

# Aktualisierung der Empfehlungen der AG Mammadiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft zur Durchführung der Mamma-MRT

## Recommendations of the German Radiological Society's breast imaging working group regarding breast MRI

### Autorinnen/Autoren

Evelyn Wenkel<sup>1, 2</sup>, Petra Wunderlich<sup>3</sup>, Eva Maria Fallenberg<sup>4</sup>, Natascha Platz Batista da Silva<sup>5</sup>, Heike Preibsch<sup>6</sup>, Stephanie Sauer<sup>7</sup>, Katja Siegmann-Luz<sup>8</sup>, Stefanie Weigel<sup>9</sup>, Daniel Wessling<sup>6</sup>, Caroline Wilpert<sup>10</sup>, Pascal Andreas Thomas Baltzer<sup>11</sup>

### Institute

- 1 Radiology, Radiology München, München, Germany
- 2 Medical Faculty, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany
- 3 Radiologische Gemeinschaftspraxis Radebeul, Elblandklinikum Radebeul, Germany
- 4 Diagnostic and Interventional Radiology, TUM, München, Germany
- 5 Institut für Röntgendiagnostik, Universitätsklinikum Regensburg, Germany
- 6 Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Tübingen, Germany
- 7 Department of Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Würzburg, Germany
- 8 Referenzzentrum Mammographie Berlin, German Breast Cancer Screening Program, Berlin, Germany
- 9 Clinic for Radiology and Reference Center for Mammography, University of Münster Faculty of Medicine, Münster, Germany
- 10 Diagnostic and Interventional Radiology, University Hospital Freiburg Department of Radiology, Freiburg, Germany
- 11 Unit of General Radiology and Paediatric Radiology, Medical University of Vienna Department of Biomedical Imaging and Image-guided Therapy, Vienna, Austria

### Key words

breast, MR-diffusion/perfusion, MR-imaging, imaging sequences

eingereicht 6.4.2023

akzeptiert 15.11.2023

Artikel online veröffentlicht 2024

### Bibliografie

Fortschr Röntgenstr

DOI 10.1055/a-2216-0782

ISSN 1438-9029

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14, 70469 Stuttgart, Germany

### Korrespondenzadresse

Frau Prof. Evelyn Wenkel

Radiology, Radiologie München, Burgstr. 7, München, 80331 München, Germany

Tel.: +49/1 52 55 86 81 66

wenkel@mammadiagnostik.org

### Kernaussagen:

- Die Mamma-MRT ist ein wesentlicher Bestandteil der Mammadiagnostik.
- Die Empfehlungen zur Durchführung der Mamma-MRT wurden aktualisiert.
- Anhand der Empfehlungen kann indikationsangepasst die Mamma-MRT durchgeführt werden.
- Eine Tabelle liefert eine kompakte und schnelle Übersicht. Ausführlichere Kommentare ergänzen die Tabelle.
- Anhand der Empfehlungen kann die „klassische“ Mamma-MRT durchgeführt werden. Tipps für spezielle Fragestellungen, wie zum Beispiel Implantatruptur, Milchgangspathologie oder lokaler Lymphknotenstatus, sind enthalten.

### Zitierweise

- Wenkel E, Wunderlich P, Fallenberg E et al. Recommendations of the German Radiological Society's breast imaging working group regarding breast MRI. Fortschr Röntgenstr 2024; DOI 10.1055/a-2216-0782

## Einleitung

Basierend auf den wichtigsten technischen Neuerungen hat die Arbeitsgruppe Mammadiagnostik der Deutschen Röntgengesellschaft e. V. die Empfehlungen zur Durchführung der Mamma-MRT aus dem Jahre 2014 überarbeitet [1]. Die Neuerungen beinhalten aktualisierte Untersuchungsprotokolle einschließlich der diffusionsgewichteten Bildgebung. Auf Erläuterungen zu als etabliert geltenden Standards wurde bewusst verzichtet. Diesbezüglich wird auf das Breast Imaging Reporting and Data System (BI-RADS Atlas) des American College of Radiology (ACR) [2] und die angegebene Literatur verwiesen. Die hier dargelegten Empfehlungen zur Untersuchungstechnik sollen die Durchführung der Mamma-MRT weiter standardisieren. Bei einigen Punkten wurden zur Erläuterung zusätzliche Kommentare angefügt (► **Tab. 1**).

► **Tab. 1** Empfehlungen zur Durchführung der Mamma-MRT.

