

**ECR 2018 in Wien: Austria Center Vienna, Expo X5, Stand 509**

## Tomosynthese-Verfahren von Siemens Healthineers setzt neue Maßstäbe in der Brustkrebsfrüherkennung

- **Brust-Tomosynthese ist eine Weiterentwicklung der Mammographie**
- **Qualität von Brust-Tomosynthese-Aufnahmen ist abhängig vom Aufnahmewinkel der Röhre sowie der Anzahl der Projektionen und unterscheidet sich industrieweit stark**
- **Siemens Healthineers High Definition Brust-Tomosynthese hat den größten bislang verfügbaren Tomo-Winkel von 50 Grad und die höchste Anzahl an Projektionen**
- **High Definition Brust-Tomosynthese erhöht die Erkennungsrate von Brustkrebs sowie die Diagnosegenauigkeit und trägt zum Ausbau der Präzisionsmedizin bei**
- **Neues Mammographie-System Mammomat Revelation verbessert die Patientenerfahrung durch individuell einstellbare Kompression und schnellere Befundung**

Die Brust-Tomosynthese liefert Röntgenaufnahmen der Brust mit höherer Aussagekraft und eindeutigere Befunde als die Mammographie, das bisherige Standardverfahren in der Brustkrebsfrüherkennung. Wie die Mammographie ist auch die Brust-Tomosynthese eine Röntgenuntersuchung, die Veränderungen im Brustgewebe sichtbar macht. Anders als bei der Mammographie aber wird die Brust bei der Tomosynthese aus mehreren verschiedenen Winkeln aufgenommen. Das Ergebnis ist eine 3D-Volumen-Darstellung der Brust und damit eine verbesserte Diagnosegenauigkeit, so dass Patientinnen früher und präziser behandelt werden können.

### **Bedeutung der Brustkrebsfrüherkennung**

Brustkrebs ist die häufigste Krebsart bei Frauen weltweit.<sup>1</sup> Allein im Jahr 2015 starben weltweit etwa 570.000 Frauen aufgrund von Brustkrebs.<sup>1</sup> Zwar werden die Behandlungsmethoden gegen Brustkrebs immer fortschrittlicher, aber es gilt weiterhin der Grundsatz: Je früher ein Tumor entdeckt wird, desto höher ist die Chance auf Heilung.<sup>2</sup>

Damit ist die Brustkrebsfrüherkennung von herausragender Bedeutung für die Gesundheit vieler Frauen. Als wichtige Früherkennungsmethode neben dem Abtasten der Brust ist das Brustkrebs-Screening zu einem weltweiten Standardverfahren der Präventivmedizin geworden.<sup>3</sup> Frauen einer bestimmten Altersgruppe wird dabei zur freiwilligen Röntgenuntersuchung ihrer Brust geraten, damit Veränderungen in ihrer Brustgewebestruktur und Hinweise auf eine potentielle Brustkrebserkrankung möglichst frühzeitig entdeckt werden. Das Brustkrebs-Screening unterliegt landesspezifisch genauen Standards. Diese Standards geben unter anderem die Höhe der erlaubten Strahlendosis vor und machen Empfehlungen zur sogenannten Rückrufrate. Die Rückrufrate umfasst den Anteil derjenigen Frauen, die nach einer Screeninguntersuchung aufgrund eines auffälligen oder nicht eindeutigen Befunds erneut zu einer Untersuchung eingeladen werden müssen. Ein weiterer wichtiger Parameter ist in diesem Zusammenhang die sogenannte Entdeckungsrate. Sie bezieht sich auf den Anteil der Frauen, deren Brustkrebserkrankung beim Screening tatsächlich als solche entdeckt wird.

