorausgehende (neoadjuvante) oder nachfolgende (adjuvante) **Immuntherapie** ist bei verschiedenen Tumorarten (z. B. Lungentumoren, Tumoren des Gebärmutterhalses, Tumoren der Kopf-Hals-Region) sehr effektiv und daher in bestimmten Situationen indiziert.

Aus der Vielzahl möglicher Kombinationen wird für jede/jeden Patient*in ein individuell abgestimmtes Behandlungskonzept entwickelt. Die Entscheidung über Art und Reihenfolge der Therapien erfolgt in enger Abstimmung verschiedener Fachdisziplinen, in der Regel im Rahmen einer interdisziplinären Tumorkonferenz (Tumorboard). Dabei werden unter anderem die Tumorart, die individuelle Tumorsituation sowie die Behandlungsziele berücksichtigt.

Im anschließenden persönlichen Gespräch erläutert Ihnen Ihr/Ihre Radioonkolog*in bzw. die empfohlene Vorgehensweise sowie deren mögliche Vorteile, Erfolgsaussichten und Nebenwirkungen.

Hyperthermie

Durch eine Temperaturerhöhung im Tumor auf 41 - 42° kann die Wirksamkeit der Bestrahlung oder Chemotherapie (Sensibilisierung) in manchen Fällen verstärkt werden. Die Zeitdauer/Therapiesitzung beträgt 1 - 2 h, die Hyperthermiebehandlung wird 1 - 2 mal wöchentlich, während einer Strahlentherapie durchgeführt. Die Temperaturerhöhung kann z.B. durch Infrarot- oder Hochfrequenzapplikatoren erreicht werden. Dies wird z. B. bei Weichteiltumoren, erneutem Tumorstwachstum an der Brustwand oder Rezidiven im Beckenbereich genutzt. Dabei handelt es sich nicht um Standardverfahren, die Behandlung erfolgt an ausgewiesenen Zentren. Häufig muss vorab eine Genehmigung der Kostenträger eingeholt werden. Genauere Beratungen, ob diese Behandlung in Ihrer Tumorsituation möglich und sinnvoll ist, erhalten Sie von Ihrem/Ihrer Radioonkolog*in.

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 des Kopfes 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. Diese akuten Nebenwirkungen klingen in aller Regel vollständig wieder ab.

Beispiele für **Spätreaktionen** sind Hautverfärbungen oder Verhärtungen des Unterhautbindegewebes sowie narbige Veränderungen in mitbestrahlten Organen. Solche Spätreaktionen können chronisch bleiben. Eine verbesserte Bestrahlungsplanung und -technik sowie kleinere und damit verträglichere Einzeldosen lassen heute Nebenwirkungen seltener werden.

Insbesondere das Risiko für die chronische Form der Nebenwirkungen stellt auch eine Begrenzung für die Strahlentherapie-Dosis dar, die bei den verschiedenen Erkrankungen appliziert wird. **Ein gewisses Maß an Nebenwirkungen muss allerdings in Kauf genommen werden, um eine Krebserkrankung effektiv zu bekämpfen.** Beschwerden, die durch Nebenwirkungen der Strahlentherapie auftreten, können in der Regel durch unterstützende Maßnahmen bzw. Medikamente deutlich gelindert werden.

*Haben Sie Fragen zu Nebenwirkungen oder tauchen Unklarheit auf? Wenden Sie sich gerne an Ihren/Ihre Radioonkolog*in!*

ABLAUF DER BESTRAHLUNG

Durch die modernen Weiterentwicklungen aller Therapieformen sind Krebsbehandlungen durch die am Anfang der Broschüre genannten Therapien (Operation, Strahlentherapie und medikamentöse Tumorthherapie) deutlich verträglicher und wirksamer geworden.

Alle in Ihrer Therapie beteiligten Ärzt*innen und Kolleg*innen stimmen Ihren Therapieplan eng untereinander ab und erstellen für Sie einen individuellen Behandlungsplan. Der Behandlungsplan wird in einer interdisziplinären Tumorkonferenz unter Beteiligung verschiedener Fachärzt*innen gemeinsam besprochen und festgelegt. So wird sichergestellt, dass Sie eine Behandlung erhalten, die dem aktuellen medizinischen Wissensstand entspricht und bestmöglich wirksam ist. Es wird auch festgelegt, welche der „drei“ Säulen (Operation, Strahlentherapie und medikamentöse Tumorthherapie) für Ihre Behandlung am sinnvollsten sind und welches die beste Reihenfolge der einzelnen Therapien für Ihre individuelle Erkrankung ist.

Aufklärungsgespräch

Der erste Kontakt zu Ihrem/Ihrer Radioonkolog*in erfolgt nach der Diagnose Ihrer Erkrankung oder nach einer bereits begonnenen oder durchgeführten ersten Therapie.

