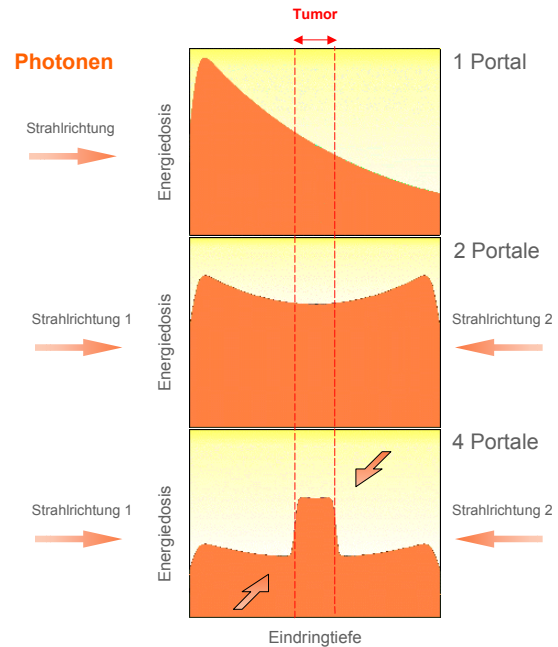


Externe Bestrahlung

Bei der externen Bestrahlung des Prostatakrebses werden derzeit drei verschiedene Verfahren angewendet:

1. Konventionelle Photonenbestrahlung (Synonym Röntgenbestrahlung)

Bei der konventionellen Photonenbestrahlung wird die vom Krebs befallene Prostata meist aus zwei bis drei verschiedenen Richtungen (Felder, Portal) bestrahlt. Dies geschieht in der Regel mit Linearbeschleunigern (LINACS), die die Photonenstrahlen erzeugen. Dringen die Photonen in den Körper ein, wird nach wenigen Millimetern die höchste Dosis erreicht (Recruiting Effect). Danach fällt die lokal an das Gewebe abgegebene Dosis exponentiell ab. Aus diesem Grund erhält ein in der Tiefe liegender Tumor nur einen vergleichbar geringen Teil der Gesamtdosis, der wesentlich größere Anteil der Dosis geht in das gesunde Gewebe und kann dort erhebliche Schäden verursachen. Um starke Nebenwirkungen zu vermeiden, wird daher aus mehreren unterschiedlichen Richtungen bestrahlt und die Dosis im Tumor gebündelt.

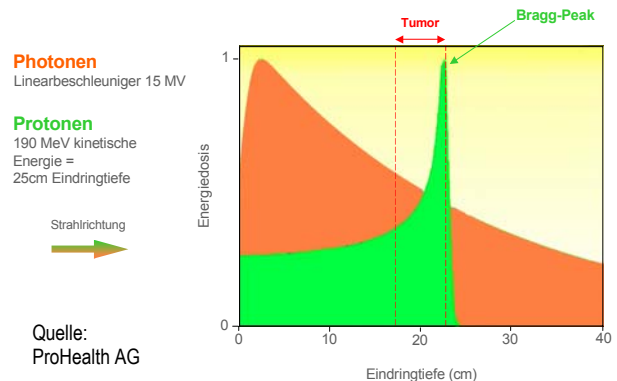


2. IMRT-Photonenbestrahlung

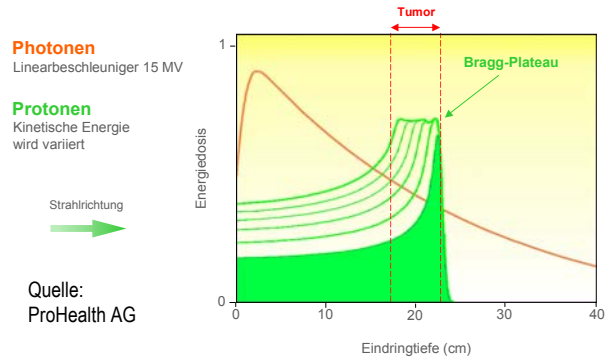
Die IMRT-Photonenbestrahlung (Intensity Modulated Radiation Therapy) stellt eine Weiterentwicklung der konventionellen Photonenbestrahlung dar. Durch steuerbare Lamellen-Blenden wird die Form des Strahls und auch seine Intensität der räumlichen Ausdehnung des Tumor angepasst. Außerdem wird aufgrund der bereits beschriebenen starken Dosisbelastung des gesunden Gewebes die Einstrahlung aus 5 bis 10 oder noch mehr Richtungen vorgenommen. Die hohe schädliche Dosis im gesunden Gewebe wird somit auf ein größeres Volumen verteilt, so dass die Nebenwirkungen oft nicht so deutlich wie bei der konventionellen Photonenbestrahlung in Erscheinung treten.