### **Mammographie – bisheriges Standardverfahren in der Brustkrebsfrüherkennung**

In der Brustkrebsfrüherkennung wird derzeit standardmäßig die digitale Mammographie durchgeführt, bei der zweidimensionale (2D) Bilder der Brust aufgenommen werden. Normalerweise macht man dazu eine 2-Ebenen-Mammographie mit Projektionen aus zwei verschiedenen Blickwinkeln: Eine craniocaudale (CC) Projektion der Brust von oben nach unten - und eine schräg-seitliche, mediolateral oblique (MLO) Projektion der Brust von der Mitte nach außen. Beide Projektionen liefern aber jeweils nur eine zweidimensionale Ansicht der Brust. Die dabei abgebildeten Brustgewebestrukturen überlagern sich, sodass manche Strukturen und Knoten im Brustgewebe deshalb nur schwer oder gar nicht zu erkennen sind. Trifft der Röntgenstrahl auf seinem Weg durch das Gewebe auf dichtes Brustgewebe, kann daher ein dahinterliegender Tumor leicht verdeckt werden. Insbesondere bei Frauen mit dichtem Brustdrüsengewebe sind konventionelle Mammographien wegen der Überlagerungen des Brustgewebes zum Teil nur schwer zu interpretieren.<sup>4</sup> Insgesamt können 30 bis 50 Prozent der bösartigen Tumore bei der Mammographie unentdeckt bleiben.<sup>5,6</sup> Andererseits kann die Überlappung der Gewebestrukturen in der Darstellung auch zu sogenannten falschpositiven Befunden führen, das heißt dazu, dass diese Struktur als eine Läsion, also ein Krankheitsherd,

fehlinterpretiert wird. Das kann Behandlungen zur Folge haben, die eigentlich unnötig wären.

### **Was versteht man unter Brust-Tomosynthese?**

Bilder mit höherer Aussagekraft und eindeutigere Befunde ermöglicht die Brust-Tomosynthese, eine Weiterentwicklung der Mammographie, die seit 2009 auf dem Markt ist. Der Begriff der Tomosynthese stammt aus dem Griechischen tomos (Schicht) und synthesis (Zusammenfügung) und bedeutet so viel wie "Zusammenfügung von Schichten". Bei der Tomosynthese bewegt sich die Röntgenquelle in unterschiedlichen Tomo-Winkeln über die auf dem Detektor liegende Brust. Dabei erstellt das System eine Reihe von einzelnen Projektionen und benötigt dafür jeweils nur eine sehr niedrige Strahlendosis. Je nach Hersteller ist der Tomo-Winkel zwischen 15 Grad und 50 Grad groß; die Anzahl der Röntgenprojektionen variiert zwischen neun und 25.<sup>7-9</sup> Die High Definition Brust-Tomosynthese von Siemens Healthineers verwendet den größten bislang verfügbaren Winkelbereich von 50 Grad.<sup>10</sup> Innerhalb dieses Bereichs bewegt sich die Röntgenröhre in unter 25 Sekunden von links nach rechts über die Brust und macht circa alle zwei Grad eine Projektion, ohne dafür anhalten zu müssen. So kommen insgesamt 25 Einzelprojektionen zustande, mehr als bei jedem anderen bislang verfügbaren Brust-Tomosynthese-System.<sup>10</sup> Diese Einzelprojektionen sind aber nicht mit den Bildern zu verwechseln, die dem Arzt letztendlich zur Befundung vorgelegt werden. Vielmehr liefern sie die Rohdaten, aus denen ein mathematisches Bildrekonstruktionsprogramm anschließend Schichtbilder berechnet. Die fertigen Schichtbilder zeigen jeweils eine etwa zwei Millimeter dünne Schicht der Brust, mit einer jeweils ein Millimeter dünnen Überschneidung in der Schichtbilddarstellung. In jedem Schichtbild sind also auch teilweise Informationen verarbeitet, die gleichzeitig auf dem benachbarten Schichtbild ebenfalls verarbeitet sind. Je nach Größe der Brust entstehen so weniger oder mehr Schichtbilder.<sup>10</sup> Auf ihnen sind das Brustgewebe und seine Strukturen ohne Überlagerungen sowie deutlich detailreicher dargestellt als auf herkömmlichen Mammographien. Durch die entstandenen Schichtbilder kann man am Bildschirm vor und zurück blättern – und sich so das untersuchte Brustgewebe in seiner ganzen Tiefe ansehen, Schicht für Schicht.