Wir als Radioonkolog*innen nehmen uns beim ersten Gespräch Zeit, um mit Ihnen Ihre wesentlichen Befunde und offenen Fragen zu Ihrer Erkrankung zu besprechen. Der/die Radioonkolog*in benötigt dazu vor dem ersten Gespräch mit Ihnen bzw. spätestens zum Zeitpunkt des ersten Gespräches alle Unterlagen zu Ihrer Erkrankung (Arztbriefe, Operationsbericht, Pathologiebericht (Gewebeanalysen), Radiologie-Aufnahmen, Berichte und originale Bilder, usw.). Häufig haben Ihre behandelnden Ärzt*innen uns bereits viele Unterlagen zukommen lassen. Dennoch ist es für Sie sinnvoll, sich selbst von allen Befunden, Briefen und CDs eine Kopie erstellen zu lassen und diese in einem eigenen Aktenordner zu sammeln. Anstelle von CD's/DVD's, die die Bilddaten enthalten, werden den Patient*innen zunehmend nur noch QR-Codes auf Papier ausgehändigt. Bringen Sie diesen bitte auch mit, damit Ihre Ärzt*innen die Bilder online abrufen können. Damit unterstützen Sie alle Ihre behandelnden Ärzt*innen dabei, alle wesentlichen Befunde für Ihre Therapie rechtzeitig gesehen zu haben. Zukünftige Therapien für Sie können damit auch unter dem aktuell verschärften Datenschutzgesetz („DSGVO“) schneller begonnen werden. Sie verkürzen mit vollständigen Unterlagen zu Ihrer Erkrankung in der Regel Ihre Wartezeiten bis zum Therapiebeginn.

Im Aufklärungsgespräch zur Strahlentherapie werden Ihnen anhand eines für Ihre Behandlung ausgewählten Aufklärungsbogens die Behandlungsziele, der Ablauf Ihrer Strahlentherapie, die Anzahl der benötigten Bestrahlungen/Therapiedauer sowie mögliche Nebenwirkungen erläutert. Wichtig für Sie zu wissen ist, dass wie auf einem Beipackzettel eines Medikaments sämtliche Nebenwirkungen im Aufklärungsbogen aufgeführt werden, auch wenn diese nur sehr selten (weniger als 1 : 10 000) und äußerst selten (nur Einzelfälle) auftreten. Generell ist anzumerken, dass die Strahlentherapie innerhalb Ihrer gesamten Krebsbehandlung zu einer der risikoärmsten Therapien zählt. Der Aufklärungsbogen gilt am Ende mit Ihrer Einwilligung als Dokumentation des Gesprächs. Lassen Sie sich am Ende des Gesprächs eine Kopie der Aufklärung mitgeben, worüber Sie Ihr Arzt/Ihre Ärztin auch informieren wird. Um Nebenwirkungen zu reduzieren, werden Ihnen Verhaltenshinweise während der Therapiedauer im Rahmen des Aufklärungsgesprächs erläutert. Im letzten Kapitel dieser Broschüre werden wir auf diesen Punkt nochmals eingehen.

Insgesamt nimmt das erste Gespräch mit Ihnen meist 30 – 60 Minuten in Anspruch. Planen Sie folglich bitte ausreichend Zeit hierfür ein. Da sich viele Patient*innen häufig bei der Diagnose „Krebs“ noch in der Verarbeitung dieser Erkrankung befinden, kann es vorkommen, dass Sie sich in diesem ersten Gespräch nicht alle Informationen merken können. Ein guter Tipp ist, sich vorab Notizen zu machen und einen nahestehenden Angehörigen/eine nahestehende Angehörige mitzubringen. Dieser/diese kann Ihnen helfen, für Sie wichtige Fragen zu stellen und zu Hause die erhaltenen Informationen nochmals zu besprechen und mitunter gemeinsam auch besser zu verarbeiten. Es gilt dabei aber immer: Sie entscheiden, ob Ihre Angehörigen mithören dürfen. Es ist immer auch möglich, eine Zweitmeinung einzuholen.

Bestrahlungsplanung

Nach dem Aufklärungsgespräch werden Sie die weiterführenden Termine zur Vorbereitung auf Ihre Strahlentherapie erhalten. Da jeder Mensch und jede Erkrankung unterschiedlich sind, wird für Ihre Strahlentherapie ein maßgefertigter Bestrahlungsplan erstellt.

Heutzutage bekommen fast alle Patient*innen zur Planung der Strahlentherapie eine speziell für die Strahlentherapie ausgerichtete Bestrahlungs-Planungs-Computertomografie des zu bestrahlenden Körperabschnittes. Dieses Bestrahlungsplanungs-CT ist daher nicht mit einem Ihrer vorherigen CTs durch diagnostisch tätige Radiolog*innen vergleichbar. Es muss immer mit einer speziellen Lagerung vor einer geplanten Strahlentherapie erfolgen. Dieses Bestrahlungsplanungs-CT wird abhängig von der bei Ihnen zu behandelnden Körperregion mit speziell ab-

gestimmten Lagerungshilfen durchgeführt, um Positionsänderungen unter Strahlentherapie zu vermeiden und sicherzustellen, dass Ihre Tumorerkrankung präzise bestrahlt wird.

