

## **2. Dosisreduktion: aktueller Stand und zukünftiges Potenzial**

Die Strahlenexposition für die Erstellung diagnostischer Mammographien ist im digitalen und im konventionellen System nahezu vergleichbar – Studien ergaben eine Dosisreduktion durch digitale Mammographie momentan in einer Größenordnung von ca. 20%. Berücksichtigt man jedoch, dass die Notwendigkeit von Wiederholungsaufnahmen bei Fehlbelichtungen deutlich reduziert ist, so kann man insgesamt von einer noch deutlicheren Reduktion der Strahlenexposition beim digitalen System ausgehen. Bisherige Phantomstudien haben gezeigt, dass eine vergleichbare Detektion von Objekten verschiedener Größe und Dicke bei um 30 – 50 % reduzierter Strahlendosis möglich ist. Allerdings wurden diese Phantomstudien zumeist mit homogenem Hintergrund durchgeführt, was die digitalen Systeme deutlich bevorzugt (irreal enge Fenstereinstellung bei homogenem Hintergrund möglich). Übertragen auf die klinische Anwendung bedeutet dies, dass prinzipiell eine Dosisreduktion mit dem digitalen System möglich erscheint, wie weit man bei diagnostischen Aufnahmen allerdings Strahlendosis reduzieren kann ohne dass aufgrund des zunehmenden Rauschens relevante Qualitätseinbußen entstehen, müssen weitere Studien und klinische Erfahrungen zeigen.

### ***2.1. Dosisreduktion bei Lokalisierungsprozeduren***

Eine sehr deutliche Dosisreduktion kann schon heute bei nicht diagnostischen Zusatzaufnahmen erreicht werden. So wird an einigen Zentren routinemäßig die Strahlenexposition um 50% bei präoperativen Markierungen nicht palpabler Läsionen mit dem digitalen System angewendet. Bei dieser Prozedur wird nach den initialen Aufnahmen eine Aufnahme mit einem speziellen Kompressionspaddel mit Loch (=Lochpaddel) durchgeführt, um den entsprechenden schon bekannten Herd zu lokalisieren. Anschließend wird eine Nadel durch das Lochpaddel in die Brust gestochen und die Nadeltiefe in einer zweiten Ebene korrigiert. In abschließenden Kontrollaufnahmen wird anschließend der eigentliche Markierungsdraht, der durch die Nadel gelegt wird, in seiner Lage dokumentiert. Da die Aufnahmen mit Lochpaddel bzw.

Lokalisierungsnadel nicht zur eigentlichen Diagnostik sondern nur zur Lokalisation von Herden dienen, kann und sollte hier die Strahlenexposition gesenkt werden. Abb. 5 zeigt ein Beispiel für eine Markierungsprozedur, Abbildung 6 Beispiele für Dosisreduktion unterschiedlichen Grades der nicht diagnostischen Aufnahmen während einer Markierungsprozedur.