<b>1 Anamnese</b>	Informationen zu aktuellen klinischen Befunden, vorausgegangenen perkutanen Biopsien und Operationen bzw. brustkrebspezifischen Therapien sollten vorliegen. Wenn bildgebende Voruntersuchungen der Brust existieren, sollten Befunde und Bilddaten zum Untersuchungszeitpunkt verfügbar sein. Endogene und exogene hormonelle Faktoren (z. B. Einnahme von Hormonpräparaten, letzte Menstruation) sowie individuelle Risikofaktoren (z. B. familiäre Brust- oder Eierstockkrebskrankungen) sollten erfasst werden. Angaben zu Brustimplantaten sollten vor der Untersuchung erfragt werden.
<b>2 Kontraindikationen</b>	Die Untersuchungen sind entsprechend den allgemein gültigen Qualitätsstandards für MRT-Untersuchungen und i. v. Kontrastmittelgabe durchzuführen [3].
<b>3 Feldstärke und Spule</b>	Einsatz einer bilateralen Mehrkanal-Brustspule, Untersuchung an einem MR-Tomografen mit einer Feldstärke von 1,5 bzw. 3 Tesla. Eine adäquate Immobilisation der Brust zur Vermeidung von Bewegungsartefakten ist erforderlich (Kommentar).
<b>4 Multiparametrisches Verfahren</b>	Es soll ein standardisiertes Protokoll mit vorzugsweise axialer Schichtführung, bestehend aus einer T2w Sequenz, dynamischen T1w 3D-GRE nativ und nach i. v. Kontrastmittelgabe verwendet werden. Ergänzend bei verfügbarer Gerätetechnik eine diffusionsgewichtete Sequenz (DWI, Kommentar Punkt 8). Weitere Sequenzen und Schichtführungen sind individuell entsprechend der Fragestellung ggf. zu ergänzen (Kommentar).
<b>5 Kontrastmittel</b>	Paramagnetisches makrozyklisches Gd-Kontrastmittel, gewichtsadaptierte einfache Standarddosis, möglichst kubitaler venöser Zugang, bevorzugt maschinelle Injektion (Injektionsgeschwindigkeit 2–3 ml/s), Nachinjektion von $\geq 20$ ml physiologischer Kochsalzlösung.
<b>6 T1-gewichtete Sequenz mit i. v. Kontrastmittelgabe/KM Dynamik (DCE)</b>	T1w 3D-GRE mit oder ohne Fettunterdrückung oder DIXON-Technik nativ und repetitiv nach i. v. Kontrastmittelgabe mit einer Gesamtuntersuchungsdauer von mindestens 5 min, zeitliche Auflösung der Einzelsequenz $\leq 90$ s, vorzugsweise ca. 60 s, Schichtdicke $\leq 3$ mm, in plane Auflösung $\leq 1 \times 1$ mm (Kommentar).
<b>7 T2-gewichtete Sequenz</b>	Fettunterdrückt (Inversion-Recovery, spektral oder DIXON-Technik) mit einer Schichtdicke $\leq 4$ mm, in-plane $\leq 1,5 \times 1,5$ mm, alternativ T2w-Sequenz ohne Fettunterdrückung (Kommentar).
<b>8 Diffusionsgewichtete Bildgebung (DWI) (optional)</b>	Single-shot oder multi-shot EPI-DWI-Sequenz, 2 b-Werte, hierbei soll ein niedriger b-Wert zwischen 0 und 50 s/mm <sup>2</sup> und ein hoher b-Wert zwischen 800 und 1000 s/mm <sup>2</sup> liegen, eine Fettsättigung ist obligat, TR $\geq 3000$ ms, minimale TE, die Phasenkodierichtung anterior-posterior sowie ein Sättigungspuls auf Herz und Lunge wird empfohlen. Orientierend wird eine räumliche Auflösung von $\leq 4$ mm und eine in plane-Auflösung von $\leq 2 \times 2$ mm <sup>2</sup> empfohlen. Automatische Berechnung der ADC (apparent diffusion coefficient) – Karte, auf der der ADC-Wert der Läsion direkt gemessen werden kann (Kommentar).
<b>9 Untersuchungszeitpunkt</b>	Um Therapieentscheidungen nicht unnötigerweise zu verzögern, soll die Mamma-MRT bei entsprechender Indikation prinzipiell zu jedem Zeitpunkt des Menstruationszyklus bzw. nach Operation oder Bestrahlung durchgeführt werden. Bei elektiven Untersuchungen bei prämenopausalen Frauen Untersuchung in der 2. Zykluswoche (Kommentar).
<b>10 Hormonelle Einflüsse</b>	Ein generelles Absetzen hormoneller Kontrazeptiva bzw. einer Hormonersatztherapie vor der MRT-Untersuchung ist nicht erforderlich. Bei Verdacht auf durch exogene Hormone induzierte, die Diagnostik beeinträchtigende KM-Aufnahmen kann eine Wiederholung der Untersuchung nach Pausierung der Hormonmedikation für 4–6 Wochen sinnvoll sein. (Kommentar).
<b>11 Referenzstrukturen</b>	Vollständige Abbildung der Brust einschließlich Kutis, Subkutis, Drüsenkörper, Fettgewebe und Pektoralismuskulatur sowie vollständige Abbildung des axillären Ausläufers und der A. thoracica interna. Das Field of View (FOV) muss ggf. patientenspezifisch angepasst werden.

