

Prüfanleitung für die Durchführung der ergänzenden Prüfpositionen nach EPQC 4th Edition für digitale Mammographie-Systeme im deutschen Mammographie Screening



Leitfaden der deutschen Referenzzentren für Mammographie.

1. Einleitung

Nach Beschluss des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 12. Januar 2007 sind für alle Röntgeneinrichtungen mit digitalem Bildempfänger im Mammographie-Screening ergänzende Prüfungen für das Kontrastauflösungsvermögen sowie Berechnung der mittleren Parenchyndosis nach den „European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis“ durchzuführen.

Diese Prüfanleitung beschreibt die Durchführung der oben genannten Prüfungen. Sie beschreibt keine Spezifikation oder Anforderungen an die entsprechenden Prüfkörper.

Diese Prüfanleitung wurde zwischen allen Deutschen Referenzzentren für Mammographie abgestimmt und wird bei allen jährlichen Konstanzprüfungen im Rahmen des BMVÄ angewandt.

2. Ermittlung der mittleren Parenchyndosis [AGD] Prüfposition 2b.2.3

2.1. Messungen

2.1.1 Mammographie-Systeme mit manueller Positionierung der Belichtungsmesskammer (Ausgenommen sind Systeme die rein nach Kompressionsdicke arbeiten siehe 2.1.3)

Bei 7 PMMA-Dicken (20, 30, 40, 46, 50, 60, und 70 mm) wird mit Hilfe der Belichtungsautomatik (AEC) die Einfalldosis bestimmt. Die Belichtungsautomatik ist dabei so einzustellen, wie sie im Patientenbetrieb verwendet wird. Die Messkammer des Dosimeters ist dabei 6 cm thoraxwandfern sowie mittig auf der Längsachse des Prüfkörpers zu platzieren*. Die Belichtungsmesskammer ist thoraxwandnah zu positionieren. Keinesfalls darf die Messkammer des Dosimeters die Messkammer der Belichtungsautomatik überdecken.

* Wegen der Besonderheiten bei Scan-Systemen (Kollimatoren) sind für die Positionierung der Messkammer des Dosimeters die entsprechenden Herstellerangaben zu beachten.

Anmerkung:

Es wurde eine feste Position der Belichtungsmesskammer (thoraxwandnah) gewählt, um möglichen Positionierungsfehlern vorzubeugen. Eine Platzierung der BA-Messkammer möglichst nah an der Messkammer des Dosimeters würde wegen der charakteristischen Eigenschaften des Strahlenfeldes (Heel-Effekt) eine genauere Messung ergeben. Durch die oben beschriebene Vorgehensweise ist eine Abweichung von ca. 2 % zu erwarten.

2.1.2 Vollfeld-Detektor-Systeme ohne manuelle Positionierung der Belichtungsmesskammer

Einige DR-Systeme erlauben keine manuelle Platzierung der BA-Messkammer. Diese Systeme bestimmen die Position des Mess-Areals für die Belichtungsautomatik variabel nach der Dichte des durchstrahlten Objektes. Deshalb ist es notwendig, für jede PMMA-Dicke eine Aufnahme mit reinem homogenem Plexiglas anzufertigen.

Die mit homogenem PMMA vom Gerät geschalteten Parameter (Strom-Zeit-Produkt, Röhrenspannung, Anoden-Filter-Kombination) sind zu dokumentieren. Anschließend muss für alle 7 Dicken die Einfalldosis im manuellen Betrieb ermittelt werden. Die Parameter für Röhrenspannung, mAs und Anoden-Filterkombination sind der jeweiligen Messung im Vollautomatikbetrieb zu entnehmen.

Da sich der mit BA ermittelte mAs-Wert in den meisten Fällen nicht exakt am Gerät einstellen lässt, wird für jede Dosismessung die nächst höhere mAs-Stufe verwendet. Dadurch wird verhindert, dass es zu einer Unterschätzung der Dosis kommt. Die Messkammer des Dosimeters ist wie bei 2.1.1 zu platzieren.

Im ungünstigsten Fall kann sich durch die Differenz zwischen frei wählbarer mAs und der durch die BA geschalteten mAs ein um 11 % höherer Wert des Strom-Zeit-Produktes ergeben.