Zur besseren Reproduzierbarkeit dieser Lagerung werden in vielen Fällen Hautmarkierungen in Form von mehreren „Kreuzen“, üblicherweise mit einem wasserfesten Stift, auf Ihrer Haut eingezeichnet. So wird sichergestellt, dass Sie sich bei den späteren Bestrahlungen immer in der Position des Bestrahlungsplanungs-CTs befinden und sicher bestrahlt werden können. Alternativ sind punktförmige Tätowierungen oder Markierungen mit Henna möglich. Sie halten während der Behandlung, verblassen mit der Zeit aber wieder. Welche Markierungsart für Sie am besten geeignet ist, entscheidet der/die Sie behandelnde Arzt/Ärztin.

Wichtig: Die Markierungen müssen in der Regel für den gesamten Zeitraum der Therapie erhalten bleiben – ansonsten könnte sich der Therapiezeitraum durch eine erneute Bestrahlungsplanung verlängern.

Für Bestrahlungen am Kopf oder Hals werden neben den üblichen Lagerungshilfen auch speziell angepasste Kunststoffmasken für Sie erstellt. Mit Hilfe dieser wird in Körperregionen mit besonders beweglichen und/oder besonders zu schützenden Bereichen eine noch präzisere Lagerung während der Bestrahlung ermöglicht. Je präziser bestrahlt werden muss, desto fester ist der Kunststoff dieser Masken. Aber keine Sorge, die meisten Bestrahlungen dauern nur wenige Minuten und die Liegezeit unter diesen Masken beträgt meist nur 10–15 Minuten pro Tag. Sollte bei Ihnen eine Platzangst (Klaustrophobie) bekannt sein, sprechen Sie mit Ihrem/Ihrer behandelnden Arzt/Ärztin darüber, um eine passende Lösung für die Lagerung zu finden.



Bei ausgewählten Tumorarten, wie beispielsweise Hirntumoren, wird zur Bestrahlungsplanung ein MRT angefertigt. In manchen Fällen wird auch ein PET-CT zur Bestrahlungsplanung von z. B. Prostata Tumoren erstellt.

Nachdem das Bestrahlungsplanungs-CT des entsprechenden Körperabschnitts in dünnen Schichten erstellt wurde, wird Ihr/Ihre Radioonkolog*in Ihre zu bestrahlende Tumorregion individuell für die Bestrahlung segmentieren (einzeichnen).

In der nun folgenden Therapieplanerstellung an leistungsstarken Computern wird die Grundlage für die weitere Bearbeitung durch Medizinphysiker*innen geschaffen, die für Ihre Behandlung den optimalen Bestrahlungsplan erstellen. Oft benötigen Medizinphysiker*innen und Ärzt*innen mehrere Arbeitsgänge, bis Ihr individuell erstellter Bestrahlungsplan alle Qualitätsansprüche optimal erfüllt. Diese Abläufe sind durch die umfangreichen Planungs- und Therapietechniken sowie durch viele einzelne qualitätsgesicherte Prozesse immer umfangreicher geworden und sichern Ihnen eine noch schonendere Bestrahlung.

Terminplanung und Bestrahlung

Je nach Art der Erkrankung können unterschiedliche Anzahlen an Bestrahlungen notwendig sein. Üblicherweise wird einmal täglich und fünfmal pro Woche bestrahlt (die Wochenenden sind frei). Es gibt jedoch auch Erkrankungen, bei denen es sinnvoll ist, zweimal täglich zu therapieren (sog. Hyperfraktionierung). Dies kommt zum Beispiel beim kleinzelligen Lungenkrebs oder bei manchen Kopf-Hals-Tumorerkrankungen vor. Beim Brustkrebs wird im Rahmen der „Hypofraktionierung“ mit einer geringeren Anzahl von Sitzungen mit dafür höherer Intensität (höherer Einzeldosis) pro Tag behandelt – bei gleichen Heilungschancen und vergleichbarer Verträglichkeit.

Die Anzahl der Sitzungen, die Dauer der Bestrahlung und die notwendige Dosis sind bei den verschiedenen Erkrankungen unterschiedlich. Den genauen Zeitplan wird Ihr/Ihre Radioonkolog*in vor Behandlungsbeginn mit Ihnen besprechen.

Die erste Bestrahlungssitzung dauert meist etwas länger als die folgenden, da ein/eine Radioonkolog*in und ein/eine Medizinphysiker*in vor Beginn nochmals alle Einzelheiten überprüfen; insbesondere wird das bei der Ersteinstellung angefertigte Bestrahlungsprotokoll von den Medizinphysiker*innen nochmals kontrolliert. Erst, wenn alles in Ordnung ist, wird die Bestrahlung von dem/der verantwortlichen Radioonkolog*in freigegeben. Die erste Bestrahlung ist für manche Patient*innen mit noch einer gewissen Aufregung verbunden. Sie werden jedoch sehr schnell merken, dass nichts Schmerzhaftes oder Bedrohliches geschieht, und Sie die weiteren Behandlungen ganz entspannt absolvieren können.