► **Tab. 1** (Fortsetzung)

<p><b>12 Bildanalyse und Nachbearbeitung</b></p>	<p>Erstellung von Subtraktionsaufnahmen und Maximumintensitätsprojektionen (MIP) der dynamischen KM-Sequenzen. Primäre Betrachtung der MIP und einer frühen T1w Sequenz nach i. v. Kontrastmittelgabe. Eine Auswertung der Kontrastmittelanreicherung im zeitlichen Verlauf erfolgt entweder durch die manuelle Platzierung einer Region of Interest (ROI) bzw. mit Hilfe entsprechender automatisierter Auswertungssoftware oder visuell. Hierbei sollte die ROI im Bereich der stärksten KM-Anreicherung in einer Läsion platziert werden. Die Größe der ROI sollte mindestens 3 Pixel betragen. Die multiparametrische Auswertung beinhaltet eine Korrelation der kontrastmittelaufnehmenden Befunde zur T2w Sequenz, nativen T1w Sequenz und ggf. der DWI mit den ADC-Werten.</p>
<p><b>13 Verkürzte Protokolle</b></p>	<p>Werden in der klinischen Routine derzeit nicht empfohlen (Kommentar).</p>
<p><b>14 Beurteilung von Brustimplantaten</b></p>	<p>Zur Beurteilung der Integrität von silikonhaltigen Brustimplantaten Anfertigung von wasser- und silikonsensitiven T2w-/T2-STIR-Sequenzen in axialer Orientierung mit einer Schichtdicke <math>\leq 4</math> mm, in-plane <math>\leq 1,5 \times 1,5</math> mm (Kommentar 4). Bei Implantaten und klinischer Fragestellung nach entzündlichen Veränderungen bzw. Malignomausschluss, z. B. Mammakarzinom (-rezidiv), brustimplantat-assoziiertem, anaplastischem, großzelligem Lymphom (BIA-ALCL) oder bei erhöhtem Brustkrebsrisiko ist neben den T2w Sequenz zur Implantatbeurteilung auch eine Untersuchung mit i. v. Kontrastmittelgabe erforderlich.</p>
<p><b>15 Intervention</b></p>	<p>Ein Abklärungsalgorithmus bei in der MRT nachgewiesenen suspekten Befunden muss vorliegen (Kommentar).</p>

## Kommentare

### 3 Feldstärke und Spule

Neben den klassischen Feldstärken werden derzeit Studien mit Ultrahochfeld-Scannern (7 T) und Niedrigfeldscannern (0,55 T) durchgeführt. Besonders die Niedrigfeldscanner in Verbindung mit einer dezidierten Mammaspule und KI-basierten Bildberechnungsmethoden haben das Potenzial qualitativ hochwertige Bilder zu akquirieren und damit die bisherigen klassischen Feldstärken zu ergänzen.

### 4 Schichtführung

Für alle Sequenzen des Standardprotokolls ist die axiale Schichtführung zu bevorzugen. Bei speziellen Fragestellungen können weitere Schichtführungen hilfreich sein, wie zum Beispiel bei Ausschluss einer Implantatruptur (ggf. zusätzlich sagittal) [4, 5], detaillierten Milchgangsdarstellungen (ggf. zusätzlich sagittal) [6] bzw. im Rahmen des lokalen Lymphknoten-Stagings (ggf. zusätzlich koronar).

### 6 T1-gewichtete Sequenz mit i. v. Kontrastmittelgabe/ KM-Dynamik (DCE)

Die T1w Sequenz mit i. v. Kontrastmittel ist die entscheidende Sequenz zur Detektion des Mammakarzinoms. Die KM-Phase der diagnostischen Sequenz sollte so gewählt werden, dass ein optimaler Läsionskontrast bei noch geringem Hintergrundenhancement vorliegt. Dies ist ca. 120 s nach Injektion einer gewichtsadaptierten einfachen Standarddosis eines paramagnetischen makrozyklischen Gd-Kontrastmittels mit maschineller Injektion über einen kubitalen venösen Zugang (Injektionsgeschwindigkeit 2–3 ml/s plus Nachinjektion von  $\geq 20$  ml physiologischer Kochsalzlösung) der Fall. D.h. die zentralen K-Raumzeilen einer diagnostischen Sequenz sollten ca. 120 s nach der KM-Gabe gemessen werden. Danach sollte mindestens eine weitere Sequenz akquiriert werden,

um Tumoren mit verzögerter KM-Anreicherung oder ein Wash-Out einer früh KM-aufnehmenden Läsion zu detektieren.

Bei Messung einer T1w 3D-GRE Sequenz ohne Fettunterdrückung sollten geeignete Echozeiten für eine in-Phase-Bildgebung gewählt werden.