**Wo liegen die Stärken einer Brust-Tomosynthese?**

Auf diese Weise lassen sich kleinste Veränderungen, Strukturen und Knoten im Brustgewebe erkennen, die untereinander liegen und bei der Mammographie kaum oder gar nicht sichtbar gewesen wären.<sup>2</sup> Bei der Brust-Tomosynthese können Tumore also besser entdeckt werden.<sup>11</sup> In der Fachsprache nennt man das eine verbesserte Sensitivität. Auch werden Mikroverkalkungen, die auf eine Krebserkrankung hindeuten können, deutlich sichtbar dank der Empire-Technologie (Enhanced Multiple Parameter Iterative Reconstruction) von Siemens Healthineers, einer einzigartigen Kombination aus iterativen Algorithmen und maschinellem Lernen, mit der bessere Kontraste und Bildqualität erzielt werden, die Sichtbarkeit von Mikroverkalkungen erhöht wird und weniger Artefakte – also Abbildungsfehler, die nicht der Realität entsprechen – angezeigt werden.<sup>12</sup> Auch können Veränderungen im Brustgewebe mithilfe der Brust-Tomosynthese zuverlässiger erkannt werden.<sup>13,14</sup>

**Tomo-Winkel und Anzahl der Projektionen entscheiden über die Qualität**

Der 50 Grad weite Aufnahmewinkel der Tomosynthese-Systeme von Siemens Healthineers ist Ergebnis der Abwägung zwischen Datenqualität, Datenvolumen und Untersuchungsdauer. Dem weiten Aufnahmewinkel kommt bei der Tomosynthese eine ganz besondere Rolle zu. Je größer der Tomo-Winkel ist, desto besser lassen sich die Schichten trennen und Überlagerungen im Gewebe vermeiden.<sup>15-19</sup> Ein größerer Winkel verbessert daher die Tiefenauflösung.<sup>16</sup> Für die Qualität der Brustbilder ist außerdem die Anzahl der Projektionen äußerst wichtig. Je mehr Projektionen gemacht werden, desto mehr Informationen umfasst der Datensatz, aus dem dann Schichtbilder rekonstruiert werden können. Auch zahlreiche wissenschaftliche Studien belegen: Eine höhere Anzahl an Projektionen kann zu einer besseren Bildqualität führen.<sup>16,20</sup> Für die Befundung der Tomosynthese-Schichtbilder ist insgesamt mehr Zeit erforderlich als für die bisher standardmäßigen zwei Mammographien. Das macht sich aber in der höheren Entdeckungsrate von Tumoren bezahlt. Obwohl einige Radiologen aufgrund der Neuheit der Methode wenig Erfahrung mit Tomosynthese haben, zeigen Studien einen schnellen Anstieg der Lernkurve von Radiologen bei der Befundung auf Basis der Tomosynthese.<sup>21,22</sup>

## **Rekonstruktion der Tomosynthese-Daten ermöglicht synthetisches 2D-Bild und 3D-Modell der Brust**

Bei der Brustkrebsfrüherkennung ist der Arzt darauf angewiesen, ältere Aufnahmen der Brust aus den Vorjahren mit aktuelleren Aufnahmen der Brust zu vergleichen. Dadurch lassen sich Veränderungen im Brustgewebe feststellen und verfolgen. Weil bisher die Mammographie das Standardverfahren in der Brustkrebsfrüherkennung war, handelt es sich bei den älteren Aufnahmen allerdings meistens um zweidimensionale Mammographie-Aufnahmen, die nicht mit den Tomosynthese-Schichten vergleichbar sind. Man müsste also zusätzlich zur Brust-Tomosynthese eine herkömmliche 2D-Mammographie durchführen, was die Strahlendosis aber erheblich erhöhen würde. Eine Lösung für dieses Problem bietet ein synthetisches 2D-Bild, wie zum Beispiel das sogenannte Insight 2D-Bild von Siemens Healthineers. Berechnet wird das synthetische 2D-Bild aus dem vorhandenen Tomosynthese-Datensatz. In seiner Darstellung kommt es einer Mammographie-Aufnahme näher und kann deswegen als Hilfsmittel bei der Diagnose zusätzlich zu den Schichtbildern und dem Vergleich mit vorherigen Bildern herangezogen werden. Aus dem Datensatz der Tomosynthese lässt sich neben den Schichtbildern und dem synthetischen 2D-Bild aber noch eine dritte Darstellungsweise berechnen: Die sogenannte Insight 3D-Darstellung von Siemens Healthineers, die ebenfalls als Hilfestellung bei der Diagnose dienen kann. Algorithmen konstruieren dabei aus dem Tomosynthese-Datensatz ein synthetisches, rotierendes 3D-Modell der Brust, für das keine zusätzliche Bestrahlung nötig ist. Die so dargestellte Brust wird auf dem Bildschirm zu einem anschaulichen, beinahe als greifbar erscheinendem 3D-Objekt. Studien belegen, dass Insight 3D die Verteilung von Mikroverkalkungen innerhalb der Brust klarer zeigt.<sup>23,24</sup> Erreicht wird diese Art der Darstellung dank des 50 Grad weiten Tomo-Winkels von Siemens Healthineers.