*Im Verlauf der weiteren Bestrahlungen werden Sie regelmäßig von einem/einer Ärzt*in betreut und zu Zwischengesprächen („Visiten“) einbestellt. 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 Ihrem/Ihrer Radioonkolog*in. Die weitere Hautpflege und sonstige Verhaltensmaßnahmen werden dabei besprochen. Auch wird ein Termin zu einer Kontrolluntersuchung im Rahmen der Nachsorge vereinbart.

Die unterschiedlichen Behandlungskonzepte in der Strahlentherapie:

Konventionelle Bestrahlungskonzepte erfolgen mit Einzeldosen von 1,8 Gy – 2 Gy. Bestrahlungen dauern in der Regel 5–7 Wochen.



Hyperfraktionierte Behandlungskonzepte werden beispielsweise unter anderem beim kleinzelligen Lungenkrebs angewendet. Sie reduzieren die Behandlungsdauer, jedoch muss 2 × am Tag mit mindestens 6 Stunden Abstand bestrahlt werden, was bei langen Anfahrtswegen zur Strahlentherapieeinrichtung oft schwerer umzusetzen ist.



Die **Hypofraktionierung** findet immer häufiger Eingang (Brustkrebs und Prostatakrebs) und verkürzt mit höheren Einzeldosen pro Tag die Behandlung, ohne das Ergebnis zu verschlechtern.



Bei den abgebildeten Schemata handelt es sich nur um Beispiele zur Illustration. Ihr individuelles Behandlungskonzept wird Ihr/Ihre Radioonkolog*in vor Behandlungsbeginn mit Ihnen besprechen.

A

B

C

WIE VERHÄLT MAN SICH IN DER ZEIT DER BESTRAHLUNG?

Je nach Bestrahlungsvolumen und zu behandelnder Körperregion ist es durchaus möglich, dass Sie während der Behandlungszeit Ihren gewohnten Tätigkeiten oder Arbeit nachgehen, falls Sie dies selbst wünschen. Bei Bedarf stellen wir Ihnen für die Dauer der Bestrahlungsbehandlung eine Arbeitsunfähigkeitsbescheinigung (AU) aus. Fördern Sie Ihr seelisches Wohlbefinden – tun Sie Dinge, die Ihnen Spaß machen und Freude bereiten! Alle Aktivitäten, die Sie gerne ausführen, sollten Sie beibehalten, da dies der einfachste Weg ist, in Ihren gewohnten Lebensrhythmus zurückzufinden.

Grundsätzlich gilt: Alles, was Ihnen guttut, ist erlaubt. Aktivitäten, die Sie körperlich oder psychisch stark beanspruchen, sollten Sie während der Behandlung möglichst vermeiden.

Sport und Krebs?

Während Krebspatient*innen in der Vergangenheit oft geraten wurde, sich zu schonen, lautet das Motto heute: Körperliche Aktivität verbessert das Wohlbefinden, kann die Heilung fördern und scheint nach neuesten Studien sogar lebensverlängernd zu wirken. Körperliche Aktivität sollte daher also durchaus Teil Ihres langfristigen Behandlungskonzeptes sein und später zum Alltag gehören. Sport kann Ihre Leistungsfähigkeit und Ihr Selbstbewusstsein stärken – was auch Ihre Lebensqualität deutlich verbessern kann. Je nach Krankheitsbild kann dies durch eine symptomorientierte Krankengymnastik oder durch die Teilnahme an einer Sportgruppe erfolgen.

Auch ein gut ausgestattetes Fitnessstudio mit geschulten Betreuer*innen ist geeignet, wenn keine schwerwiegenden Beeinträchtigungen vorliegen. Häufig gibt es auch spezielle Sportgruppen für Krebspatient*innen. Zu der Frage ob und wie Sie während der laufenden Therapie körperlich aktiv sein können, berät Sie Ihr Behandlungsteam.