Die native T1w Sequenz sollte immer betrachtet werden, da sie diagnostische Informationen zu proteinhaltigen Flüssigkeiten z. B. in Zysten, Milchgängen, Hämatomen und Abszessen liefert. Zudem kann sie zur Beurteilung von Lymphknoten und des Knochenmarksignals genutzt werden.

### 7 T2-gewichtete Sequenz

Die T2-gewichtete Sequenz mit Fettunterdrückung dient in erster Linie dem Erkennen wasserhaltiger Strukturen und zystischer Läsionen. Hierbei ist eine Schichtdicke von 4 mm mit einer in-plane-Auflösung von  $\leq 1,5 \times 1,5$  mm ausreichend.

Demgegenüber beurteilt man mit der T2-gewichteten Sequenz ohne Fettunterdrückung in erster Linie die Gewebearchitektur. Sie sollte daher mit einer in-plane-Auflösung von  $\leq 1 \times 1$  mm und Schichtdicke  $\leq 3$  mm gemessen werden.

### 8 Diffusionsgewichtete Bildgebung (DWI)

Die DWI hat in den letzten Jahren bei der Durchführung der Mamma-MRT einen zunehmenden Stellenwert zur Differenzierung maligner und benigner kontrastmittelaufnehmender Herdbefunde erlangt. Die in EPI-Sequenzen zwingend erforderliche Unterdrückung des Fettsignals kann mit der SPAIR- (Spectral Attenuated Inversion Recovery) Technik (EUSOBI Empfehlung) [7], STIR (Short Tau Inversion Recovery, als Alternative, nur vor KM-Applikation), mit spektraler Fettsättigung oder einer wasserselektiven Anregung (water excitation) erreicht werden. Die DWI sollte vor der DCE erfolgen, da das Vorhandensein von Kontrastmittel zu niedrigeren gemessenen ADC-Werten führen kann [7]. Wenn die DWI dennoch nach i. v. Kontrastmittelgabe gemessen wird, besteht

trotz möglicherweise zu adaptierender ADC-Schwellenwerte kein signifikanter Einfluss auf die Diagnose, solange keine Fettunterdrückung in STIR-Technik angewendet wird [8].

Die berechneten ADC-Karten ermöglichen eine quantitative Bestimmung der Diffusionseinschränkung. Der ADC-Wert wird durch Einzeichnen einer ROI mit einer Größe von mindestens 3 Pixeln auf der ADC-Karte gemessen. Wenn die Scanner-Software es erlaubt, sollte die ROI in einem signalreichen Anteil der Läsion im hohem b-Wert-Bild eingezeichnet und als Kopie auf die ADC-Karte übertragen werden. Ein direktes Kopieren der ROI von der Kontrastmittelserie verbietet sich aufgrund der typischen geometrischen Verzerrung von EPI-Sequenzen. Analog zum Einzeichnen der ROI im Kontrastmittelbild sollten nekrotische oder fibrotische, nicht kontrastaufnehmende Läsionsanteile vermieden werden.

Ein allgemein gültiger Schwellenwert für maligne und benigne Läsionen wird aufgrund einer angenommenen Geräte- und Sequenzabhängigkeit der ADC-Werte derzeit durch die EUSOBI noch nicht empfohlen. Typische ADC-Werte invasiver, maligner KM-aufnehmender Herdbefunde liegen bei  $\leq 1,0 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ . Herdbefunde mit ADC-Werten  $\geq 1,5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  können mit hoher Sicherheit als benigne eingestuft werden. Eine Ausnahme bildet typischerweise das muzinöse Karzinom aufgrund der niedrigen Zellularität und des hohen Muzingehaltes. In zwei multizentrischen Studien an Geräten verschiedener Hersteller konnte ein ADC-Wert von  $\geq 1,5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$  zur potenziellen Vermeidung von Biopsien benignen Befunde validiert werden [9, 10].

## 9 Untersuchungszeitpunkt

Bei geplanten Untersuchungen, z. B. im Rahmen der intensivierten Früherkennung und Nachsorge bei Frauen mit erhöhtem Risiko für Brustkrebs, sollte zur Erhöhung der diagnostischen Treffsicherheit die Durchführung der Mamma-MRT zeitlich angepasst werden.

Eine Terminierung elektiver MRT-Untersuchungen bei prämenopausalen Frauen wird zur Minimierung potenzieller Hintergrundanreicherungen vorzugsweise in der zweiten Zykluswoche empfohlen.

Bei Frage nach Resttumor wird empfohlen, die MRT unmittelbar postoperativ (innerhalb der ersten 4 Wochen) durchzuführen [11, 12]. Granulationsgewebe und Fettgewebsnekrosen können insbesondere in den ersten 6 Monaten nach einer Operation bzw. innerhalb der ersten 12 Monate nach Radiatio auffällige Kontrastmittelanreicherungen aufweisen, was eine Abgrenzung zu Karzinomherden erschweren kann. Es wurde daher die Empfehlung zu einer Wartezeit von mindestens 6 Monaten postoperativ bzw. 12 Monaten nach Radiatio gegeben [13]. Aktuelle systematische Untersuchungen zum optimalen Untersuchungszeitpunkt liegen derzeit nicht vor. Entsprechend den klinischen Erfahrungen sind die Veränderungen nach Operation bzw. Radiatio individuell sehr unterschiedlich. Durch Fettgewebsnekrosen bedingte Anreicherungen können im Laufe der Zeit rückläufig sein, aber auch über Jahre persistieren.

