

Vorschläge der EUREF zur Qualitätssicherung in der mammographischen Tomosynthese

S. Schopphoven, Referenzzentrum Mammographie Südwest
EUREF Physico Technical Steering Group

**EUREF Draft QC protocol
for breast tomosynthesis systems
Version 0.15**

Autoren (* Mitglieder der EUREF PT-SG):
R. van Engen, the Netherlands (Korresp. Autor)*
H. Bosmans, Belgium*
R. Bouwman, the Netherlands
D. Dance, United Kingdom
P. Heid, France*
B. Lazzaari, Italy*
N. Marshall, Belgium
S. Schopphoven, Germany*
C. Strudley, United Kingdom
M. Thijssen, the Netherlands*
K. Young, United Kingdom*

+ Mitwirkende (engl.: Contributors)

Übersicht QS in der mammographischen Tomosynthese

1. Aktive Arbeitsgruppen (Stand Juni 2014)
2. Grundlegende Herausforderungen
3. Aktueller Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
 - a) Hintergrund
 - b) Spezielle Anforderungen an Systeme / Hersteller
 - c) Struktur des Protokolls
 - d) Grenzwerte im Protokoll
4. Praktische Herausforderungen
5. Fazit

1. Aktive Arbeitsgruppen QS in der mammographischen Tomosynthese

U. v. M...

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

Full-field geometry

Scanning slot geometry

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

DBT System	General Electric Essential	Hologic Selenia Dimensions	IMS Giotto TOMO	Philips Microdose	Planmed Clarity3D	Siemens Mammomat Inspiration	Fujifilm Amulet Innovility
Type of geometry	Full-field	Full-field	Full-field	Scanning multislit	Full-field	Full-field	Full-field
Detector type	Energy integrating	Energy integrating	Energy integrating	Photon counting	Energy integrating	Energy integrating	Energy integrating
Detector material	CsI-Si	a-Se	a-Se	Si	CaI-a-Si	a-Se	a-Se
Detector element size (µm)	100	70	85	50	83	85	89
Focal plane pixel size	100	95-117	85	50	83/166	85	100/150
X-ray tube motion	Step-and-shoot	Continuous	Step-and-shoot	Continuous	Continuous, Sync-and-Shoot	Continuous	Continuous
Target	Mo/Rh	W	W	W	W	W	W
Filter	Mo: 30 µm Rh: 25 µm	Al: 700 µm	Rh: 50 µm Ag: 50 µm	Al: 500 µm	Ag: 75 µm Rh: 60 µm	Rh: 50 µm	Al: 700 µm
Angular range	25	15	40°	N/A*	30	50	15/40
Number of projection images	9	15	13	21*	15	25	15
Source to detector distance (mm)	660	700	680	660	650	655	650
Distance between detector and centre of rotation (mm)	40	0	20	400*	4.4	47	46

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

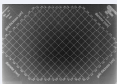
- Diverse unterschiedliche Optionen und Systemdesigns:

Eigenschaft / Komponente	Option 1 / von	Option 2 / bis
Detektortechnologie	Vollfeld	Scan
Röhrenbewegung	„Step & shoot“	kontinuierlich
Aufnahmewinkel	klein (15°)	groß (50°)
Anzahl Projektionen	klein (9)	groß (25)
Exposition pro Projektion	konstant	variabel
Streustrahlenraster	mit	ohne
Dosis-Level vgl. zu 2D	höher	~ identisch
Rekonstruktionstechnik	FBP	iterativ
etc...		

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

Einführung neuer Techniken:

- Bewertung der digitalen Mammographie
 - Physikalisch-Technische Bewertung der Bildqualität im Vergleich zu analoger Mammographie
- Bewertung der Tomosynthese
 - Physikalisch-Technische Bewertung der Bildqualität im Vergleich zu digitaler Mammographie?
 - Geeignete Prüfkörper?

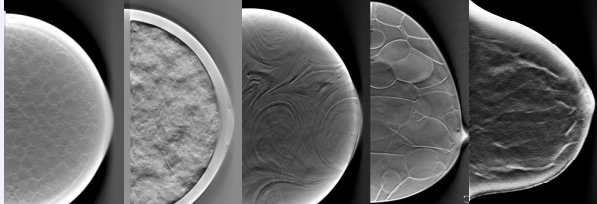


www.EUREF.org

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

Anforderungen an Prüfkörper zur Bewertung der Bildqualität:

- Strukturen, die Vorteile der Tomosynthese abbilden



PE Kugeln in Wasser Voxmam (LeedsTO) BR3D (CIRS) U of PENN U of DUKE
Gang G. Med Phys 2010 (Siemens Inspiration DBT)

www.EUREF.org

2. Herausforderungen für QS in der mammographischen Tomosynthese

Bewertung der Tomosynthese:

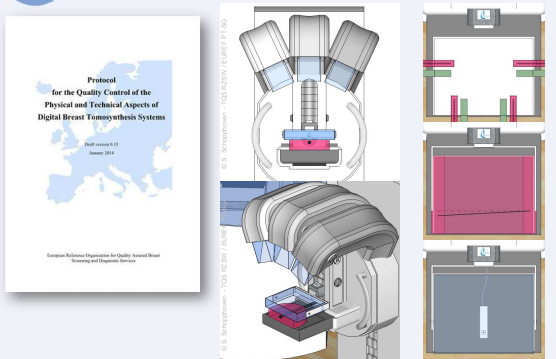
- Zusätzlicher Nutzen?
- Einsatz im Screening:
 - Als primäre Screeninguntersuchung?
 - Als ergänzende Untersuchung in der Abklärung?
 - 1 oder 2 Ebenen?

Bislang kein Konsens!

- EUREF-Tomo-Protokoll:
 - Keine Aussagen zum diagnostischen Nutzen der Tomosynthese
 - ⇒ klinische Fragestellung

www.EUREF.org

3. EUREF Draft QC protocol for breast tomosynthesis systems (v 0.15)



www.EUREF.org

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15) a) Hintergrund

Zielsetzung:

- Klinische Relevanz
- Sicherstellung der Stabilität des Systems (AP & KP)
- Einheitliche, herstellerunabhängige Prüfmethode
- Offene Diskussion mit Hersteller und Anwendern
- Vorgaben zu erforderlichen Systemanpassungen für QS

(Noch) Kein Anspruch auf Vollständigkeit!

www.EUREF.org

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15) a) Hintergrund

Prüfung der Tomosynthese-Funktionalität:

- Tomosynthesesysteme = Mammographiesysteme mit Zusatzfunktion

↓

- Voraussetzung für Tomo-Prüfung: Prüfung des 2D-Modus

↓

- Einzelne Prüfpunkte bereits abgedeckt, sofern Betriebsbedingungen* identisch sind

* z.B. Target-Filter, Filterdicke, Detektor-Readout, ...

www.EUREF.org

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
b) Spezielle Anforderungen an Systeme / Hersteller

- Statischer Tomo-Aufnahmemodus (0°-Mode):
 - Identische Expositionen wie im Tomo-Betrieb, aber ohne Bewegung der Komponenten
 - Ermöglicht Dosismessungen
- Erfüllung des DICOM Supplement 125:
 - Breast Tomosynthesis Image Storage SOP Class
- Zugriff auf einzelne Projektionen im DICOM-Format (mit vollständig ausgefüllten Header-Informationen)
- Zugriff auf Deadpixel-Map des Tomosynthese-Modus

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
b) Spezielle Anforderungen an Systeme / Hersteller

- Vollständige Spezifikationen:
 - Fokus-Bildempfänger-Abstand
 - Fokus-Rotationszentrums-Abstand
 - Gesamter Winkelbereich und Winkelabstand der Projektionen
 - Dosisverteilung der Projektionen
 - Belichtungszeit pro Projektion bei typischer Röhrenbelastung
 - Gesamtbelichtungszeit (inkl. und exkl. Vorschuss)
 - etc.
- Synthetische 2D-Rekonstruktion (nicht im Protokoll)

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
c) Struktur

- Aufteilung nach Komponenten:

Kapitel	Komponente
1 X-ray generation	Strahlenerzeugung
2 AEC-system	Belichtungsautomatik
3 Compression	Kompressionseinheit
4 Image receptor	Bildempfänger
5 Image quality of the reconstructed image	Bildqualität der Rekonstruktion
6 Dosimetry	Dosimetrie
7 Image presentation	Biiddarstellung
Anhänge	

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
c) Struktur

- Aufteilung nach Signifikanz:

Eingruppierung / Signifikanz	
Essential test items	Erforderliche Prüfpositionen
Desirable test items	Empfohlene Prüfpositionen
Optional test items	Optionale Prüfpositionen

- Aufteilung nach Prüfhäufigkeit:

Protokoll	Deutsches System
acc.	Abnahmeprüfung
acc./routine	Abnahme- und Konstanzprüfung
typetest	- (entfällt)

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
c) Struktur

Essential test items:	performed:
1.4 Tube output	acc.
1.5.2 HVL	acc.
1.6 Exposure distribution per projection image	acc./routine
2.1 Back-up timer and security out-off	acc./routine
2.2 AEC Short term reproducibility	acc./routine
2.3 AEC Long term reproducibility	acc./routine
2.4 AEC performance	acc./routine
3.1 Compression force	acc./routine
4.1.1 Response function	acc./routine
4.1.2 Noise analysis	acc./routine
4.2 Detector element failure	acc./routine
4.3 Uncorrected defective detector elements	acc./routine
5.1 Stability of image quality in the x-y plane	acc./routine
5.2 Z-resolution	acc./routine
5.5 Missed tissue	acc./routine
5.6 Homogeneity of the reconstructed tomosynthesis image	acc./routine
5.7 Geometric distortion	acc.
6.2.1 Assessing AGD with PMMA	acc./routine
6.2.2 Assessing clinical breast doses	type test

1 It must be verified whether the target, material and thickness of the filter and readout of the detector is equal in FFDM and DBT mode.
2 It must be verified whether the readout of the detector is equal in FFDM and DBT mode.

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15)
c) Struktur

Desirable test items:	performed:
1.2 Focal spot motion	acc./routine
1.3 Coincidence of reconstructed and irradiated volume	acc./routine
2.5 Exposure time and total scan time	acc./routine
4.5 System projection MTF	acc./routine
5.7 Geometric distortion	routine
6.2.2 Assessing clinical breast doses	acc./routine

Optional test items:	performed:
1.1 Focal spot size	acc.
1.5.1 Tube voltage	acc./routine
1.6 Exposure distribution per projection image	acc.
5.3 MTF in the x-y plane	acc./routine
5.4 NPS in the x-y plane	acc./routine

⇒ Appendix III: Significance of test items

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15) d) Grenzwerte

Grenzwerte im Protokoll:

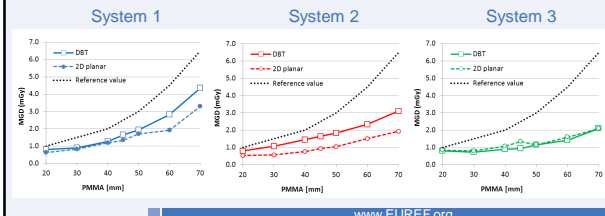
- Von digitaler 2D-Mammographie 1:1 übernommen (z.B. BA-Reproduzierbarkeit)
- Selbstverständlich (z.B. Bildbegrenzung)
- 2D-Mammographie Grenzwerte als Referenzwerte übernommen (z.B. Dosimetrie)
- Herstellervorgaben (z.B. Ausfall von Detektorelementen)
- Nicht vorgegeben (z.B. Auflösung z-Achse)

www.EUREF.org

3. Entwurf des EUREF-Tomo-Protokolls (v 0.15) d) Grenzwerte

Bsp. Dosimetrie:

- Systeme liegen unterhalb 2D Grenzwert "acceptable"
- Bislang unklar, ob 2D Dosisgrenzwerte auf Tomo angewendet werden sollten \Rightarrow Referenzwerte



www.EUREF.org

4. Praktische Herausforderungen

Organisatorisch:

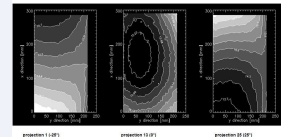
- Große Datenmengen
- Rekonstruktionszeit
- Zugriff auf Bilddaten (Rekonstruktion und Projektionen)
- Kompliziertes Handling der Bilddaten

www.EUREF.org

4. Praktische Herausforderungen

Physikalisch:

- Geringe Dosis pro Projektion (Rauschen)
- Keine individuelle Flatfield-Korrektur einzelner Projektionen
- Keine rechteckige Geometrie
 - Strahlengang
 - Dosimeter
 - Prüfkörper
- Aufwand der Bildanalyse



www.EUREF.org

5. Fazit

- Der aktuelle Entwurf des QC-Protokolls liefert nicht alle endgültigen Antworten
- Noch keine Prüfung der Bildqualität der Rekonstruktion enthalten (relevante Strukturen in anatom. Hintergrund)
 - Mehrere Tests werden vorgeschlagen, um Informationen über die Bildqualität zu erhalten
- Bislang überwiegend Verwendung bereits vorhandener Prüfmittel
- Optimierte Prüfmittel sind in Arbeit
- Bislang konnten noch nicht alle Hersteller spezielle Anforderungen vollständig umsetzen

www.EUREF.org

5. Fazit

- Wichtiger Beitrag zur Entwicklung einer einheitlichen und herstellernunabhängigen Qualitätssicherung
- Keine schlichten Vorschläge, vielmehr konkrete Empfehlungen auf Basis fundierter praxisbezogener und validierter Forschungsergebnisse
- Kommentare, Verbesserungsvorschläge, Diskussionen, usw. sind jederzeit gerne willkommen!

Bezugsquelle: www.euref.org/downloads

www.EUREF.org

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Qualitätssicherung mit Durchblick



www.euref.org/downloads

www.EUREF.org

Ergänzende Literaturverweise

- RW Bouwman, O Diaz, RE van Engen, KC Young, GJ den Heeten, MJM Broeders, WJH Veldkamp, DR Dance, Phantoms for quality control procedures in digital breast tomosynthesis: dose assessment, in: *Physics in Medicine and Biology*, 58 (2013) 4423–4438.
- Sechopoulos, A review of breast tomosynthesis. Part I. The image acquisition process, *Med. Phys.* 40(1), January 2013.
- Sechopoulos, A review of breast tomosynthesis. Part II. Image reconstruction, processing and analysis, and advanced applications, *Med Phys.* 40(1), January 2013.
- Marshall NW, Bosmans H. Measurements of system sharpness for two digital breast tomosynthesis systems, *Phys. Med. Biol.* 2012 Nov 21; 57 (22): 7629-50.
- Ramona W. Bouwman, Oliver Diaz, Kenneth C. Young, Ruben E. van Engen, Wouter J.H. Veldkamp, David R. Dance, Phantoms for quality control procedures of digital breast tomosynthesis, in: Maidment (ed), *Breast Imaging, proceedings IWDM 2012*, pp 322-329.

www.EUREF.org

Ergänzende Literaturverweise

- D.R. Dance, K.C. Young and R.E. van Engen 2011 Estimation of mean glandular dose for breast tomosynthesis: factors for use with the UK, European and IAEA breast dosimetry protocols. *Phys. Med. Biol.* 56 453-471
- Marshall NW, Jacobs J, Cockmartin L and Bosmans H 2010 Technical evaluation of a digital breast tomosynthesis system LNCS 6136, pp. 350–356 in J. Martí et al. (Eds.) *International Workshop on Digital Mammography (IWDM)*
- R.W. Bouwman, R. Visser, K.C. Young, D.R. Dance, B. Lazzari, R. van der Burght, P. Heid R.E. van Engen, Daily quality control for breast tomosynthesis, *Proceedings of SPIE Medical Imaging 2010*.
- J. Jacobs, N. Marshall, L. Cockmartin, F. Zanca, R. van Engen, K. Young, H. Bosmans, E. Samei, Towards an international consensus strategy for periodic quality control of digital breast tomosynthesis systems, in: J. Hsieh, E. Samei (ed), *Medical Imaging 2010: The Physics of Medical Imaging*
- R.E. van Engen, R. Bouwman, R. van der Burght B. Lazzari, D.R. Dance, P. Heid, M. Aslund, & K.C. Young, Image Quality Measurements in Breast Tomosynthesis, *Proc. IWDM*, pp. 696-702 (2008)

www.EUREF.org