## **Entwicklung der Tomosynthese von Siemens Healthineers**

Die Idee, die hinter der Tomosynthese steckt, hat eine lange Geschichte: Bereits in den 1930er Jahren versuchten Wissenschaftler, 3D-Darstellungen mithilfe von Informationen aus 2D-Röntgenaufnahmen zu generieren.<sup>2</sup> Vor diesem Hintergrund entwickelten die Siemens-Reiniger Werke damals den ersten „Universal-Planigraphen“, einen Vorläufer der Tomographie, die wir heute als Computer-Tomographie (CT) kennen.<sup>2</sup> Mit den neuen Möglichkeiten der digitalen Bildverarbeitung wurde schließlich die Tomosynthese möglich. Für die Weiterentwicklung dieses Bildgebungsverfahrens greift Siemens Healthineers auf

einen umfangreichen Erfahrungsschatz von mehr als 40 Jahren in der Entwicklung von 3D-Bildgebung zurück. So kommen bei der Brust-Tomosynthese zum Beispiel Algorithmen zum Einsatz, die bereits in anderen Technologien von Siemens Healthineers erfolgreich Anwendung gefunden haben. Das spiegelt sich schließlich in der hohen Bildqualität der Brust-Tomosynthese von Siemens Healthineers wieder.

2009 präsentierte Siemens Healthineers sein erstes Tomosynthese-System, das die US-amerikanische Food and Drug Administration (FDA) im Jahr 2015 für die USA freigab. Bald darauf konnte das Unternehmen die nächste Generation der Tomosynthese-Systeme vorstellen: Die High Definition Brust-Tomosynthese, die aktuellste Generation der Tomosynthese von Siemens Healthineers, erhielt im Frühjahr 2017 die Freigabe für die USA. Besondere Merkmale der High Definition Brust-Tomosynthese sind die sogenannte Empire-Technologie mit ihrer Kombination aus iterativen Algorithmen und maschinellem Lernen und die Möglichkeit der Insight 2D- und 3D-Darstellung. Die High Definition Brust-Tomosynthese von Siemens Healthineers ist die erste und bisher einzige Tomosynthese, die von der FDA als alleinige Screening-Methode zugelassen ist – ohne zusätzliche Mammographie-Aufnahme oder synthetisches 2D-Bild.<sup>25</sup> Die High Definition Brust-Tomosynthese zeigt: Bei einer hinreichend hohen Bildqualität der Tomosynthese-Aufnahmen braucht sich die untersuchte Frau keiner zusätzlichen Mammographie und somit keiner zusätzlichen Strahlendosis mehr zu unterziehen.

### **HD Brust-Tomosynthese mit 50-Grad-Aufnahmewinkel erstmalig für Biopsie verfügbar**

Mammomat Revelation, das neue Mammographie-System von Siemens Healthineers bietet die bestmögliche Tiefenauflösung, die am Markt verfügbar ist.<sup>26-28</sup> Mit Mammomat Revelation können auch Biopsien, also die Entnahme einer Gewebeprobe, basierend auf der 3D HD Brust-Tomosynthese mit einem Aufnahmewinkel von 50 Grad durchgeführt werden. HD Breast Biopsy ermöglicht die Lokalisierung von zu untersuchendem Gewebe mit nur einem Klick und einer Genauigkeit von einem Millimeter. Der neue integrierte und dedizierte Gewebeprobenscanner erlaubt die sofortige Überprüfung des entnommenen Gewebes direkt am selben Gerät. Mammomat Revelation macht damit den klinischen Ablauf effizienter und verkürzt die Zeit, in der die Brust der Patientin komprimiert sein muss. Zudem wird der Ablauf der Kompression sanfter und die Kompressionskraft automatisch und individuell auf einen optimalen Wert eingestellt. Zusammen mit den