2.1.3 Systeme, die ihre Belichtungsparameter nach Kompressionsdicke ermitteln

Bei Systemen, die ihre Aufnahmeparameter aufgrund der Kompressionsdicke bestimmen, führt die Höhe der Messkammer des Dosimeters mit anschließender Kompression zu einer Verfälschung der Kompressionsdicke und somit zu abweichenden Aufnahmeparametern*. Aus diesem Grund ist eine Vorgehensweise wie bei **2.1.2** notwendig.

Eine Ausnahme bilden Systeme, die Ihre Belichtungsparameter zwar nach Kompressionsdicke bestimmen, aber lediglich je nach PMMA Dicke voreingestellte Belichtungsprogramme für Anode, Filter und Röhrenspannung dem Anwender empfehlen (Programmautomatik). Hierbei kann durch Auflegen der entsprechenden PMMA Dicke ohne Messkammer des Dosimeters und anschließender Mindest-Kompression das adäquate BA-Programm ermittelt werden, ohne dass dabei Strahlung ausgelöst wird*. Mit der so ermittelten Aufnahmespannung und Anoden-Filterkombination für jede PMMA-Dicke kann die Einfalldosis nach **2.1.1** bestimmt werden

*Damit bei diesen beiden System-Typen dieselben Aufnahmeparameter wie im Patientenbetrieb gewählt werden, muss die entsprechende PMMA-Dicke mittels Abstandhalter (Spacer) auf die äquivalente Brustdicke korrigiert werden (siehe Tabelle 1). Diese Spacer dienen nur der Korrektur der Kompressionsdicke und dürfen keinesfalls die Messung der Einfalldosis nach 2.1.1 oder 2.1.2 beeinflussen.

2.1.4 Mammographiegeräte, die nur über eine Halbautomatik verfügen.

Für Systeme, die weder über eine Vollautomatik (AAEC) noch über eine Programmautomatik verfügen, ist die Einfalldosis für alle 7 PMMA-Dicken mittels Halbautomatik zu bestimmen. Es sind klinisch sinnvolle Aufnahmeparameter zu verwenden. Ein Beispiel hierfür ist in Tabelle 1 gegeben.

Tabelle 1 Vorschläge für Röhrensprungung und Anoden-Filter-Material

PMMA Dicke	Äquivalente Brustdicke	Röhrensprungung [kV]	Anode/Filter
20 mm	21 mm	26	Mo/Mo
30 mm	32 mm	27	Mo/Mo
40 mm	45 mm	27	Mo/Rh
46 mm	53 mm	29	Mo/Rh
50 mm	60 mm	29	Mo/Rh
60 mm	75 mm	30	Rh/Rh o. W/Rh
70 mm	90 mm	32	Rh/Rh o. W/Rh

2.2 Berechnungen der AGD

Die gemessenen Einfalldosen sind mit Hilfe der im EPQC 4th Edition Appendix 5 Part B angegebenen Korrekturfaktoren in die AGD umzurechnen (Tabellen siehe Anhang A1). Für die Bestimmung der in den Tabellen A1.1 bis A1.3 angegebenen Korrekturfaktoren sind die in Tabelle A1.4 angegebenen Strahlenqualitäten für die entsprechenden Aufnahmeparameter zu verwenden. Sowohl die in den Tabellen A1.1 bis A1.3 angegebenen Korrekturfaktoren als auch die in Tabelle A1.4 angegebenen HVL-Werte sind mittels linearer Interpolation an die in 2.1 verwendeten Parameter anzugleichen.

Durch Verwendung von standardisierten HVL-Werten kann es bei der Berechnung zu Abweichungen von bis ca. 18 % kommen. Im Mittel ist allerdings eine Abweichung von ca. 4 % zu erwarten.