3. Protonenbestrahlung

Bei der Protonenbestrahlung ist das Verhältnis zwischen Dosis im Gesunden zu Dosis im Tumor wesentlich günstiger. Außerdem ist es erstmals möglich die deponierte Energie aus jeder Einstrahlrichtung dreidimensional genau auf den Tumor zu platzieren. Dies liegt an den besonderen physikalischen Eigenschaften der Protonenstrahlung. Die Protonen werden auf bis zu 60 % der Lichtgeschwindigkeit beschleunigt. Beim Eintritt in den Körper kommt es zunächst zu sehr wenigen Wechselwirkungen mit dem Gewebe. Im weiteren Verlauf verlieren



die Protonen an Geschwindigkeit. Die lokale Energieabgabe durch die Protonen steigt mit abnehmender Geschwindigkeit und erreicht schließlich das Maximum im sogenannten Bragg-Peak. Durch die Einstellung der Teilchengeschwindigkeit lässt sich somit die Tiefendosis der geometrischen Ausdehnung des Tumors millimetergenau anpassen. Der Bragg-Peak ist so scharf (ca. 1 bis 4 mm), dass durch Veränderung der Teilchengeschwindigkeit über den Tumor hinweggestrichen werden muss. Das vor dem Tumor befindliche gesunde Gewebe erhält bei Protonenbestrahlung im Vergleich zu der Bestrahlung mit Photonen nur einen Bruchteil der Energie. Das hinter dem Tumor befindliche gesunde Gewebe wird beim Einsatz von Protonen aufgrund der besonderen physikalischen Eigenschaften dieser Partikel nahezu vollständig verschont.



Dies begründet die hohe Überlegenheit der Protonenbestrahlung gegenüber der Photonenbestrahlung, die auch durch Anwendung sehr vieler Felder (IMRT-Bestrahlung) nicht wettgemacht werden kann (siehe Abb. 4).

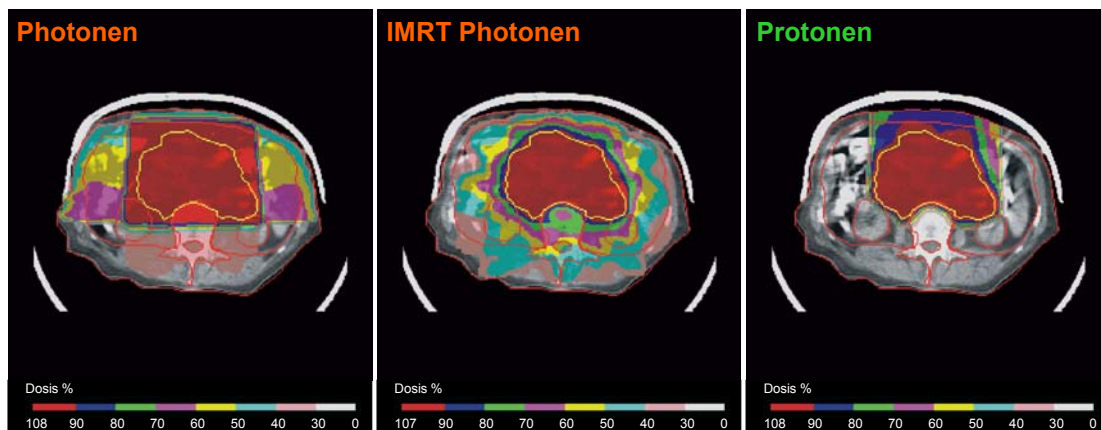


Abb. 4: Computertomographischer Querschnitt aus dem Bauchraum, Bestrahlungsplan einer konventionellen Photonen-, IMRT-Photonen- und Protonenbestrahlung am Beispiel eines metastasierten Prostatakarzinoms. (Quelle: Lomax AJ, et al.: Radiother Oncol 1999; 51: 257-271)

Klinische Vorteile der Protonenbestrahlung:

- Deutlich weniger Nebenwirkungen
- Geringeres Risiko der Bildung eines Sekundär-Tumors (geringere Strahlenexposition im Gesunden)
- Möglichkeit der Dosissteigerung im Tumor und damit höhere Heilungsraten bei gleicher oder geringerer Belastung des gesunden Gewebes

Zur Zeit ist die Protonenbestrahlung von Prostatakarzinomen nur im Ausland verfügbar (z. B. an der Harvard-Universität und der Loma Linda Universität (<http://www.llu.edu/proton/>) in den USA oder am Paul-Scherrer-Institut in der Schweiz). Allerdings ist in München das erste deutsche Protonentherapie-Zentrum im Bau, das voraussichtlich im Jahr 2006 seinen Betrieb aufnehmen wird (Infos unter: <http://www.rptc.de>).