neuen ergonomischen SoftComp-Kompressionsplatten verbessert die „Personalized Soft Compression“-Funktion die Positionierung der Brust, gewährleistet eine gleichbleibend hohe Bildqualität und reduziert das unangenehme Empfinden der Frauen während der Untersuchung. Mammomat Revelation ist außerdem das erste Mammographie-System, das die Brustdichte automatisiert bestimmt und den Wert schon während der Untersuchung anzeigt, was einen personalisierten Ablauf der Untersuchung unterstützt. Basierend auf dieser Information können notwendige Folgeuntersuchungen direkt initiiert werden. Die Patientin erhält schneller den Befund – die Untersuchungsabläufe werden verbessert, die Verunsicherung minimiert und die Zufriedenheit der Patientin erhöht. Insgesamt verbessert die HD Brust-Tomosynthese damit die Patientenerfahrung und baut die Präzisionsmedizin aus, indem die Diagnosegenauigkeit gesteigert wird.

### **Höhere Entdeckungsrate bei geringerer Strahlendosis dank Brust-Tomosynthese von Siemens Healthineers**

Dass die Tomosynthese die diagnostische Genauigkeit bei der Brustkrebsfrüherkennung im Vergleich zur standardmäßigen Mammographie signifikant verbessert und eine höhere Entdeckungsrate von Brustkrebs ermöglicht, belegen verschiedene wissenschaftliche Screening-Studien.<sup>10,11,14</sup> Eine prospektive, also vorausschauende Screening-Studie mit dem Tomosynthese-System von Siemens Healthineers führte die Universität Lund in Malmö (Schweden) von 2010 bis 2017 durch.<sup>10,29</sup> An der Studie nahmen rund 15.000 Frauen im Alter von 40 bis 74 Jahren teil.<sup>10,29</sup> Bei ihnen wurde sowohl eine 2-Ebenen-Mammographie als auch eine 1-Ebenen-Tomosynthese für jede Brust durchgeführt. Mittels der 1-Ebenen-Tomosynthese konnten mehr Krebstumore gefunden werden als mit einer 2-Ebenen-Mammographie. Dieses Ergebnis sticht deshalb besonders hervor, weil bei der 1-Ebenen-Tomosynthese etwa 33 Prozent weniger Strahlendosis benötigt wird als bei der derzeit standardmäßig durchgeführten 2-Ebenen-Mammographie.<sup>10</sup> Für Frauen bedeutet das: Mithilfe der Tomosynthese kann Brustkrebs besser erkannt werden als bei der Mammographie – und das, folgt man den Erkenntnissen des Malmö Breast Tomosynthesis Screening Trials, bei einer gleichzeitig geringeren Strahlendosis.

Neben einer geringeren Strahlendosis könnte es auch eine bedeutsame Zeitersparnis geben: So kommt die Studie aus Malmö zu dem Ergebnis, dass die Befundung der alleinigen 1-Ebenen-Brust-Tomosynthese nur ein Drittel der Zeit in Anspruch nimmt, die in anderen

Studien für die Befundung einer 2-Ebenen-Mammographie und einer 2-Ebenen-Brust-Tomosynthese zusammen benötigt wurde.<sup>10</sup> Da in 90 Prozent der Fälle für ein Tomosynthese-Verfahren bis zu 50 Prozent weniger Kompressionskraft angewandt wurde als bei einer Standard-Mammographie-Untersuchung, ist dies zusammen mit der verkürzten Zeit ein weiterer Vorteil, der potentiell mehr Frauen dazu ermutigt, sich untersuchen zu lassen.<sup>10,29</sup> Vergleichbar mit anderen europäischen Screening-Studien,<sup>13,14,30,31</sup> stellt die Malmö-Studie eine erhöhte Rückrufrate fest, doch lag diese noch immer weit unter dem vorgeschriebenen europäischen Grenzwert.<sup>10</sup> Der Anstieg der Rückrufrate ist vor allem damit zu erklären, dass diese in der Malmö-Studie proportional zur Entdeckungsrate ansteigt: Einerseits wurden also mehr Frauen zur erneuten Befundung gebeten, aber andererseits entdeckten die Ärzte dabei tatsächlich mehr bösartige Tumore als mit der Mammographie. In der zweiten Hälfte der Studie konnte sich zudem wieder ein Rückgang der Rückrufrate verzeichnen lassen.<sup>22</sup> Man kann deshalb davon ausgehen, dass die Rückrufrate mit wachsender Erfahrung bei der Befundung sinkt.<sup>22</sup> Dass Training die Basis für eine erfolgreiche Diagnose ist, zeigt auch eine weitere Studie, in der bewiesen wird, dass 1-Ebenen-Tomosynthese von erfahrenen Radiologen besser gelesen wird als von unerfahrenen Befundern.<sup>32</sup>

Die Ergebnisse der Malmö-Studie bekräftigen die Bedeutung einer hohen Bildqualität durch eine Tomosynthese-Aufnahme. Sie ist Voraussetzung dafür, dass Ärzte mithilfe der Brust-Tomosynthese trotz geringerer Strahlendosis eindeutiger Befunde stellen können als bei der Mammographie. Der Aufnahmewinkel bietet die höchste Tiefenauflösung und bringt das Potential mit sich, die Qualität der Tomosynthese Bilder zu erhöhen.<sup>26,33</sup> Abhängig ist die Qualität der Tomosynthese-Aufnahmen in hohem Maße von ihrem Aufnahmewinkel und der Anzahl der Projektionen. Eine qualitativ hochwertige Brust-Tomosynthese hilft dabei, die Erkennungsrate von Brustkrebs und die Diagnosesicherheit für Ärzte und Frauen zu erhöhen. Mit dem weiten Tomo-Winkel von 50 Grad und den 25 Projektionen setzt Siemens Healthineers mit der High Definition Brust-Tomosynthese neue Maßstäbe in der Qualität der Tomosynthese und leistet damit einen bedeutenden Beitrag in der Brustkrebsfrüherkennung.



Diese Hintergrund-Information sowie Bilder finden Sie in unserer [Mediathek](#).

Weitere Informationen zu den Themen Mammographie und Brust-Tomosynthese unter [www.healthcare.siemens.de/mammography/news](http://www.healthcare.siemens.de/mammography/news).

## Ansprechpartner für Journalisten

Ulrich Künzel

Tel.: +49 162 2433492; E-Mail: [Ulrich.Kuenzel@siemens-healthineers.com](mailto:Ulrich.Kuenzel@siemens-healthineers.com)

## Quellen

- <sup>1</sup> World Health Organization: Cancer - Breast Cancer. <http://www.who.int/cancer/prevention/diagnosis-screening/breast-cancer/en/>, accessed on February 23, 2018.
- <sup>2</sup> Mertelmeier T, Speitel J, and Frumento C (2012): 3D breast tomosynthesis – intelligent technology for clear clinical benefits. White Paper, Siemens Healthcare GmbH. [http://www.tomosintesi.org/mail/41\\_Whitepaper\\_3D\\_Breast\\_21.03\\_102983620\\_1.pdf](http://www.tomosintesi.org/mail/41_Whitepaper_3D_Breast_21.03_102983620_1.pdf)
- <sup>3</sup> Dowling EC, Klabunde C, Patrick J, et al. (2010): Breast and cervical cancer screening programme implementation in 16 countries. Journal of Medical Screening 17(3): 139-46. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20956724>
- <sup>4</sup> Müller-Schimpfle MP, Brandenbusch VC, Degenhardt F, et al. (2016): Zur Problematik der mammografisch dichten Brust – des AK Mammasonografie der DEGUM. Senologie 13: 76–81. <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0042-106030>
- <sup>5</sup> Carney PA, Migloretti DL, Yankaskas BC, et al. (2003): Individual and combined effects of age, breast density, and hormone replacement therapy use on the accuracy of screening mammography. Ann Intern Med 138: 168–75. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12558355>
- <sup>6</sup> Choi JW, Im HH, Lee SY, et al. (2016): A comparison between digital breast tomosynthesis and full-field digital mammography for the detection of breast cancers. Breast Cancer 23(6): 886–92. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26534858>
- <sup>7</sup> Andersson, Ingvar, et al. (2008): Breast tomosynthesis and digital mammography: a comparison of breast cancer visibility and BIRADS classification in a population of cancers with subtle mammographic findings. European radiology 18(12): 2817–2825. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18641998>
- <sup>8</sup> Lindhardt, F (2010): Digital Breast Tomosynthesis. A clinical assessment based on literature. Whitepaper, Siemens Healthcare GmbH. [http://www.tomosintesi.org/mail/1271\\_Whitepaper\\_Digital\\_Breast\\_clinical%20review.pdf](http://www.tomosintesi.org/mail/1271_Whitepaper_Digital_Breast_clinical%20review.pdf)
- <sup>9</sup> European Reference Organisation for Quality Assured Breast Screening and Diagnostic Services (2016): Protocol for the Quality Control of the Physical and Technical Aspects of Digital Breast Tomosynthesis Systems 1.01, June 2016. <http://www.euref.org/downloads?download=53:european-tomo-qc-protocol-version-1-01>
- <sup>10</sup> Lång K, Andersson I, Rosso A, et al. (2016): Performance of one-view breast tomosynthesis as a stand-alone breast cancer screening modality: results from the Malmö Breast Tomosynthesis Screening Trial, a population-based study. European radiology, 26(1): 184–190. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25929946>
- <sup>11</sup> Ciatto S, Houssami N, Bernardi D, et al. (2013): Integration of 3D digital mammography with tomosynthesis for population breast-cancer screening (STORM): a prospective comparison study. Lancet Oncology 14: 583–89. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23623721>
- <sup>12</sup> Rodriguez-Ruiz A, Teuwen J, et al (2017): New reconstruction algorithm for digital breast tomosynthesis: better image quality for humans and computers. Acta Radiologica 0(0): 1–9. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29254355>
- <sup>13</sup> Skaane P, Bandos AI, Gullien ER, et al. (2013): Prospective trial comparing full-field digital mammography (FFDM) versus combined FFDM and tomosynthesis in a population-based screening programme using independent double reading with

arbitration. *European Radiology* 23(8): 2061–71. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23553585>

<sup>14</sup> Skaane P, Bandos AI, Eben EB, et al. (2014): Two-view digital breast tomosynthesis screening with synthetically reconstructed projection images: comparison with digital breast tomosynthesis with full-field digital mammographic images. *Radiology* 271: 655–63. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24484063>

<sup>15</sup> Zhou J, Zhao B, Zhao W (2007): A computer simulation platform for the optimization of a breast tomosynthesis system. *Medical physics* 34(3): 1098–109. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/17441255>

<sup>16</sup> Mertelmeier T, Ludwig J, Zhao B, Zhao W (2008): Optimization of Tomosynthesis Acquisition Parameters: angular range and number of projections. *Lecture Notes in Computer Science* 5116: 220–227. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-70538-3\\_31](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-70538-3_31)

<sup>17</sup> Chawla AS, Lo JY, Baker JA, Samei E (2009): Optimized image acquisition for breast tomosynthesis in projection and reconstruction space. *Medical Physics* 36: 4859–4869. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19994493>

<sup>18</sup> Sechopoulos I, Ghetti C (2009): Optimization of the acquisition geometry in digital tomosynthesis of the breast. *Medical physics* 36(4): 1199–207. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19472626>

<sup>19</sup> Zeng R, Park S, Bakic P, Myers KJ (2015): Evaluating the sensitivity of the optimization of acquisition geometry to the choice of reconstruction algorithm in digital breast tomosynthesis through a simulation study. *Physics in medicine and biology* 60(3): 1259–88. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25591807>

<sup>20</sup> Bissonnette M, Hansroul M, Masson E, et al. (2005): Digital breast tomosynthesis using an amorphous selenium flat panel detector. *Proc.SPIE Vol. 5745, 529-540*. <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/5745/0000/Digital-breast-tomosynthesis-using-an-amorphous-selenium-flat-panel-detector/10.1117/12.601622.short?SSO=1>

<sup>21</sup> Roth, Robyn Gartner, et al. (2014): Digital breast tomosynthesis: lessons learned from early clinical implementation. *Radiographics* 34(4): E89–E102. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25019451>

<sup>22</sup> Lång K, et al. (2016): False positives in breast cancer screening with one-view breast tomosynthesis: an analysis of findings leading to recall, work-up and biopsy rates in the Malmö Breast Tomosynthesis Screening Trial. *European radiology* 26(11): 3899–3907. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26943342>

<sup>23</sup> Tani, H. et al. (2014): Assessing radiologist performance and microcalcifications visualization using combined 3D Rotating Mammogram (RM) and Digital Breast Tomosynthesis (DBT). *Lecture Notes in Computer Science* 8539: 142–149. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07887-8\\_21](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-07887-8_21)

<sup>24</sup> Neubauer J, Neubauer C, Wicklein J, et al. (2018): Multiple angulated mammography reconstructions in Digital Breast Tomosynthesis for the diagnosis of microcalcifications – added value to standard stack reconstructions and synthesized mammography. *Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York*. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29390228>

<sup>25</sup> Clinical Study Report for Protocol SMS-SP09-01. <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfpma/pma.cfm?id=P140011>

<sup>26</sup> Maldera et al. (2016): Digital breast tomosynthesis: dose and image quality assessment. *Physica Medica*: 1–12.

<sup>27</sup> Marshall N.W. and Bosmans H. (2012): Measurements of system sharpness for two digital breast tomosynthesis systems. *Physics in Medicine and Biology* 57: 7629–7650. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23123601>

<sup>28</sup> Rodríguez-Ruiz A. et al. (2016): Evaluation of the technical performance of three different commercial digital breast tomosynthesis systems in the clinical environment. *Physica Medica* 32(6): 767–777. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27180118>

<sup>29</sup> Zakrisson, S (2017): Breast cancer screening with tomosynthesis detects more cancers: final results of 14,848 women in a prospective, population-based screening trial. *RSNA Abstract (SSJ01-01)* from <https://rsna2017.rsna.org/program/>

<sup>30</sup> Skaane P et al. (2013): Comparison of digital mammography alone and digital mammography plus tomosynthesis in a population-based screening program. *Radiology* 267(1):47–56. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23297332>

<sup>31</sup> Bernardi D et al. (2016): Breast cancer screening with tomosynthesis (3D mammography) with acquired or synthetic 2D mammography compared with 2D mammography alone (STORM-2): a population-based prospective study. *Lancet Oncology* 17(8): 1105–1113. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27345635>

<sup>32</sup> Rodriguez A, Gubern-Merida A, et al. (2017): One-view digital breast tomosynthesis as a stand-alone modality for breast cancer detection: do we need more? European radiology 1-11. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29230524>

<sup>33</sup> Scaduto DA et al. (2017): Impact of Tomosynthesis Angular Range on Mass Conspicuity in Patients with Dense Breasts. RSNA 2017 Science Session with Keynote: Physics (Breast Tomosynthesis, Breast CT) SSG14. <https://rsna2017.rsna.org/program/index.cfm>

**Siemens Healthineers** ist das separat geführte Healthcare-Geschäft der Siemens AG. Es unterstützt Gesundheitsversorger weltweit dabei, ihren Wert zu erhöhen, indem es ihnen dabei hilft, die Präzisionsmedizin auszubauen, die Gesundheitsversorgung neu zu gestalten, die Patientenerfahrung zu verbessern und das Gesundheitswesen zu digitalisieren. Als führendes Unternehmen der Medizintechnik entwickelt Siemens Healthineers sein Produkt- und Serviceportfolio stetig weiter. Das gilt für die Kernbereiche der Bildgebung für Diagnostik und Therapie sowie für die Labordiagnostik und die molekulare Medizin. Zusätzlich werden die Angebote im Bereich digitale Gesundheitsservices und Krankenhausmanagement gemeinsam mit den Betreibern stetig weiterentwickelt.

Im Geschäftsjahr 2017, das am 30. September 2017 endete, erzielte Siemens Healthineers ein Umsatzvolumen von 13,8 Milliarden Euro und ein Ergebnis von 2,5 Milliarden Euro und ist mit rund 48.000 Beschäftigten weltweit vertreten. Weitere Informationen finden Sie unter [www.siemens.com/healthineers](http://www.siemens.com/healthineers).