Die mittlere Parenchymdosis ist nach folgender Formel zu berechnen (nach Dance):

$$AGD = K_E \cdot g \cdot c \cdot s$$

K_E =Einfalldosis, g,c und s Korrekturfaktoren (siehe Tabellen Anhang A1)

2.3. Grenzwerte für die AGD

Tabelle 2 Achievable und Acceptable Werte für die AGD, EPQC 4th Edition

PMMA Dicke	Äquivalente Brustdicke	Acceptable AGD [mGy]	Achievable AGD [mGy]
20 mm	21 mm	<1,0	<0,6
30 mm	32 mm	<1,5	<1,0
40 mm	45 mm	<2,0	<1,6
46 mm	53 mm	<2,5	<2,0
50 mm	60 mm	<3,0	<2,4
60 mm	75 mm	<4,5	<3,6
70 mm	90 mm	<6,5	<5,1

Anmerkung:

Die nach EPQC 4th Edition angegeben PMMA Dicke von 45mm sowie der entsprechende Grenzwert für die mittlere Parenchymdosis wurde auf die in Deutschland üblichen 46mm (PAS 1054 Prüfkörper) übertragen. Aufgrund der höheren Absorption der 46mm PMMA ist sichergestellt das der geforderte Grenzwert für 45mm nicht überschritten wird.

2.4 Dokumentationen

Alle Aufnahmeparameter, Messwerte, Messkammerpositionen der Belichtungsautomatik, Programmautomatik Stufen und verwendenden Korrekturfaktoren sind zu protokollieren.

3 Bestimmung des Kontrastaufklärungsvermögen Prüfposition 2b.2.4

3.1. Anfertigung der CDMAM Aufnahmen

3.1.1 Aufnahmen mit Halbautomatik

Es sind mit Hilfe des CDMAM Prüfkörpers 6 Aufnahmen unter denselben Belichtungsparametern anzufertigen. Die Kontrastdetailplatte des Prüfkörpers ist ober- und unterhalb mit 20 mm PMMA zu bedecken (vier beiliegend 10 mm PMMA Platten des CDMAM-Prüfkörpers). Die Markierungen der vier 10 mm PMMA Platten des CDMAM-Prüfkörpers sind auf der linken Seite thoraxwandfern zu platzieren. Der Prüfkörper ist mittig und bündig auf der Patientenlagerungshilfe zu positionieren und zwischen jeder Aufnahme leicht auf der Längsachse des Aufnahmetisches zu verschieben. Es ist die gleiche Prozessierung wie für Patientenbilder zu wählen*. Das Absorptionsverhalten des CDMAM Prüfkörpers (46 mm Dicke) entspricht 50 mm reinem homogenen Plexiglas. Aus diesem Grunde sind die Aufnahmeparameter für die AEC so zu wählen, dass diese 50 mm PMMA entsprechen (siehe 2.1. Bestimmung der AGD). Die Messkammer der Belichtungsautomatik ist so zu positionieren, dass das geschaltete Strom-Zeit-Produkt ebenfalls dem von 50 mm reinem PMMA entspricht. Jede der Aufnahmen ist eindeutig zu kennzeichnen.

* Falls das Ergebnis der Überprüfung des Kontrastaufklärungsvermögens negativ ausfällt, ist es zulässig die Prüfung mit „nicht prozessierten“ Aufnahmen zu wiederholen um mögliche Artefakte die durch das Mamma-Prozessing verursacht werden auszuschließen können.

3.1.2. Manuelle Wahl des Strom-Zeit-Produktes

Sollten die in 3.1.1 mit dem CDMAM-Prüfkörper geschalteten mAs-Werte im Automatik-Modus abweichende Werte zur Messung 2.1 mit 50 mm PMMA ergeben, so ist zu prüfen, ob eine manuelle Wahl des Strom-Zeit-Produktes einen genaueren mAs-Wert ermöglicht. Der genauere Wert ist zu bevorzugen. Diese Vorgehensweise ist ebenfalls bei Volldetektorsystemen nach 2.1.2 durchzuführen.

3.2. Auswertung der Prüfköperaufnahmen

3.2.1 Voraussetzungen für die Beurteilung der Prüfköperaufnahmen

Die Auswertung der 6 Aufnahmen erfolgt an einer für Mammographiebefundung abgenommenen Workstation vor Ort. Die Beurteilung dieser Aufnahmen muss von drei verschiedenen Beobachtern durchgeführt werden. Jeder Beobachter muss je 2 verschiedene Aufnahmen beurteilen. Die Auswerter müssen folgende Kriterien erfüllen:

1. Einer der Prüfer muss ein entsprechend ausgebildeter Experte sein (Zertifizierter CDMAM-Kurs für Ausbildung ab dem 01.04.2008)
2. Die anderen beiden Prüfer müssen zwei in radiologischen Anwendungen erfahrene Personen sein (z.B. MTRA, Radiologe, Medizinphysikexperte)

3.2.2 Auswertung der einzelnen CDMAM-Aufnahme

Für die eigentliche Auswertung der Prüfköperaufnahme müssen nicht alle Streifen des CDMAM Phantoms beurteilt werden. Es sind nur die im EPQC 4th Edition Part B geforderten 5 Streifen der Goldplättchen-Durchmesser 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 sowie 0,1 mm zu bewerten.