Eine Mamma-MRT kann jederzeit nach perkutaner Biopsie durchgeführt werden. Wenn die Beurteilbarkeit nach Biopsie durch Einblutung, Entzündung oder Ödem erheblich einge-

schränkt ist, kann nach individueller Prüfung und in Abhängigkeit der klinischen Relevanz eine Wiederholung erforderlich sein.

## 10 Hormonelle Einflüsse

Die Hintergrundanreicherung (BPE-Background Parenchymal Enhancement) ist ein physiologisches Phänomen, dessen Ausprägung unter anderem von endogenen und exogenen Hormonen beeinflusst wird. Es besteht keine direkte Korrelation zwischen Hintergrundanreicherung und Anteil des fibroglandulären Gewebes [14]. Im Allgemeinen ist die Hintergrundanreicherung prämenopausal stärker als postmenopausal [15], variiert innerhalb des Menstruationszyklus und zeigt die stärkste Ausprägung in der lutealen Phase [16–19], was zur Empfehlung des Untersuchungszeitpunktes möglichst in der zweiten Zykluswoche geführt hat. Mehrere Studien, die die Auswirkungen der BPE auf die diagnostische Aussagekraft untersuchten, fanden eine höhere Abklärungsrate, jedoch keine signifikante Abnahme der Sensitivität und Karzinomdetektionsrate bei Frauen mit höherer BPE [20–22]. Um Therapieentscheidungen nicht unnötig zu verzögern, sollte die Mamma-MRT insbesondere bei einem neu diagnostizierten Mammakarzinom unabhängig vom Menstruationszyklus durchgeführt werden [23, 24].

Nach erfolgter Strahlentherapie und Abklingen der posttherapeutischen Veränderungen wird in der behandelten Brust typischerweise eine geringere Hintergrundanreicherung beobachtet.

Unter endokriner Therapie eines Mammakarzinoms mittels selektivem Östrogenrezeptormodulator (Tamoxifen) oder Aromatasehemmer wird insbesondere unter Tamoxifen eine Abnahme der BPE beobachtet [25–27]. Im Gegensatz dazu kann eine externe Hormonapplikation zu einer verstärkten Hintergrundanreicherung führen.

In Schwangerschaft und Stillzeit ist die Sonografie das primäre Verfahren zur Untersuchung von Brust und Axilla. Gadoliniumhaltige Kontrastmittel passieren die Plazenta und gelangen in den Kreislauf des Fetus. Sie sollten daher aufgrund des unklaren Risikos für den Fetus zu jedem Zeitpunkt der Schwangerschaft nur bei zwingender Indikation nach strenger Risiko-Nutzen-Analyse im interdisziplinären Konsens eingesetzt werden. Auf die Durchführung einer Mamma-MRT in der Schwangerschaft sollte primär verzichtet werden.

Zur Durchführung einer Mamma-MRT in der Stillzeit gibt es in der Literatur nur wenige Daten. Unter Laktation besteht eine erhöhte Hintergrundanreicherung. Nach einer aktuellen Studie wird die diagnostische Genauigkeit beim lokoregionären Staging eines histologisch gesicherten Mammakarzinoms durch die Laktation nicht signifikant beeinflusst [28]. Entsprechend den aktuellen Leitlinien der European Society of Urogenital Radiology für Kontrastmittel kann das Stillen nach Gabe eines makrozyklischen gadoliniumhaltigen Kontrastmittels fortgesetzt werden. Ein Verzicht auf das Stillen für 12–24 h ist möglich, wenn dies von der Mutter bevorzugt wird.

## 13 Verkürzte Protokolle

Das Grundprinzip verkürzter Protokolle basiert auf der Durchführung einer Messung mittels Standard T1w Sequenz vor und maximal 2 Messungen nach i. v. Kontrastmittelgabe. Durch den

Verzicht auf wiederholte Akquisitionen nach Kontrastmittelapplikation sollen Messdauer im Magneten und Befundungszeit reduziert werden [29, 30]. Die in der Literatur als verkürzt bezeichneten Protokolle weisen große Unterschiede auf. Einige Arbeitsgruppen verwendeten additiv T2w Sequenzen bzw. eine DWI [30–33]. In anderen verkürzten Protokollen erfolgte die Messung nach Kontrastmittelgabe mit einer zeitlich hoch aufgelösten Sequenz [34, 35]. Insgesamt weisen die Studien zudem eine große Heterogenität in Hinblick auf die Studienpopulation und eingesetzte Sequenzen auf [36, 37]. Die alleinige Auswertung der MIP-Aufnahmen limitiert die Sensitivität [38, 39]. Hintergrundanreicherungen und Bewegungsartefakte können die Beurteilbarkeit der MIP-Aufnahmen beeinträchtigen. Für den Einsatz innerhalb eines Früherkennungsprogramms bei asymptomatischen Frauen erscheint ein verkürztes Protokoll attraktiv und ist Gegenstand aktueller Studien. Außerhalb von Studien im Rahmen der Früherkennung sollten verkürzte Protokolle insbesondere bei komplexen Fragestellungen nicht zur Anwendung kommen.