Hautpflege

Hautreaktionen können die Lebensqualität während der Strahlentherapie beeinträchtigen. Besonders wenn die Bestrahlungsregion oberflächlich liegt, kann es auch zu stärkeren Hautreaktionen kommen. **Bitte führen Sie keine eigenen Experimente durch – sondern besprechen Sie die Hautpflege mit Ihrem behandelnden Arzt/Ihrer behandelnden Ärztin.** Prinzipiell gilt, dass Sie zusätzliche Belastungen für Ihre bestrahlte Haut vermeiden sollten, wie beispielsweise mechanischen Stress (Reiben, Kratzen), Schmutz oder ein feuchtes Milieu (Haut-auf-Haut Kontakt in Hautfalten vermeiden). Meiden Sie direkte Sonneneinstrahlung, indem Sie die bestrahlte Haut nicht der direkten Sonne aussetzen, UV-Schutz verwenden, sich mit Kleidung schützen und starkes Schwitzen und Hitzestau vermeiden. Bevorzugen Sie Kleidung aus Baumwolle oder Naturfaser und vermeiden Sie zu enge oder kratzige Kleidung. Bezüglich der Körperpflege ist Duschen sowie die Reinigung mit klarem Wasser im Bestrahlungsbereich erlaubt. Verzichten Sie auf Vollbäder und achten Sie bitte auf die Haut-Markierungen der Bestrahlung, damit diese nicht versehentlich gewaschen werden. Es sollten keine parfümierten Pflegeprodukte oder Seifen im Bestrahlungsfeld benutzt werden, auf eine Nassrasur sollte verzichtet werden. Für die Hautpflege im Bestrahlungsfeld verwenden Sie bitte ausschließlich die von Ihrem/Ihrer Radioonkolog*in empfohlenen Pflegeprodukte. Bei Hautveränderungen wenden Sie sich bitte umgehend an Ihr Strahlentherapie-Team, da eine Anpassung der Pflegeprodukte erforderlich sein kann.



Ernährung

Es gibt keine spezielle Krebsdiät! Bislang konnte durch keine wissenschaftliche Studie belegt werden, dass eine Krebserkrankung durch eine spezielle Diät direkt beeinflusst oder geheilt werden kann. Ernährung kann aber dazu beitragen, die Gesamtsituation Ihres Körpers und damit die Wirkung Ihrer medizinischen Therapie zu verbessern. Hauptziel ist es, Ihren Körper mit ausreichend Energie und Nährstoffen zu versorgen, damit Sie sich wohl fühlen und mehr Energie haben. Die konkreten Ernährungsempfehlungen richten sich hierbei nach Ihrer ganz individuellen Situation: Danach, ob Sie ungewollt Gewicht verlieren oder zunehmen und nach Ihren momentanen Beschwerden.

Krebszellen lassen sich nicht „aushungern“, indem vollständig auf Zucker verzichtet wird. Der Körper benötigt Zucker als wichtigen Energielieferanten und kann sie bei Bedarf auch aus Muskeln oder anderen Geweben selbst herstellen. Deshalb ist eine ausgewogene und ausreichende Ernährung während der Behandlung besonders wichtig, damit der Körper genügend Energie und Nährstoffe hat, um die Erkrankung und die Therapie bestmöglich zu bewältigen.

Auch hinsichtlich der Verträglichkeit einer Strahlenbehandlung gibt es keine allgemeingültigen Diätempfehlungen. Prinzipiell gilt: Essen Sie, was Ihr Körper gerade braucht und verträgt. Das kann auch mal das genaue Gegenteil davon sein, was allgemein als „gesund“ gilt. Lassen Sie sich davon nicht verunsichern! **Wenden Sie sich für eine ausführliche Beratung an Ihren behandelnden Arzt/Ihre behandelnde Ärztin oder nutzen Sie Online-Angebote** (z. B. <https://www.was-essen-bei-krebs.de>). Sollten Sie sich weiterhin unsicher fühlen, können Sie sich auch von geschulten Ernährungsberater*innen (manche von Ihnen sind auf Krebskranke spezialisiert) beraten lassen.

Sexualität und Bestrahlung: ein wichtiger Teil Ihrer Lebensqualität

Sexualität gehört zur Lebensqualität, genauso wie Schlaf, Ernährung oder Bewegung. Viele Patient*innen erleben rund um eine Krebsbehandlung Veränderungen, die verunsichern können. Oft brauchen Körper und Psyche Zeit, um sich neu einzustellen.

Ob und welche Beschwerden auftreten, hängt von der bestrahlten Region, der Gesamtsituation und möglichen Kombinationen mit Operation, Chemotherapie oder Hormontherapie ab. Häufige Themen sind weniger Lust, Erschöpfung, ein verändertes Körpergefühl, Angst vor Schmerzen oder Unsicherheit in der Partnerschaft. Grundsätzlich unterscheidet man Beschwerden, die während oder kurz nach der Bestrahlung auftreten, von möglichen Spätfolgen, die erst Monate bis Jahre später bemerkbar werden können. Viele Beschwerden bessern sich im Verlauf, und vieles lässt sich durch passende Unterstützung spürbar lindern.

Was hilft konkret?

Offen ansprechen, am besten früh.

Sagen Sie Ihrem Behandlungsteam ruhig direkt: „Sexualität ist mir wichtig.“ Je früher wir darüber sprechen, desto besser können wir beraten und helfen.

Druck herausnehmen.

Intimität muss nicht sofort „wie früher“ sein. Nähe, Zärtlichkeit, Berührungen und gemeinsame Rituale können ein guter Anfang sein.

Gerade bei sichtbaren Veränderungen (z. B. Narben) kann es helfen, das Tempo selbst zu bestimmen und dem Körper wieder Vertrauen zu geben. In Partnerschaften helfen oft ehrliche Absprachen: Was tut gut? Was möchten wir (noch) vermeiden? Was gibt Sicherheit?