Für die Visualisierung der einzelnen Goldplättchendicke ist es gestattet, für jeden der entsprechenden 5 Durchmesserstreifen die zu Verfügung stehenden Möglichkeiten der digitalen Nachbearbeitung (Window-Level, Vergrößerung, Invertieren etc.) zu verwenden.

3.2.3. Nachbarschaftskorrektur

Jedes Feld des CDMAM-Prüfköpers besitzt maximal 4 direkte Nachbarn. Damit eine Goldplättchendicke als „gesehen“ gewertet wird, müssen folgende Regeln beachtet werden:

1. Ein erkanntes Feld wird nur als „gesehen“ gewertet wenn mindestens zwei direkte Nachbarn ebenfalls „gesehen“ wurden.
2. Ein nicht erkanntes Feld kann trotzdem als „gesehen“ gewertet werden, wenn min. 3 direkte Nachbarn „gesehen“ wurden.
3. Eine Ausnahme der Regel 1 und 2 ist dann zulässig, wenn ein Feld aufgrund seiner Lage im Prüfkörper weniger als 4 direkte Nachbarn besitzt.

Beispiel für Regel 1 und 3:

4 direkte Nachbarn = 2 Nachbarn müssen gesehen werden

3 direkte Nachbarn = nur 1 Nachbar muss gesehen werden

2 direkte Nachbarn = das Feld kann ohne weiteren Nachbarn als gesehen gewertet werden

Beispiel für Regel 2 und 3:

4 direkte Nachbarn = 3 Nachbarn müssen gesehen werden

3 direkte Nachbarn = 2 Nachbarn müssen gesehen werden

2 direkte Nachbarn = nur 1 Nachbar muss gesehen werden

Die nach diesem Prinzip ermittelten kleinsten maximal noch sichtbaren Goldplättchendicken sind für jeden der 5 Streifen sowie für jede der 6 Aufnahmen zu dokumentieren (siehe Tabelle 3).

3.2.4. Bestimmung des Kontrastaufklärungsvermögens

Aus den vorher dokumentierten kleinsten Goldplättchendicken wird für jeden Durchmesserstreifen aus allen 6 Aufnahmen das arithmetische Mittel gebildet. Dieser errechnete Mittelwert der Goldplättchendicken darf nicht größer als der geforderte Grenzwert sein.

Tabelle 3: Beispiel Dokumentation der visuellen Auswertung sowie Mittelwertberechnung

Durchmesser GP* [mm]	0,1 [µm]	0,25 [µm]	0,5 [µm]	1,00 [µm]	2,00 [µm]
Aufnahme 1 GP-Dicke	2,00	0,36	0,13	0,10	0,06
Aufnahme 2 GP-Dicke	1,42	0,36	0,16	0,10	0,06
Aufnahme 3 GP-Dicke	2,00	0,25	0,16	0,08	0,08
Aufnahme 4 GP-Dicke	1,42	0,25	0,16	0,08	0,05
Aufnahme 5 GP-Dicke	2,00	0,36	0,13	0,08	0,06
Aufnahme 6 GP-Dicke	1,42	0,25	0,13	0,10	0,06

Mittelwert (GP-Dicke):	1,710	0,305	0,145	0,090	0,062
Limit (EURF 4 th Ed.):	1,68	0,352	0,15	0,091	0,069
Erfüllt:	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja

*GP=Goldplättchen

Autoren

Dipl.-Ing. Sommer, Alexander (RZ-Münster, federführend)

Dipl.-Phys. Blaser, Dietmar (RZ-München)

Dipl.-Phys. Ehlers, Sven (RZ-Bremen)

Dipl.-Phys. Girnus, Ralph (RZ-Münster)

Heise, Petra (RZ-Münster)

Dipl.-Ing. Lenzen, Horst (Institut für klinische Radiologie, UKM)

Dipl.-Ing. Schopphoven, Stephan (RZ-Südwest)

Wendt, Brigitte (RZ-Münster)

Wüstenbecker, Claudia (RZ-Münster)

Literaturverzeichnis

N. Perry, M. Broeders, C. de Wolf, S. Trönberg, R. Holland, L. von Karsa, European guidelines for quality assurance in breast cancer screening and diagnosis 4th Edition, 2006

D. R. et al., Additional factors for the estimation of mean glandular dose using the UK mammography protocol, Phys.Med.Biol., 2000, Vol. 45, 3225-3240

M.A.O. Thijssen, K.R. Bijkerk, Manual Contrast-Detail Phantom Artinis CDMAM type 3.4, 2006

Qualitätssicherungs-Richtlinie (QS-RL) zur Durchführung der Qualitätssicherung bei Röntgeneinrichtungen zur Untersuchung oder Behandlung von Menschen nach den §§ 16 und 17 der Röntgenverordnung, 2007

Anhang A1 Korrekturfaktoren für die Berechnung der mittleren Parenchym Dosis nach EPQC 4th Edition (Faktoren nach Dance 2000)

Tabelle A1. 1: g-Faktor (Umrechnung auf 50 % Drüsengewebe)

PMMA [mm]	g-factor [mGy/mGy]							
	HVL [mm Al]							
	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
20	0,329	0,378	0,421	0,46	0,496	0,529	0,559	0,585
30	0,222	0,261	0,294	0,326	0,357	0,388	0,419	0,448
40	0,155	0,183	0,208	0,232	0,258	0,285	0,311	0,339
45	0,13	0,155	0,177	0,198	0,22	0,245	0,272	0,295
50	0,112	0,135	0,154	0,172	0,192	0,214	0,236	0,261
60	0,088	0,106	0,121	0,136	0,152	0,166	0,189	0,21
70		0,086	0,098	0,111	0,123	0,136	0,154	0,172
80		0,074	0,085	0,096	0,106	0,117	0,133	0,149

Tabelle A1.2: c-Factor (Korrektur auf ein typische Brustgewebe im Alter von 50 bis 64 Jahren)

PMMA [mm]	c-factor						
	HVL [mm Al]						
	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
20	0,889	0,895	0,903	0,908	0,912	0,917	0,921
30	0,94	0,943	0,945	0,946	0,949	0,952	0,953
40	1,043	1,041	1,04	1,039	1,037	1,035	1,034
45	1,109	1,105	1,102	1,099	1,096	1,091	1,088
50	1,164	1,16	1,151	1,15	1,144	1,139	1,134
60	1,254	1,245	1,235	1,231	1,225	1,217	1,207
70	1,299	1,292	1,282	1,275	1,27	1,26	1,249
80	1,307	1,299	1,292	1,287	1,283	1,273	1,262

Tabelle A1.3: s-Faktor (Korrektur für das Röntgenspektrum)

Spectrum	s-factor
Mo/Mo	1,000
Mo/Rh	1,017
Rh/Rh	1,061
Rh/Al	1,044
W/Rh	1,042
W/Al	1,050

Tabelle A1.4: Typische Halbwertsschichtdicken für verschiedene Aufnahmespannungen und Anoden-Filter-Kombinationen

Anode	Mo	Mo	Rh	W	W
Filter	30 µm Mo	25 µm Rh	25 µm Rh	50 µm Rh	0,45 µm Al
kV					
25	0,33 ± 0,02	0,40 ± 0,02	0,38 ± 0,02	0,52 ± 0,03	0,31 ± 0,03
28	0,36 ± 0,02	0,42 ± 0,02	0,43 ± 0,02	0,54 ± 0,03	0,37 ± 0,03
31	0,39 ± 0,02	0,44 ± 0,02	0,48 ± 0,02	0,56 ± 0,03	0,42 ± 0,03
34	x	0,47 ± 0,02	x	0,59 ± 0,03	0,47 ± 0,03
37	x	0,50 ± 0,02	x	x	0,51 ± 0,03

Anhang A2 Schema des CDMAM Prüfköpers