## 15 Intervention

Werden in der Mamma-MRT zuvor nicht dokumentierte suspekthe Befunde nachgewiesen, müssen diese weiter abgeklärt werden. Hierzu empfehlen sich primär eine second-look-Sonografie und der Vergleich mit vorhandenen Voraufnahmen.

Wenn in Zusatzuntersuchungen wie der Tomosynthese bzw. Kontrastmittelmammografie ein sicher zum entsprechenden MRT-Befund identifizierbares Korrelat nachgewiesen wird, kann alternativ zur MRT-gestützten Biopsie auch eine Intervention mit diesen Verfahren durchgeführt werden, wenn eine entsprechende Biopsieoption verfügbar ist [40–43].

Insbesondere maligne Herdbefunde weisen häufiger ein Korrelat in der second-look-Sonographie auf [44]. Wenn die suspekthe Läsion mit den additiven Verfahren nicht eindeutig nachgewiesen werden kann, ist eine MRT-gestützte Intervention erforderlich. Die Möglichkeit der MRT-gestützten Intervention sollte vor Ort vorhanden bzw. in Form einer Kooperationsvereinbarung an einem externen Standort gewährleistet sein. Als Untersuchungsprotokoll sollte eine T1w 3D-GRE nativ und vorzugsweise mit zwei Serien nach i. v. Kontrastmittelgabe verwendet werden. Die minimalinvasive Biopsie sollte als vakuumunterstützte Biopsie durchgeführt werden. Die Angaben in der Literatur bezüglich der Anzahl der zu entnehmenden Proben bei der MRT-gestützten Vakuumbiopsie weisen eine große Varianz auf, generell ist eine adäquate Gewebeentnahme erforderlich (z. B.  $\geq 12$  Proben mit einer 9 G-Nadel). Die korrekte Biopsiestelle wird in der Bildgebung durch die Darstellung der Biopsiehöhle dokumentiert. Es muss sichergestellt werden, dass die Lokalisation des biopsierten Befundes auch postinterventionell sicher zu identifizieren ist (z. B. durch eine Clipseinlage). Eine postinterventionelle Mammografie (streng seitliche und kranio-kaudale Projektion) kann hierbei hilfreich sein. Eine Kontroll-MRT wird nach 6 Monaten bei benignem, radiologisch-pathologisch korrelierendem Befund der bildgebenden Kategorie 4 oder 5 in der Interdisziplinären S3-Leitlinie für die Früherkennung, Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Mammakarzinoms empfohlen [45], auch wenn diese von einigen Autoren inzwischen als nicht mehr erforderlich angesehen wird [46, 47].