Praktische Hilfen bei Beschwerden.

Je nach Behandlungsregion können Trockenheit, Brennen oder Schmerzen auftreten, aber auch Spannungsgefühl, Empfindlichkeitsveränderungen, Narbenschmerzen, eingeschränkte Beweglichkeit oder ausgeprägte Müdigkeit. Hilfreich können zum Beispiel Gleitmittel und geeignete Pflegeprodukte, eine gute Schmerz- und Symptomkontrolle sowie bei Bedarf Physio- oder Beckenboden-Physiotherapie sein. Wichtig ist: Lassen Sie sich dazu individuell beraten, statt alleine auszuprobieren.

Veränderungen von Erektion oder Orgasmus sind häufig und behandelbar.

Wenn Erektionen schwieriger werden oder der Orgasmus anders ist, sprechen Sie es an. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die je nach Situation in Frage kommen. Welche Option passend ist, klären wir gemeinsam.

Die Psyche zählt mit.

Scham, Trauer, Angst oder Konflikte in der Partnerschaft sind nicht selten. Psychoonkologische Unterstützung, Sexualberatung oder Paarberatung können sehr entlastend sein und helfen, neue Wege zu finden.

Wann sollten Sie sich melden?

Bei Blutungen, starken Schmerzen, Infektzeichen oder wenn Sie das Thema belastet, holen Sie bitte ärztlichen Rat ein.

Sie sind mit diesen Fragen nicht allein. Und es gibt Wege, Sexualität unter, während und nach einer Behandlung stimmig zu gestalten.

Wartezimmergespräche

Immer wieder hören wir von Patient*innen, das Schlimmste an der Bestrahlung seien die Wartezimmergespräche gewesen. Oftmals kursieren hier „Schauergeschichten“, 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 die allgemeine Lebensführung. Einiges davon mag sinnvoll und nützlich sein, aber **wir empfehlen Ihnen dringend, solche Gespräche nicht als Hauptinformationsquelle zu sehen, und im Zweifelsfall immer den Rat des Arztes/der Ärztin Ihres Vertrauens einzuholen.** Wenn Sie von anderen Patient*innen oder deren Angehörigen zu Ihrer Erkrankung befragt werden und kein Bedürfnis verspüren sich auszutauschen, zögern Sie nicht zu erklären, dass Sie nicht über Ihre Erkrankung sprechen möchten. Sie werden selbst herausfinden, welche Art von Gesprächen und Gesprächspartner*innen zu Ihrem Wohlbefinden beitragen.

Um Missverständnissen vorzubeugen: Mit diesen Aussagen soll keinesfalls der Sinn von Gruppengesprächen in Zweifel gezogen werden. Selbsthilfe- oder Patient*innenorganisationen sind äußerst hilfreich, um beispielsweise den Prozess der Krankheitsbewältigung zu unterstützen (siehe nächster Absatz).

Hilfestellung durch psychosoziale Betreuung

Auch nach erfolgreichem Abschluss der Behandlung bestehen Sorgen und Ängste mitunter weiter. Oft müssen Fragen zur persönlichen, familiären und beruflichen Situation und Zukunft im Zusammenhang mit der Erkrankung neu überdacht werden. Dabei kann es hilfreich sein, schon während der Behandlung mit der Sozialberatung oder dem Psychoonkologischen Dienst der Klinik Kontakt aufzunehmen. In Zusammenarbeit mit Ärzt*innen und Pflegepersonal unterstützen die psychologischen Fachkräfte die Patient*innen sowie auch deren Angehörige mit Informationen und begleiten die Patient*innen dabei, diese spannungsreiche Zeit zu meistern. In einem Beratungsgespräch können die individuelle Situation besprochen werden, sozial-rechtliche Ansprüche (z. B. Rehabilitation, Schwerbehindertenausweis) und andere praktische Hilfsangebote, wie Adressen von Krebsberatungsstellen, Selbsthilfegruppen etc. vermittelt werden.



Manche Patient*innen haben auch nach Abschluss der Therapie noch psychische Belastungen, die alleine oder im Familien- und Freundeskreis nicht ausreichend zu bewältigen sind. Hier kann es hilfreich sein, einer Selbsthilfegruppe beizutreten, in der Probleme und Ängste mit gleichermaßen Betroffenen offen diskutiert 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 keine zusätzlichen Ängste entstehen. In Einzelfällen kann auch eine Psychotherapie sinnvoll sein.