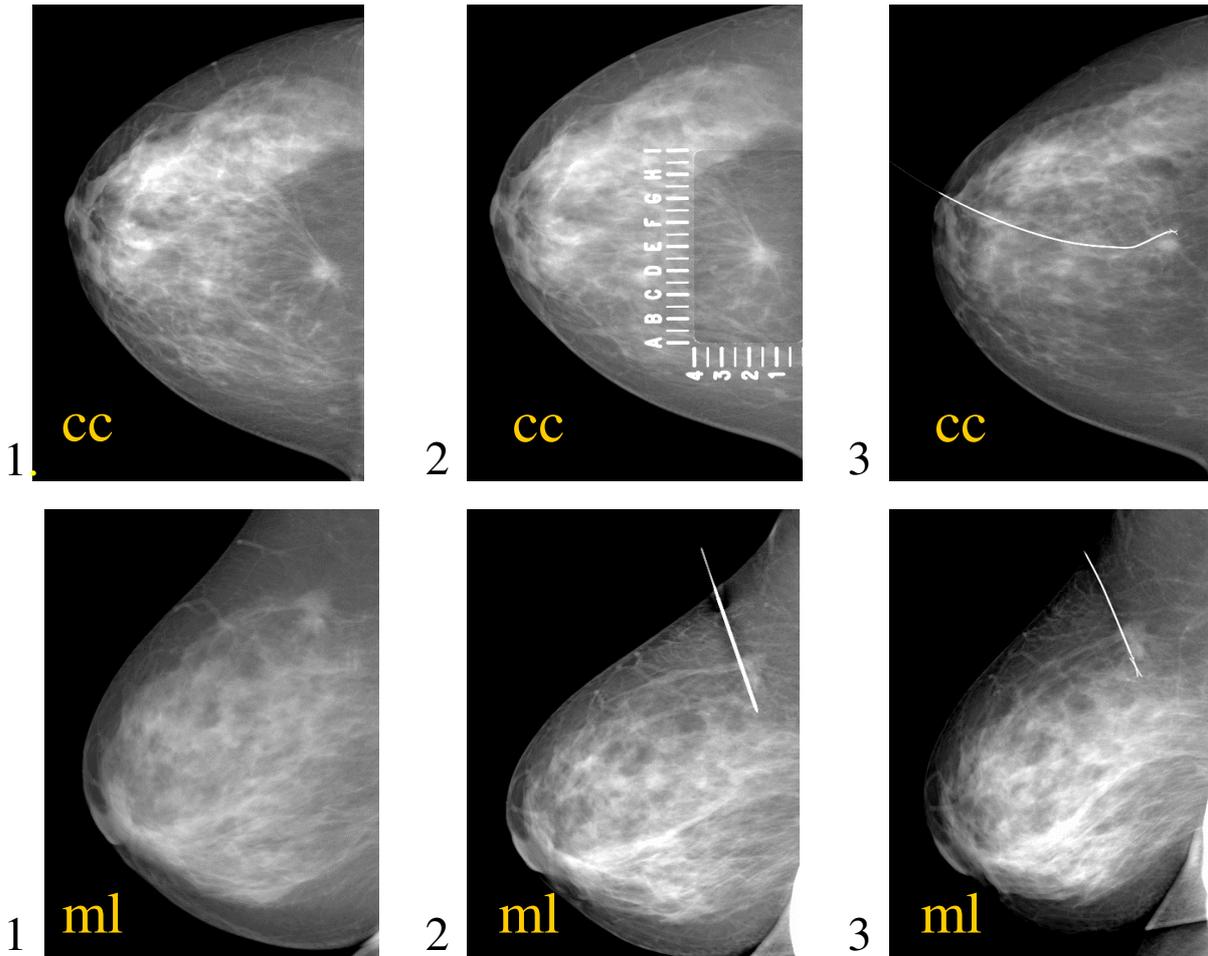


Abb. 5: Aufnahmen einer Markierungsprozedur, Aufnahmen 2 und 3 sind nicht diagnostisch

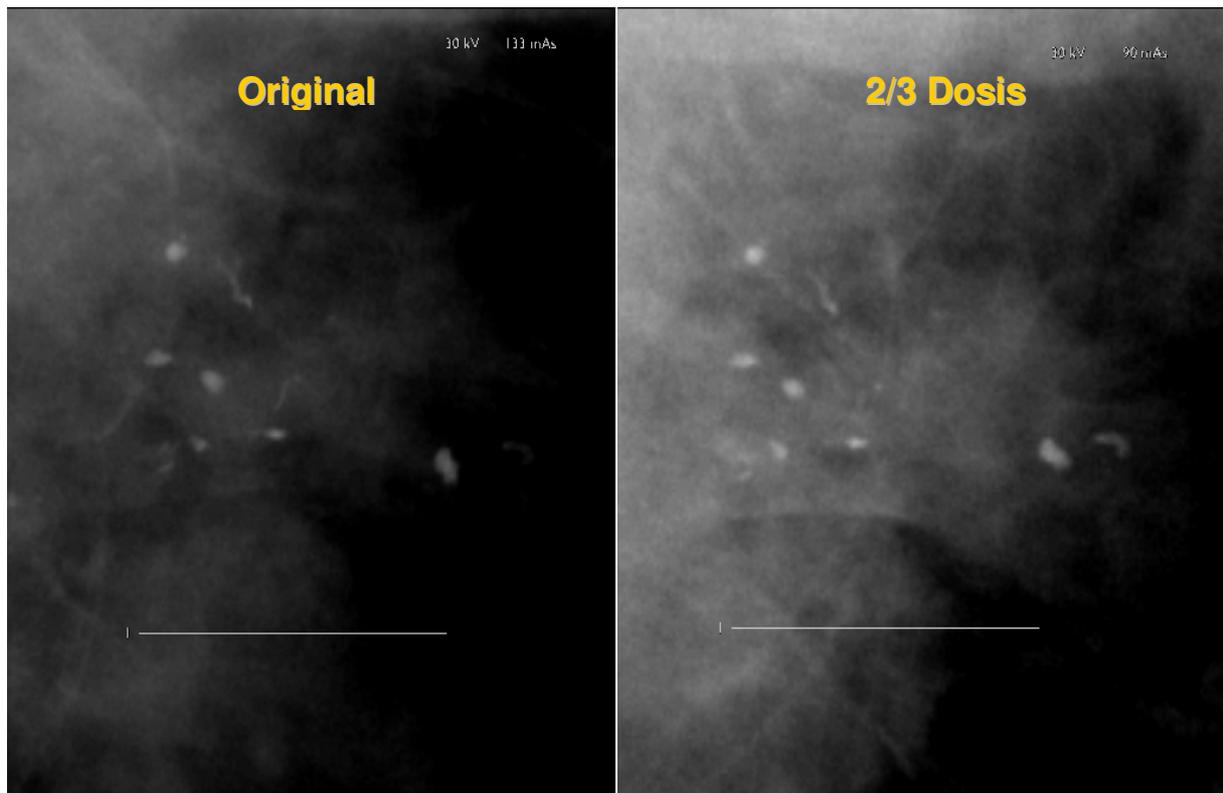


Abb. 6: Beispiele für Dosisreduktion um 33% während einer Markierungsprozedur

Die oben gezeigten Experimente haben zunächst zu einer standardisiert halbierten Dosis bei Markierungsaufnahmen und bei sämtlichen Kontrollaufnahmen während der Prozedur (Lokalisation der Markierungsnadel nach der Punktion, Lagekontrolle in der zweiten Ebene, ggf. Kontrolle nach Korrektur der Nadel). Sowohl Mikroverkalkungen als auch zu markierende Verdichtungsareale sind dabei in aller Regel zur Lokalisation vollkommen ausreichend zu erkennen. Alternativ zu dieser Technik kann die Dosis durch rasterlose Technik in der digitalen Mammographie [17] jedoch noch weiter gesenkt werden, so dass heute bei Markierungsprozeduren teilweise schon routinemäßig die rasterlose Technik eingesetzt werden kann.

## 2.2. Dosisreduktion bei Spezialaufnahmen

In Ausnahmefällen werden in der Mammographie Aufnahmen benötigt, die zur Diagnostik dienen und trotzdem den Herd nur lokalisieren sollen ohne die Morphologie weiter zu charakterisieren. Ein Beispiel dafür sind Hautverkalkungen **[Originalarbeit 3]**. Insgesamt spielen Hautverkalkungen eine untergeordnete Rolle in der Mammadiagnostik, in seltenen Fällen kann jedoch eine Spezialaufnahme notwendig werden, um die intracutane Lage von Verkalkungen zu beweisen. Zu diesem Zweck kann eine zusätzliche Aufnahme mit Lochpaddel erfolgen, mit deren Hilfe die Hautverkalkungen z.B. mit einem Filzschreiber auf der Haut markiert werden können. Anschließend wird die so markierte Hautstelle tangential im Strahlengang eingestellt, so daß die intracutane Lage dann deutlich zur Darstellung kommt. Abbildung 7 zeigt dieses Vorgehen im praktischen Beispiel – Originalaufnahme, Lochpaddelaufnahme sowie tangentielle Aufnahme.

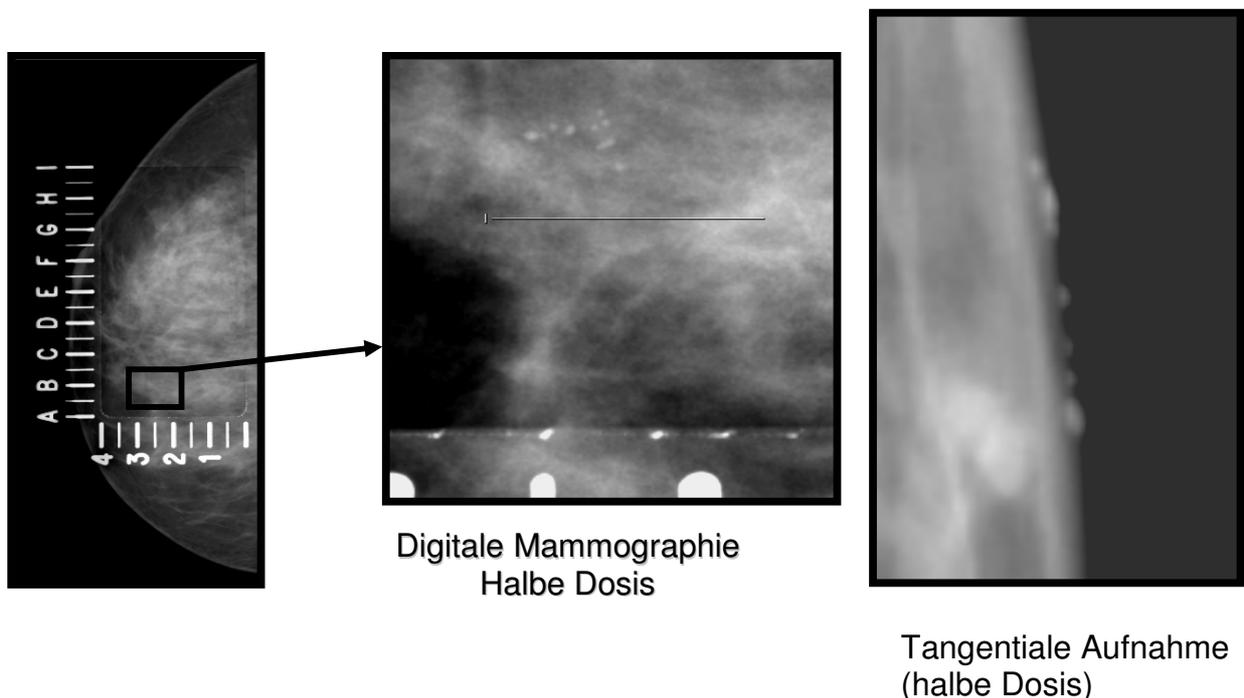


Abb. 7: Tangentiale Visualisierung von Hautverkalkungen

Auch diese Zusatzaufnahmen werden in einigen Brustzentren routinemäßig mit halbiertem Dosis durchgeführt. Da hier die Morphologie der Einzelverkalkungen weniger

diagnostisch wegweisend ist als die Lage der Verkalkungen, kann somit ein erhöhtes Rauschen im Bild in Kauf genommen werden.

### **2.3. Dosisreduktion durch rasterlose Technik**

Einer der wichtigeren Fortschritte in der Technik der Mammographie war die Einführung des Rasters zur Reduktion der Streustrahlung. Zur Einschätzung der Wertigkeit von Rastern in der Film-Folienmammographie wurden ausgiebige Untersuchungen durchgeführt. Dabei wurden neben den experimentellen Studien auch zahlreiche Untersuchungen mit mathematischen Modellen (sog. Monte Carlo Technik) durchgeführt [18]. Dabei wurde gezeigt, dass sich der positive Einfluss des Rasters in der herkömmlichen konventionellen Film-Folienmammographie durch Reduktion der Streustrahlung in erster Linie auf den Kontrast im Bild bezieht. Aufgrund des extrem hohen Dynamikumfangs der digitalen Mammographie kann der Kontrast jedoch auch durch die Bildnachbearbeitung aufge bessert werden, so dass die Benutzung des Rasters in der digitalen Mammographie in erster Linie das Signal-zu-Rausch-Verhältnis beeinflusst. Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis wiederum ist direkt abhängig von der Detektordosis, die durch das Raster um den Faktor 2-3 gemindert wird. Der Einfluss eines Streustrahlenrasters auf die Bildgüte in der digitalen Vollfeldmammographie muss daher für dieses Verfahren neu untersucht werden, da der Effekt des verminderten Rauschens durch das Raster auch durch eine leicht erhöhte Detektordosis bei jedoch immer noch reduzierter Parenchyndosis erzielt werden kann. Während in der digitalen Mammographie mit Slot-Scan-Technik auf Raster prinzipiell verzichtet wird, führt man die digitale Vollfeldmammographie mit flat-panel-Detektoren bislang unverändert zur konventionellen Film-Folienmammographie mit Rastern durch. Erste Arbeiten untersuchen jedoch den Stellenwert des Streustrahlenrasters in der digitalen Vollfeldmammographie anhand von Phantomaufnahmen neu [17, 19], zusätzlich liegen erste klinische Erfahrungen aus Markierungsprozeduren vor **[Originalarbeit 4]**. Die Ergebnisse eigener Untersuchungen zeigen, dass bei "normaler", d.h. gewöhnlich verwendeter Eintrittsdosis (gleiche Parenchyndosis rasterlos wie mit Raster) in der digitalen Mammographie das rasterlose Röntgen bei dünnen simulierten Mammæ dem Röntgen mit Raster überlegen ist. Bezüglich simulierten voluminösen Mammæ konnte

in den Phantomstudien kein signifikanter Unterschied festgestellt werden. Bei deutlicher Reduktion der Eintrittsdosis (gleiche Parenchyndosis rasterlos wie mit Raster, Dosis wie vom Gerät ohne Raster automatisch angewählt) zeigen sich die Vorteile des rasterlosen Röntgens deutlicher. Die Ergebnisse einer Phantomstudie sind in der **Originalarbeit 4** aufgezeigt; dabei zeigte sich, dass die Ergebnisse sowohl von der simulierten Brustdicke als auch von der gewählten Dosis abhängen.

Dieser anhand von Phantomstudien aufgezeigte Trend kann subjektiv an den klinischen Versuchen durch Markierungsaufnahmen bestätigt werden. Prinzipiell bietet also die digitale Vollfeldmammographie zusätzlich zu den schon bekannten Möglichkeiten der Dosisersparung ein großes weiteres Dosisersparungspotential durch rasterloses Röntgen. Da bei gleicher Detektordosis das rasterlose Röntgen dem Röntgen mit Raster jedoch deutlich unterlegen ist, muss eine Geräteanpassung (deutliche Erhöhung der „Abschaltdosis“ am Detektor) erfolgen, um insgesamt durch das rasterlose Röntgen eine Dosisreduktion zu erreichen.

### **3. Software: weiterführende Anwendungen**

#### **3.1. Darstellung digitaler Aufnahmen**

Im digitalen System werden die Bilddaten zumindest bei den direkt digitalen Systemen mit 14 bit, d.h. mit mehr als 16 000 Graustufen gewonnen, die mit verschiedenen Fenstereinstellung angesehen werden können. Dies ermöglicht beispielsweise eine deutlichere Darstellung von Mikroverkalkungen in dichtem Gewebe [12, 16]. Im konventionellen System ist eine Nachbearbeitung, wie etwa ein Hervorheben kontrastarmer Strukturen durch verschiedene Fenstereinstellungen, nicht möglich. So kann im digitalen System eine Unterexposition von Aufnahmen (etwa durch Handbelichtung oder falsche Einstellung der Messkammer) innerhalb einer gewissen Bandbreite durch Nachbearbeitung ausgeglichen werden, indem eine veränderte Fenstereinstellung gewählt wird (d.h. indem ein anderer Graustufenbereich betrachtet wird). Eingeschränkt wird dieses Vorgehen dadurch, dass dabei das Rauschen bei Unterexposition mehr in den Vordergrund tritt. Bei Überexposition wird im digitalen