## Interessenkonflikt

Die Autorinnen/Autoren geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

- [1] Updated Recommendations for MRI of the Breast. *Fortschr Röntgenstr* 2014; 186: 482–483
- [2] Morris EA, Comstock CE, Lee CH et al. ACR BI-RADS Magnetic Resonance Imaging. In: ACR BI-RADS Atlas, Breast Imaging Reporting and Data System. Reston, VA, 2013
- [3] European Society of Urogenital Radiology. ESUR Guidelines on Contrast Agents 10.0. 2018
- [4] Majiers MC, Niessen FB, Veldhuizen JFH et al. MRI screening for silicone breast implant rupture: accuracy, inter- and intraobserver variability using explantation results as reference standard. *Eur. Radiol* 2014; 24: 1167–1175
- [5] Thomassin-Naggara I, Trop I, Lalonde L et al. Tips and techniques in breast MRI. *Diagn. Interv. Imaging* 2012; 93: 828–839
- [6] Wenkel E, Janka R, Uder M et al. Does direct MR galactography have the potential to become an alternative diagnostic tool in patients with pathological nipple discharge? *Clin. Imaging* 2011; 35: 85–93
- [7] Baltzer P, Mann RM. On behalf of the EUSOBI international Breast Diffusion-Weighted Imaging working group et al. Diffusion-weighted imaging of the breast – a consensus and mission statement from the EUSOBI International Breast Diffusion-Weighted Imaging working group. *Eur. Radiol* 2020; 30: 1436–1450
- [8] Janka R, Hammon M, Geppert C et al. Weighted MR Imaging of Benign and Malignant Breast Lesions Before and After Contrast Enhancement. *RöFo – Fortschritte Auf Dem Geb. Röntgenstrahlen Bildgeb. Verfahr* 2013; 186: 130–135
- [9] Clauser P, Krug B, Bickel H et al. Diffusion-weighted Imaging Allows for Downgrading MR BI-RADS 4 Lesions in Contrast-enhanced MRI of the Breast to Avoid Unnecessary Biopsy. *Clin. Cancer Res. Off. J. Am. Assoc. Cancer Res* 2021; 27: 1941–1948
- [10] Rahbar H, Zhang Z, Chenevert TL et al. Utility of Diffusion-weighted Imaging to Decrease Unnecessary Biopsies Prompted by Breast MRI: A Trial of the ECOG-ACRIN Cancer Research Group (A6702). *Clin. Cancer Res* 2019; 25: 1756–1765
- [11] Stucky C-CH, McLaughlin SA, Dueck AC et al. Does magnetic resonance imaging accurately predict residual disease in breast cancer? *Am. J. Surg* 2009; 198: 547–552
- [12] Chae EY, Cha JH, Kim HH et al. Evaluation of Residual Disease Using Breast MRI After Excisional Biopsy for Breast Cancer. *Am. J. Roentgenol* 2013; 200: 1167–1173
- [13] Updated Recommendations for MRI of the Breast. *RöFo – Fortschritte Auf Dem Geb. Röntgenstrahlen Bildgeb. Verfahr* 2014; 186: 482–483
- [14] Hansen NL, Kuhl CK, Barabasch A et al. Does MRI Breast “Density” (Degree of Background Enhancement) Correlate With Mammographic Breast Density?: MRI Breast Enhancement and Mammographic Density. *J. Magn. Reson. Imaging* 2014; 40: 483–489
- [15] King V, Gu Y, Kaplan JB et al. Impact of menopausal status on background parenchymal enhancement and fibroglandular tissue on breast MRI. *Eur. Radiol* 2012; 22: 2641–2647
- [16] Kuhl CK, Bieling HB, Gieseke J et al. Healthy premenopausal breast parenchyma in dynamic contrast-enhanced MR imaging of the breast: normal contrast medium enhancement and cyclical-phase dependency. *Radiology* 1997; 203: 137–144
- [17] Baltzer P, Dietzel M, Vag T et al. Clinical MR Mammography: Impact of Hormonal Status on Background Enhancement and Diagnostic Accuracy. *RöFo – Fortschritte Auf Dem Geb. Röntgenstrahlen Bildgeb. Verfahr* 2011; 183: 441–447

- [18] Müller-Schimpfle M, Ohmenhäuser K, Stoll P et al. Menstrual cycle and age: influence on parenchymal contrast medium enhancement in MR imaging of the breast. *Radiology* 1997; 203: 145–149
- [19] Scaranelo AM, Carrillo MC, Fleming R et al. Pilot Study of Quantitative Analysis of Background Enhancement on Breast MR Images: Association with Menstrual Cycle and Mammographic Breast Density. *Radiology* 2013; 267: 692–700
- [20] Hambly NM, Liberman L, Dershaw DD et al. Background Parenchymal Enhancement on Baseline Screening Breast MRI: Impact on Biopsy Rate and Short-Interval Follow-Up. *Am. J. Roentgenol* 2011; 196: 218–224
- [21] DeMartini WB, Liu F, Peacock S et al. Background Parenchymal Enhancement on Breast MRI: Impact on Diagnostic Performance. *Am. J. Roentgenol* 2012; 198: W373–W380
- [22] Ray KM, Kerlikowske K, Lobach IV et al. Effect of Background Parenchymal Enhancement on Breast MR Imaging Interpretive Performance in Community-based Practices. *Radiology* 2018; 286: 822–829
- [23] Dontchos BN, Rahbar H, Partridge SC et al. Influence of Menstrual Cycle Timing on Screening Breast MRI Background Parenchymal Enhancement and Diagnostic Performance in Premenopausal Women. *J. Breast Imaging* 2019; 1: 205–211
- [24] Lee CH, Bryce Y, Zheng J et al. Outcome of Screening MRI in Premenopausal Women as a Function of the Week of the Menstrual Cycle. *Am. J. Roentgenol* 2020; 214: 1175–1181
- [25] Schradling S, Schild H, Kühr M et al. Effects of Tamoxifen and Aromatase Inhibitors on Breast Tissue Enhancement in Dynamic Contrast – enhanced Breast MR Imaging: A Longitudinal Intraindividual Cohort Study. *Radiology* 2014; 271: 45–55
- [26] King V, Kaplan J, Pike MC et al. Impact of Tamoxifen on Amount of Fibroglandular Tissue, Background Parenchymal Enhancement, and Cysts on Breast Magnetic Resonance Imaging: Tamoxifen and Breast Tissue Features on MRI. *Breast J* 2012; 18: 527–534
- [27] King V, Goldfarb SB, Brooks JD et al. Effect of Aromatase Inhibitors on Background Parenchymal Enhancement and Amount of Fibroglandular Tissue at Breast MR Imaging. *Radiology* 2012; 264: 670–678
- [28] Taron J, Fleischer S, Preibsch H et al. Background parenchymal enhancement in pregnancy-associated breast cancer: a hindrance to diagnosis? *Eur. Radiol* 2019; 29: 1187–1193
- [29] Fischer U, Korthauer A, Baum F et al. Short first-pass MRI of the breast. *Acta Radiol* 2012; 53: 267–269
- [30] Kuhl CK, Schradling S, Strobel K et al. Abbreviated Breast Magnetic Resonance Imaging (MRI): First Postcontrast Subtracted Images and Maximum-Intensity Projection – A Novel Approach to Breast Cancer Screening With MRI. *J. Clin. Oncol* 2014; 32: 2304–2310
- [31] Grimm LJ, Soo MS, Yoon S et al. Abbreviated Screening Protocol for Breast MRI. *Acad. Radiol* 2015; 22: 1157–1162
- [32] Moschetta M, Telegrafo M, Rella L et al. Abbreviated Combined MR Protocol: A New Faster Strategy for Characterizing Breast Lesions. *Clin. Breast Cancer* 2016; 16: 207–211
- [33] Chen S-Q, Huang M, Shen Y-Y et al. Abbreviated MRI Protocols for Detecting Breast Cancer in Women with Dense Breasts. *Korean J. Radiol* 2017; 18: 470
- [34] Heacock L, Melsaether AN, Heller SL et al. Evaluation of a known breast cancer using an abbreviated breast MRI protocol: Correlation of imaging characteristics and pathology with lesion detection and conspicuity. *Eur. J. Radiol* 2016; 85: 815–823
- [35] Mann RM, Mus RD, van Zelst J et al. A Novel Approach to Contrast-Enhanced Breast Magnetic Resonance Imaging for Screening: High-Resolution Ultrafast Dynamic Imaging. *Invest. Radiol* 2014; 49: 579–585
- [36] Kim ES, Cho N, Kim S-Y et al. Added value of ultrafast sequence in abbreviated breast MRI surveillance in women with a personal history of breast cancer: A multireader study. *Eur. J. Radiol* 2022; 151: 110322
- [37] Baxter GC, Selamoglu A, Mackay JW et al. A meta-analysis comparing the diagnostic performance of abbreviated MRI and a full diagnostic protocol in breast cancer. *Clin. Radiol* 2021; 76: 154.e23–154.e32
- [38] Geach R, Jones LI, Harding SA et al. The potential utility of abbreviated breast MRI (FAST MRI) as a tool for breast cancer screening: a systematic review and meta-analysis. *Clin. Radiol* 2021; 76: 154.e11–154.e22
- [39] Mango VL, Morris EA, David Dershaw D et al. Abbreviated protocol for breast MRI: Are multiple sequences needed for cancer detection? *Eur. J. Radiol* 2015; 84: 65–70
- [40] Mariscotti G, Houssami N, Durando M et al. Digital Breast Tomosynthesis (DBT) to Characterize MRI-Detected Additional Lesions Unidentified at Targeted Ultrasound in Newly Diagnosed Breast Cancer Patients. *Eur. Radiol* 2015; 25: 2673–2681
- [41] Clauser P, Carbonaro LA, Pancot M et al. Additional findings at preoperative breast MRI: the value of second-look digital breast tomosynthesis. *Eur. Radiol* 2015; 25: 2830–2839
- [42] Nida BA, Rooney TB, Miller MM. Utility of MRI-Directed Contrast-Enhanced Mammography for Biopsy Planning for Suspicious MRI-Detected Breast Lesions. *AJR Am J Roentgenol* 2023; 220 (2): 202–211. doi:10.2214/AJR.22.28055
- [43] Alcantara R, Posso M, Pitarch M et al. Contrast-enhanced mammography-guided biopsy: technical feasibility and first outcomes. *Eur. Radiol* 2023; 33: 417–428
- [44] Spick C, Baltzer PAT. Diagnostic Utility of Second-Look US for Breast Lesions Identified at MR Imaging: Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology* 2014; 273: 401–409
- [45] Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF): S3-Leitlinie Früherkennung, Diagnose, Therapie und Nachsorge des Mammakarzinoms. 2021
- [46] Huang ML, Speer M, Dogan BE et al. Imaging-Concordant Benign MRI-Guided Vacuum-Assisted Breast Biopsy May Not Warrant MRI Follow-Up. *Am. J. Roentgenol* 2017; 208: 916–922
- [47] Lambert J, Steelandt T, Heywang-Köbrunner SH et al. Long-term MRI-guided vacuum-assisted breast biopsy results of 600 single-center procedures. *Eur. Radiol* 2021; 31: 4886–4897