Weitere Informationen

Manche Patient*innen möchten eine Zweitmeinung oder sind in einer neuen Situation ganz generell auf der Suche nach Informationen. Sollten Sie zu einer geplanten Therapie eine Zweitmeinung wünschen, können Sie sich in einem weiteren Zentrum dafür vorstellen. Achten Sie dabei darauf, dass dieses Zentrum viel Erfahrung mit der Behandlung Ihrer Erkrankung hat. **Ein vertrauensvolles Verhältnis zu Ihrem behandelnden Arzt/Ihrer behandelnden Ärztin ermöglicht normalerweise auch die offene Kommunikation über das Einholen von Zweitmeinungen.**

Krebsinformationsdienst des Deutschen Krebsforschungszentrums (DKFZ)

Telefon: 0800/4203040 (kostenfrei), täglich 8–20 Uhr

Internet: www.krebsinformationsdienst.de

E-Mail: krebsinformationsdienst@dkfz.de

Infonetz Krebs der Deutschen Krebshilfe

Telefon: 0800/80708877 (kostenfrei), Montag–Freitag 8–17 Uhr

Internet: www.infonetz-krebs.de

E-Mail: krebshilfe@infonetz-krebs.de

Generelle und seriöse Informationen für Krebspatient*innen, Angehörige, Freund*innen oder Interessierte zu Krebserkrankungen, Behandlungsmöglichkeiten, -zentren, aber auch zu alternativen Therapien, klinischen Studien oder Selbsthilfegruppen können Sie kostenfrei bei folgenden Beratungsstellen erhalten:

Beratungsstellen der Deutschen Krebsgesellschaft in allen Bundesländern

Betroffene, Angehörige oder Interessierte finden bei den Landeskrebsgesellschaften Hilfe, Rat und Antworten auf ihre Fragen sowie Adressen von Beratungsstellen in ihrer Nähe.

Internet: www.krebsgesellschaft.de/landeskrebsgesellschaften.html

NACH DER STRAHLENTHERAPIE: WIE GEHT ES WEITER?

Die weitere Nachsorge erfolgt „interdisziplinär“, d. h. in enger Abstimmung und Zusammenarbeit mit allen Ihren behandelnden Ärzt*innen (z. B. Hausärzt*innen, Fachärzt*innen, Radioonkolog*innen). Die Zeitabstände sind im ersten Jahr relativ kurz und werden mit zunehmendem zeitlichem Abstand zur Therapie länger.

Bei Auftreten von neuen Symptomen sollten Sie selbstverständlich auch jederzeit „außer der Reihe“ Ihren Arzt/Ihre Ärztin aufsuchen.

Wichtig: Mindestens einmal im Jahr sollte eine Nachsorge jedes/jeder bestrahlten Patienten/Patientin beim/bei einer Radioonkolog*in erfolgen. Nebenwirkungen nach Bestrahlung können auch noch Jahre nach Ende der Behandlung auftreten und werden nicht selten falsch interpretiert. Nur der/die Radioonkolog*in hat die Ausbildung und Erfahrung, solche Nebenwirkungen richtig zu erkennen und zu behandeln. Leider kommt es auch immer wieder vor, dass andere Erkrankungen oder ein Tumorrückfall bei bestrahlten Patient*innen 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.

Zur Nachsorge können auch apparative Untersuchungen wie Röntgen-aufnahmen, Ultraschall, Computertomografie u. Ä. durchgeführt werden. Ihr onkologisch fachkundiger Arzt/Ihre onkologisch fachkundige Ärztin wird Sie beraten, wie häufig diese Untersuchungen durchgeführt werden sollten.

FRAGEN AN IHREN/IHRE RADIOONKOLOG*IN

Wie läuft die Strahlentherapie ab?

Wie lange dauert eine Bestrahlungssitzung?

Wie viele Bestrahlungssitzungen sind geplant?

Muss ich dafür ins Krankenhaus? Wie lange (voraussichtlich)?

Wie wird sich die Behandlung auf meinen Alltag auswirken?

Welche Nebenwirkungen können auftreten?

Wenn Nebenwirkungen auftreten: Welche Mittel kann ich zu Hause selbst anwenden? Wann sollte ich mein Behandlungsteam informieren?

Mit welchen Langzeitfolgen muss ich rechnen?

Welche Mittel gibt es dagegen?

Was muss ich bei meiner Ernährung beachten?

Hat die Strahlentherapie Einfluss auf meinen Appetit und mein Gewicht?

Was machen wir, wenn ich die Behandlung nicht vertrage?

Gibt es eine Studie, an der ich teilnehmen könnte?

Wobei können Angehörige und mein Freundeskreis mich unterstützen?

Was passiert, wenn ich mich gegen die Strahlenbehandlung entscheide?

Bestrahlungsplanungs-CT

Das Bestrahlungsplanungs-CT wird als technischen Vorbereitung für die Berechnung des Bestrahlungsplans erstellt. Der/die Patient*in wird speziell gelagert, so dass die Körperposition für die Bestrahlung reproduziert und die Bestrahlung exakt durchgeführt werden kann.

CT (Computertomografie)

Röntgenschichtaufnahmen, die den Körper und die inneren Organe im Querschnitt darstellen. Diese Schnittbilder können digital rekonstruiert und zu einem 3-dimensionalen Bild zusammengesetzt werden. Dies ermöglicht eine detaillierte Darstellung des Skeletts.

