

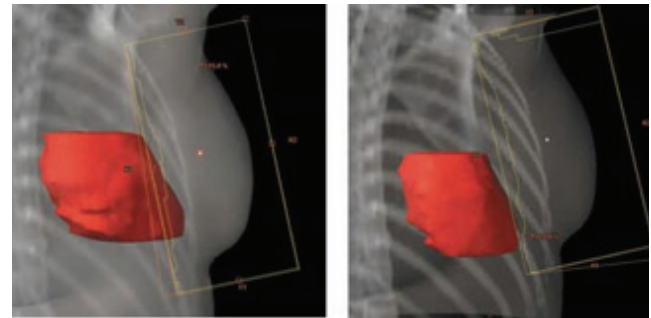
# ATEMGESTEUERTE BESTRAHLUNG BEIM MAMMA-KARZINOM

## GATING

Die postoperative Strahlentherapie der weiblichen Brust gehört heutzutage zur Standardbehandlung des Mamma-Karzinoms. Dabei wird die Mamma in der Regel über tangentielle Gegenfelder bestrahlt, damit Lunge und Herz der Patientinnen möglichst gut geschont werden können. Dennoch ist bei Bestrahlung der linken Mamma in manchen Fällen ein Teil des Herzens im bestrahlten Volumen, insbesondere wenn es vergrößert ist oder anatomisch dicht an der Brustwand anliegt. Zudem entfalten bestimmte bei der Therapie des Mamma-Karzinoms eingesetzte Chemotherapeutika eine kardiotoxische Wirkung. Deshalb ist in diesen Fällen in der Radio-Onkologie des Lindenhofspitals die atemgesteuerte Bestrahlung die Methode der Wahl, da sie eine markante Reduktion der kardialen Belastung ermöglicht

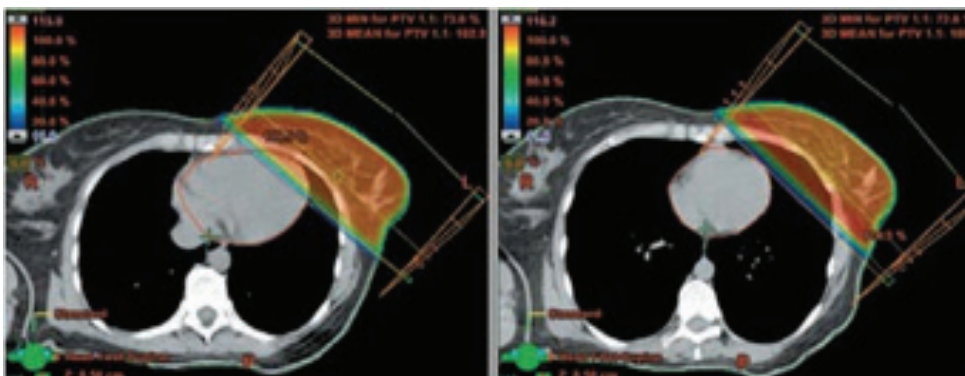
### Herz- und Lungenschonung

Die atemgesteuerte Bestrahlung nutzt die Tatsache, dass durch die Ausdehnung der Lunge in Inspiration der Abstand zwischen Zielvolumen (Mamma) und Herz markant vergrößert und das Herz gegenüber der Mamma gleichzeitig nach caudal verschoben wird (Bilder oben). Dadurch wird das Herz vollständig aus dem bestrahlten Volumen entfernt und optimal geschont. Gleichzeitig lässt



Aus CT-Aufnahmen digital rekonstruierte Röntgenbilder des medialen Bestrahlungsfeldes (gelbe Kontur). CT in Atem-Mittellage (links), CT in Inspiration (rechts). Das Herz (rote Struktur) befindet sich bei Bestrahlung ohne Atem-Steuerung oft teilweise im bestrahlten Volumen.

sich in Inspiration die Lungenbelastung vermindern, da der Hochdosisbereich wegen der Ausdehnung der Lunge weniger Lungenzellen umfasst als in Expiration oder in Atem-Mittellage. Diese Effekte führen zu einer signifikanten Verminderung des Risikos der betreffenden strahlenbedingten Nebenwirkungen (kardiale Beschwerden, Pneumonitis etc.).



Therapieplan und Dosisverteilung bei der Mamma-Bestrahlung mit tangentialen Feldern. Die Belastung des Herzens (rote Kontur) ist bei Bestrahlung in Atem-Mittellage (links) markant höher als bei Bestrahlung in Inspiration (rechts). (Beachte: Bezüglich Mamma genau die gleiche Schnittebene!)



### Atemsteuerung («Respiratory Gating») des Linearbeschleunigers

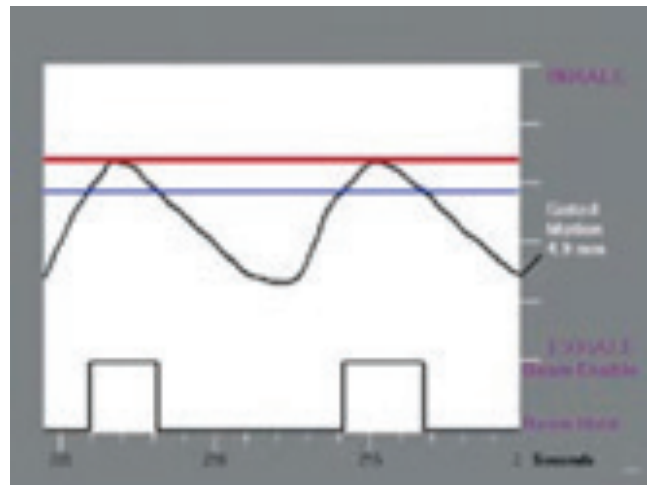
Zur Kontrolle der Atemlage der Patientinnen und mit dem RPM-System lässt sich der Bereich des Atemzyklus, während dessen der Beschleuniger Strahlung abgeben soll, genau festlegen. Bei der Mamma-Bestrahlung liegt dieser Bereich in der Inspirationsphase. Der Beschleuniger wird nun direkt vom RPM-System so angesteuert, dass nur dann Strahlung produziert wird, wenn sich die Atemamplitude der Patientin im erlaubten Bereich befindet. Zur Kontrolle wird bereits vor der Bestrahlung mittels Feldkontrollaufnahmen verifiziert, dass die Durchführung der Bestrahlung der Planung und Simulation der Therapie entspricht.



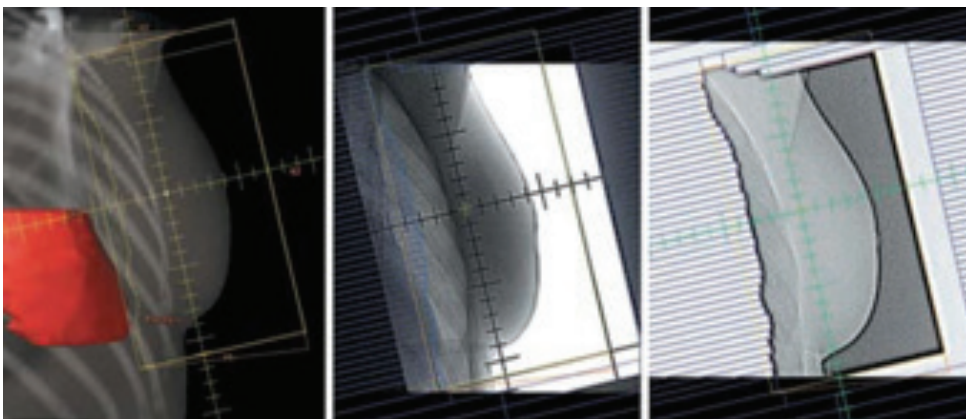
Die im Bestrahlungsraum installierte Infrarot-Kamera mit entsprechenden Lichtquellen verfolgt die Bewegung des Markerblockes auf der Patientin. Dadurch wird der Atemzyklus festgehalten

### Virtuelle Immobilisierung

Bei normaler Atmung in Liegeposition bewegt sich die Brust um bis zu 1 cm in antero-posteriorer Richtung. Bei normaler Planung muss dieser Bewegungsunsicherheit durch die Wahl von geeigneten Sicherheitsabständen Rechnung getragen werden, was in der Regel zu grösseren Bestrahlungsfeldern und dadurch grösseren bestrahlten Volumina führt. Durch Gating des Beschleunigers in einem bestimmten Bereich der Atemkurve mit einer minimalen, durch den Gating-Bereich festgelegten restlichen Positionierungsunsicherheit, kann somit der Effekt einer Immobilisierung des Zielvolumens während der Bestrahlung erzielt werden. Dieser Effekt lässt sich bei der Bestrahlung von weiteren, durch die Atmung beeinflussten Tumorlokalisationen (Lunge, Leber, Pankreas etc.) zu einer in diesen Fällen besonders vorteilhaften Reduktion der bestrahlten Volumina ausnutzen.



Zeitlicher Verlauf der Atmung (obere Kurve) während der Bestrahlung. Das «Beam Enable»-Signal (Strahlungsfreigabe, untere Kurve) wird nur dann an den Beschleuniger gesandt, wenn sich das Atemsignal zwischen der blauen und roten Linie (d.h. Patientin in Inspiration) befindet.



Qualitätssicherung der atemgesteuerten Bestrahlung am Beispiel des medialen Bestrahlungsfeldes. Es wird sichergestellt, dass die automatisch durch das RPM-System ausgelöste Bestrahlung in der gleichen Atemlage erfolgt wie deren Planung und Simulation: CT-Planung (links), Simulation (Mitte), Feldkontrolle am Beschleuniger (rechts).