Dosisverteilung/ Isodosen

Prinzipiell besteht das Ziel bei jeder Strahlentherapie darin, eine angemessen 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.

Hyperfraktionierung

Bestrahlung mit Einzeldosen unter 1,8 Gy. Dies führt zu einer höheren Anzahl an Bestrahlungsfractionen, die dann z. B. mehrmals täglich appliziert werden. Bei manchen Tumoren kann durch Hyperfraktionierung das Tumoransprechen verbessert werden und das umliegende gesunde Gewebe im Verhältnis zum Tumor besser geschont werden.

Hypofraktionierung

Bestrahlung mit Einzeldosen über 2 Gy. Bei manchen Tumoren sind erhöhte Einzeldosen wirksamer in der Tumorzellvernichtung, wobei höhere Dosen auch in vielen Normalgewebe zu einem höheren Risiko für Nebenwirkungen führen können. Daher ist die Hypofraktionierung nur für bestimmte Tumoren sinnvoll.

IGRT (Bildgestützte Strahlentherapie, Image Guided Radiotherapy)

Integrierte Bildgebung in oder neben einem Linearbeschleuniger. 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.

IMAT (Intensitätsmodulierte Bewegungs-bestrahlung, Intensity Modulated Arc Therapy)

Sonderform der IMRT, bei der das Bestrahlungsgerät 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, und unterschiedliche Regionen können mit verschiedener Dosis behandelt werden. Gerade bei Tumoren, die in der Nachbarschaft von relevanten Organen (z. B. Rückenmark) liegen, kann so eine bessere Schonung erzielt werden.

IMRT (Intensitätsmodulierte Strahlentherapie)

Zahlreiche Bestrahlungsfeld-Segmente werden aus verschiedensten Richtungen überlagert. Dadurch können unterschiedliche Regionen mit verschiedener Dosis bestrahlt werden. Gerade bei Tumoren, die in der Nachbarschaft von relevanten Organen (z. B. Rückenmark) liegen, kann so eine bessere Schonung erzielt werden.

MLC (Multi-Leaf-Kollimator, multi-leaf-collimator)

Die maximale Größe eines Bestrahlungsfeldes beträgt meist 40×40 cm. Zur Begrenzung des Strahlenfeldes werden spezielle Kollimatoren verwendet – entweder als massive Blockblenden oder in Form von parallel angeordneten, nur wenige (2,5–10) mm breite Wolframlamellen, die einzeln elektronisch angesteuert das Bestrahlungsfeld für Patient*innen individuell formen.

MRT (Magnetresonanztomographie)

Modernes nicht-invasives Schnittbildverfahren zur diagnostischen Darstellung von Strukturen und Funktionen des Gewebes und der Organe unter Verwendung von magnetischen Feldern und Ultrakurzwellen anstelle von Röntgenstrahlen, dadurch besteht keine Strahlenexposition für Patient*innen.

PET (Positronen-Emissions-Tomographie), PET/CT, PET/MRT

Diagnostische Methode, um Stoffwechselprozesse im Körper sichtbar zu machen unter Nutzung von radioaktiv markierten Substanzen, sogenannten „Tracern“, die Patient*innen vor der Untersuchung gespritzt werden und sich an Körperstellen mit hoher Stoffwechselaktivität (z. B. im Tumor) anreichern.

Radiochirurgie

Hochdosierte einzeitige Strahlentherapie als Variante der stereotaktischen Strahlentherapie.

Radioonkolog*in/ Strahlentherapeut*in

Ein/eine Fachärzt*in für die Behandlung von Patient*innen mit ionisierender Strahlung. Radioonkolog*innen sind zudem auf die Bestrahlung von Patient*innen mit Krebserkrankungen spezialisiert.

Stereotaktische Strahlentherapie

Variante der externen Bestrahlung, bei der mit hoher Präzision eine hohe Strahlendosis in einer oder wenigen (meist 3–10) Sitzungen in der Tumorregion deponiert wird. Hierfür sind aufwändige technische Zusatzausrüstungen notwendig. Die Fachgesellschaften haben hier umfangliche Anforderungen an die Qualitätssicherung definiert

IMPRESSUM

Copyright:

Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie e. V.

Gestaltung: Gill Eichhorn

Druck und Logistik:

Haase Druck GmbH, Buttelstedt

8. überarbeitete Auflage 2026

Bilder:

Titelbild: eyetronic – stock.adobe.de

Michael Mutzberg (S. 23), Uniklinikum Dresden/Martin Förster (S. 31),
.shock – stock.adobe.com (S. 41), monticelllo – stock.adobe.com (S. 42),
[M] Chat GPT / Astrid Schörnig

Bezugsadresse:

Deutsche Gesellschaft für Radioonkologie e. V.

DEGRO Geschäftsstelle

Reinhardtstraße 47

10117 Berlin



Weitere Informationen:



Broschüre als PDF:

