

4. Ergebnisse

4.1. MRT-Befunde

4.1.1. Lokalisation, Anzahl und Größe der Leberläsionen

Insgesamt wurden 99 Läsionen gesichert, davon waren 31 Läsionen kleiner als 10 mm, 32 Läsionen 10 bis 19 mm groß und 36 Läsionen größer bzw. gleich 20 mm. Zusätzlich konnten bei einem Patienten multiple Läsionen (Metastasen) gesichtet werden, die hier nicht näher quantifiziert wurden.

Jeweils acht der kleinen Läsionen unter 10 mm fanden sich in Segment 7 und 8, sechs Läsionen in Segment 6 und jeweils zwei Läsionen in Segment 5, 4 und 4b sowie drei Läsionen in Segment 2.

Bei den mittelgroßen Läsionen (10 bis 19 mm) sind elf Läsionen in Segment 7, sechs Läsionen in Segment 8, fünf Läsionen in Segment 2, drei Läsionen in Segment 3, zwei Läsionen in Segment 4b, zwei Läsionen in Segment 5 sowie jeweils eine Läsion in den Segmenten 1, 4 und 6 gesehen worden.

Von den Läsionen größer bzw. gleich 20 mm fanden sich jeweils sieben Läsionen in den Segmenten 7 und 8, fünf Läsionen in Segment 6, sechs Läsionen in Segment 4, vier Läsionen in Segment 3, zwei Läsionen in Segment 2, jeweils eine Läsion in Segment 1 und 5 sowie je eine segmentüberschreitende Läsion in den Segment 2/3 und 6/7/8 und zwei Läsionen in den Segmenten 7/8.

4.1.2. MRT-Diagnosen

Da bei einigen von den 30 in die Studie eingeschlossenen Patienten nach der Bildgebung eine multiple Metastasierung eine kurative Chirurgie ausschloss, konnten die Ergebnisse unserer Untersuchungen nicht am herkömmlichen Gold-Standard verifiziert werden. Sie wurden daher

an einem Pseudo-Goldstandard verifiziert, der alle diagnostischen bildgebenden Verfahren einbezog und bei dem eine Läsion als vorhanden angesehen wurde, wenn sie in drei unterschiedlichen Untersuchungstechniken und drei MR-Sequenzen abgegrenzt werden konnte.

Durch Zusammensicht aller zur Verfügung stehender Informationen aus Bildgebung und Histologie konnten zu jedem Patienten die entsprechenden Diagnosen gesichert werden.

Die 99 Läsionen der 29 Patienten gliederten sich in:

- 73 Metastasen, davon 27 kleinste, 22 kleine, 19 mittelgroße und fünf große;
- 14 HCC, davon zwei kleinste, fünf kleine, vier mittelgroße und drei große;
- sieben Hämangiome, davon zwei kleinste, eine kleine, drei mittelgroße und ein großes;
- fünf FNH, davon vier kleine und ein großer.

Für die qualitative Auswertung wurden zusätzlich auch die multiplen Metastasen des einen Patienten betrachtet.

4.2. Qualitative Auswertung

Nachfolgend soll untersucht werden, welchen Einfluss die Anwendung des leberspezifischen Kontrastmittels Gd-EOB-DTPA sowie einer Körper-Phased-Array-Spule auf die Qualität des MR-Bildes hat. Es wurde hierzu zunächst eine gesonderte Beurteilung des Einzelbildes anhand der läsionsunabhängigen Qualitätsmerkmale Bildqualität, Detailerkennbarkeit und Artefaktausprägung durchgeführt.

Die im zweiten Auswertungsschritt erhobenen Ergebnisse beziehen sich auf die Einzelläsion und analysieren die Qualitätsmerkmale Kontrast, Abgrenzbarkeit und Erkennbarkeit der Metastasen zunächst unabhängig von deren Größe. Die größenabhängige Auswertung anhand derselben läsionsbezogenen Qualitätsparameter erfolgt für jede Gruppe der vier Größenkategorien extra.

4.2.1. Vergleich der Ausprägung der Qualitätsmerkmale der T1w-FLASH-Sequenzen auf das Einzelbild nativ und nach Applikation von Gd-EOB-DTPA bei Verwendung unterschiedlicher Spulen (Ganzkörperspule versus Körper-Phased-Array-Spule)

Bei der qualitativen Beurteilung der Bildgebung wurden Bildqualität, Detailerkennbarkeit und Artefakte unter Beurteilung aller abgebildeten Organstrukturen für jeden Patienten einzeln ausgewertet und die gesamten Läsionen aller Diagnosegruppen einbezogen. Dabei wurden zur Beurteilung der Bildqualität die Homogenität des Leberparenchyms sowie die Abgrenzung der Leber zur Milz berücksichtigt. Die Bewertung der Detailerkennbarkeit ergibt sich aus der Darstellbarkeit aller zur Verfügung stehenden Leberstrukturen (Lebergefäße, Läsionen).

Bildqualität

Wie in Tabelle 4.1 dargestellt, wiesen 21% der Nativaufnahmen mit Ganzkörperspule und 7% derer, die mit Körper-Phased-Array-Spule akquiriert wurden, eine geringe Bildqualität auf.

Nach Kontrastmittelgabe wurden in keiner Sequenz Bilder akquiriert, die sich durch geringe Bildqualität auszeichneten. Während sich bei Verwendung der Ganzkörperspule der Qualitätsgewinn in einem prozentualen Anstieg der von mäßiger Bildqualität geprägten Nativaufnahmen von 52% auf 67% in der hepatobiliären Phase und einem geringfügigen Zuwachs der qualitativ mit gut beurteilten Bilder von 28% auf 33% darstellte, konnten mit Körper-Phased-Array-Spulen 20 Minuten nach bolusförmiger Kontrastmittelapplikation 14% mäßig, 45% gut und 41% exzellent bewertete Bilder akquiriert werden (Tab. 4.1).

Die Verbesserung der Bildqualität in den Spätphaseaufnahmen ist statistisch signifikant ($p = 0,00143$).

Tabelle 4.1: Bildqualität nativer und Spätphase-T1w-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Bildqualität	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Gering	6	21	-	-	2	7	-	-
Mäßig	15	52	20	67	8	27	4	14
Gut	8	27	10	33	19	66	13	45
Exzellente	-	-	-	-	-	-	12	41
Gesamt	29	100	30	100	29	100	29	100
Fehlend	1		-		1		1	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-
 Phased-Array-Spule

Der Einsatz des hepatobiliären Kontrastmittels Gd-EOB-DTPA wirkte sich in der T1w-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule im Vergleich zur Ganzkörperspule signifikant stärker auf den Bildqualitätsgewinn aus ($p = 0,02318$).

Von den nativen T1w-Aufnahmen mit Ganzkörperspule wurden 73% als gering, bzw. mäßig und 27% als qualitativ gut bewertet. Bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule ohne Kontrastmittel reduzierte sich der Anteil der gering, bzw. mäßig qualitativen Bilder auf 35% zugunsten von 65% Aufnahmen von guter Bildqualität.

Die Spätaufnahmen mit Ganzkörperspule zeigten 67 % qualitativ mäßige und 33 % qualitativ gute Bilder. Mit Körper-Phased-Array-Spule waren es 14 % mäßige, 45 % gute und 41 % exzellente Bilder. Der Bildqualitätsgewinn durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule ist statistisch signifikant ($p < 0,00001$).

Detailerkennbarkeit

Die Nativaufnahmen mit Ganzkörperspule zeigten in nur 3% eine gute Detailerkennbarkeit. Nach Kontrastmittelgabe konnten dagegen 33% mit gut bewertete Bilder akquiriert werden (Tabelle 4.2).

Beim Vergleich der mit Körper-Phased-Array-Spule akquirierten Bilder stieg nach Kontrastmittelgabe die Anzahl der mit gut und exzellent bewerteten Aufnahmen von nativ 72% auf 86%, wobei nach Kontrastmittelapplikation deutlich mehr (55% gegenüber 3%) exzellente Bilder akquiriert worden waren. Dieser Unterschied war im Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben mit $p < 0,00001$ statistisch signifikant (Tabelle 4.2).

Tabelle 4.2: Detailerkennbarkeit nativer und Spätphase-T1w-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phase-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Detailerkennbarkeit	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Gering	12	41	2	7	2	7	1	3
Mäßig	16	55	18	60	6	21	3	11
Gut	1	4	10	33	20	69	9	31
Exzellent	-	-	-	-	1	3	16	55
Gesamt	29	100	30	100	29	100	29	100
Fehlend	1		-		1		1	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Insgesamt 97% der Nativaufnahmen mit Ganzkörperspule waren von geringer, bzw. mäßiger Detailerkennbarkeit, gegenüber nur 3% mit guter Wertung. Der Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule konnte die Anzahl der Nativaufnahmen mit geringer, bzw. mäßiger Detailerkennbarkeit auf acht (28%) reduzieren – 21 Bilder (72%) hingegen waren von guter bis exzellenter Detailerkennbarkeit. (Tabelle 4.2).

Auch bei kontrastverstärkten T1w-FLASH-Aufnahmen wird ein signifikanter Detailerkennbarkeitsgewinn ($p < 0,00001$) durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule erzielt. So konnten mit Ganzkörperspule 67% der Aufnahmen mit geringer, bzw. mäßiger und nur 33% mit guter Wertung gewonnen werden. Mit Körper-Phased-Array-Spule waren es nur 14% mit geringer und mäßiger, dafür aber insgesamt 86% mit guter und exzellenter Detailerkennbarkeit.

Artefakte

Die mit Ganzkörperspule akquirierten T1w-FLASH-Aufnahmen wiesen nativ in 7% der Fälle ausgeprägte Artefakte auf, in 21% der Fälle starke und in 72% der Fälle mäßig ausgeprägte (Tabelle 4.3).

Die Spätaufnahmen zeigten keine ausgeprägten Artefakte mehr, waren in 33% der Fälle durch starke und in 67% der Fälle durch mäßige Artefakte gekennzeichnet. Auf die mit Ganzkörperspule akquirierten T1w-FLASH-Aufnahmen hatte das Kontrastmittel bezüglich der Ausprägung der Artefakte keinen statistisch signifikanten Einfluss.

Tabelle 4.3: Artefaktausprägung nativer und Spätphase-T1w-Bildgebung mit Ganzkörper-Spule und Körper-Phase-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Artefakte	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Ausgeprägt	2	7	-	-	2	7	-	-
Stark	6	21	10	33	6	21	3	10
Mäßig	21	72	20	67	18	62	16	55
Keine	-	-	-	-	3	10	10	35
Gesamt	29	100	30	100	29	100	29	100
Fehlend	1		-		1		1	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Bei Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule zeigten nativ noch 7% der Bilder ausgeprägte und 21% der Bilder starke Artefakte, 20 Minuten nach i.v. Gabe von Gd-EOB-DTPA waren keine ausgeprägten und nur noch in 10% der Fälle starke Artefakte vorhanden – die Zahl der Aufnahmen ohne Artefakte stieg nach Kontrastmittelgabe von 10% auf 35 % (Tab. 4.3).

Während es bei 28% der Patienten bei den nativen Sequenzen ausgeprägte und starke Artefakte gab, waren es nach Kontrastmittelapplikation nur noch 10%. Die Zahl der Bilder mit mäßiger oder ohne Artefaktausprägung stieg nach Kontrastmittelgabe bei der mit Körper-Phased-Array-Spule akquirierten Sequenzen von 72% auf 90%.

Bei 28% der Nativaufnahmen waren unabhängig von der Spulenart ausgeprägte/starke Artefakte zu erkennen. Keine der Nativaufnahmen, welche mit Ganzkörperspule akquiriert wurden, war ohne Artefakte; jedoch waren in 10% der Fälle die nativen Aufnahmen bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule artefaktfrei.

In der Spätuntersuchung traten bei insgesamt 35% der Patienten keine Artefakte beim Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule mehr auf. In der Spätsequenz mit Ganzkörperspule konnten jedoch keine artefaktfreien Aufnahmen akquiriert werden (Tabelle 4.3).

Durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule konnte das Auftreten von Artefakten statistisch signifikant reduziert werden ($p = 0,00066$).

Aus den Qualitätskriterien Bildqualität, Detailerkennbarkeit und Artefakte wurden Qualitätsrangsummen (QRS) gebildet, die als Mittelwerte den Vergleich der Bildgebungssequenzen erleichtern sollen.

Die QRS ist die Summe der Produkte aus der Anzahl der Untersuchungen mit den verschlüsselten Qualitätsmerkmalen (gemäß angegebenem Score) je Untersuchungssequenz. Unter Berücksichtigung der Anzahl können hieraus Mittelwerte errechnet werden, die sich dem Maximum, d.h. der am höchsten bewerteten Kategorie des jeweiligen Qualitätsmerkmals, hier also 4,00 nähern.

Tabelle 4.4: Qualitätsränge der nativen und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörper-Spule und Körper-Phased-Array-Spule

Sequenz	NT1wFLBC	KT1wFLBC	NT1wFLBA	KT1wFLBA
Qualitätsrangsumme: (QRS)	184	218	233	287
Anzahl (n)	87	90	87	87
Mittelwert der QRS: (QRS/n)	2,11	2,42	2,68	3,30

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Für die T1w-FLASH-Sequenz nativ mit Ganzkörperspule wurde eine Qualitätsrangsumme von 2,11 berechnet – in der Spätuntersuchung 2,42 und nativ mit Körper-Phased-Array-Spule 2,68, 20 Minuten p.i. mit Körper-Phased-Array-Spule 3,30.

4.2.2. Vergleich der Darstellbarkeit der Metastasen in T1w-Aufnahmen nativ und 20 Minuten nach Applikation von Gd-EOB-DTPA bei Verwendung zweier Spulensysteme (Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule)

Kontrast

Von insgesamt 32 Metastasen konnten in der Nativ-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule nur 23 Läsionen beurteilt werden, während 20 Minuten nach Kontrastmittelgabe sowie auch in der Nativ-T1w-FLASH-Sequenz (mit Körper-Phased-Array-Spule) alle Läsionen gesehen worden sind. In der kontrastverstärkten T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule war eine Läsion nicht erkennbar.

In der Nativ-T1w-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule wurden 44% der Läsionen als mäßig kontrastiert dargestellt.

Zwanzig Minuten nach Kontrastmittelapplikation reduzierte sich die Anzahl der mäßig kontrastierten Läsionen auf 9% (3 von 32) und die Anzahl der Metastasen mit gutem Kontrast nahm von 39% (9 von 23) auf 47% (15 von 32) zu. Insgesamt 13% der Läsionen wurden sehr kontrastreich dargestellt. (Tabelle 4.5).

Tabelle 4.5: Kontrast der Einzelläsionen in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	4	17	10	31	3	9	4	13
Mäßig	10	44	3	9	10	31	5	16
Gut	9	39	15	47	17	54	9	29
Sehr gut	-	-	4	13	2	6	13	42
Gesamt	23	100	32	100	32	100	31	100
Fehlend	9		-		-		1	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Die in T1w-FLASH-Bildgebung mit Körper-Phased-Array-Spule dargestellten Metastasen waren nativ in 41% der Fälle schlecht/mäßig, in 53% gut und 6% sehr gut kontrastiert. 20 Minuten post injectionem waren 29% der Fälle schlecht bzw. mäßig, 29% gut und 42% sehr gut kontrastiert (Tabelle 4.5).

Bei beiden Untersuchungstechniken wird durch Einsatz des Kontrastmittels ein statistisch signifikanter Kontrastzuwachs erreicht ($p = 0,038$).

Abgrenzbarkeit

Im Folgenden wurde die Abgrenzung der Metastasen zum umliegenden Lebergewebe in Abhängigkeit der Untersuchungsverfahren bewertet.

Tabelle 4.6: Abgrenzbarkeit der Einzelläsionen in nativer und in Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Abgrenzbarkeit	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	4	17	9	28	2	6	3	9
Mäßig	10	44	7	22	9	28	9	28
Gut	6	26	10	31	14	44	6	19
Sehr gut	3	13	6	19	7	22	12	38
Exzellent	-	-	-	-	-	-	2	6
Gesamt	23	100	32	100	32	100	32	100
Fehlend	9		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Eine statistisch signifikant verbesserte Abgrenzbarkeit der Metastasen ergab sich bei der Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule in der Native Sequenz und nach Kontrastmittelgabe (Tabelle 4.6).

Wurden bei Anwendung der Ganzkörperspule nativ 39% der Metastasen als gut bis sehr gut abgrenzbar bewertet, waren dies durch Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule schon 66%.

Nach Kontrastmittelgabe und Einsatz der Ganzkörperspule erreichten 50% der Metastasen eine gute bis sehr gute Bewertung, bei Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule waren es noch 56%, zusätzlich aber 6% mit exzellenter Wertung. (Tabelle 4.6).

Als Referenzwert für die Auswertung wurden als Gesamtanzahl in der nativen T1w-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule 23 Läsionen, bei allen anderen jeweils 32 Läsionen angesehen.

Erkennbarkeit

Gut erkennbar waren nativ mit Ganzkörperspule 16% der Läsionen, 26% sehr gut, bzw. exzellent, mit Körper-Phased-Array-Spule waren 25% der Läsionen gut, 37% sehr gut, bzw. exzellent erkennbar. In der Spätuntersuchung waren mit Ganzkörperspule zusätzlich neun Läsionen erkennbar sowie ein marginaler Anstieg der Qualitätswertung zu verzeichnen.

Gut bis exzellent erkennbar waren nativ 42% der Metastasen. 20 Minuten nach Gabe des Kontrastmittels waren es 53% der Metastasen. Mit Körper-Phased-Array-Spule konnten nativ 62% der Metastasen akquiriert werden, nach Kontrastmittelgabe dann 66%. Bei beiden Spulen bewirkte die Kontrastmittelgabe keinen signifikanten Unterschied in der Erkennbarkeit der Metastasen (Tabelle 4.7).

Tabelle 4.7: Erkennbarkeit der Einzelläsionen in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	4	17	9	28	2	6	3	9
Mäßig	8	35	6	17	10	31	8	25
Gut	5	16	7	22	8	25	7	22
Sehr gut	4	17	7	22	10	31	10	31
Exzellent	2	9	3	9	2	6	4	12
Gesamt	23	100	32	100	32	100	32	100
Fehlend	9		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Die Erkennbarkeit der Metastasen in der T1w-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule war nativ und auch 20 Minuten nach Kontrastmittelgabe signifikant schlechter als bei der T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule.

Die qualitätssteigernde Wirkung von Gd-EOB-DTPA in den Spätaufnahmen und die der Körper-Phased-Array-Spule wird durch Bildung von Qualitätsrangsummen am besten verdeutlicht. Je besser Kontrast, Abgrenzbarkeit und Erkennbarkeit der Einzelläsion bewertet wurden, desto mehr nähert sich der Mittelwert der QRS hier dem Maximum von vier bzw. fünf, da unterschiedliche Scores verwendet wurden (bei Kontrast max. vier, bei Abgrenzbarkeit/Erkennbarkeit max. fünf).

Tabelle 4.8: Qualitätsrangordnung der Metastasenbildung nativ und in der Spätphase mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Sequenz Qualitätsaspekt	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	K	A+E	K	A+E	K	A+E	K	A+E
QRS	51	115	77	162	82	186	93	197
Anzahl n	23	46	32	64	32	64	31	64
Mittelwerte der QRS	2,22	2,50	2,41	2,53	2,56	2,91	3,0	3,08

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

QRS: Qualitätsrangsumme; K: Kontrast; A: Abgrenzbarkeit; E: Erkennbarkeit

Der Vergleich der Mittelwerte der Qualitätsrangsummen zeigt hier unter Betrachtung von Kontrast, Abgrenzbarkeit und Erkennbarkeit ohne Berücksichtigung der Läsionsgröße ebenfalls einen Qualitätsgewinn, vor allem durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule.

So stieg der Mittelwert der Qualitätsrangsummen von 2,22/2,50 (native FLASH-Sequenz unter Verwendung der Ganzkörperspule) 20 Minuten nach Kontrastmittelapplikation auf 2,41/2,53. Durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule bei nativer Untersuchungstechnik stieg er sogar auf 2,56/2,91. Das beste Ergebnis kann auch hier nur durch die Kombination von KM und Körper-Phased-Array-Spule (3,0/3,08 bei einem erreichbaren Maximum von 4,0 für Kontrast bzw. 5,0 für die Aspekte Abgrenzbarkeit und Erkennbarkeit) erreicht werden.

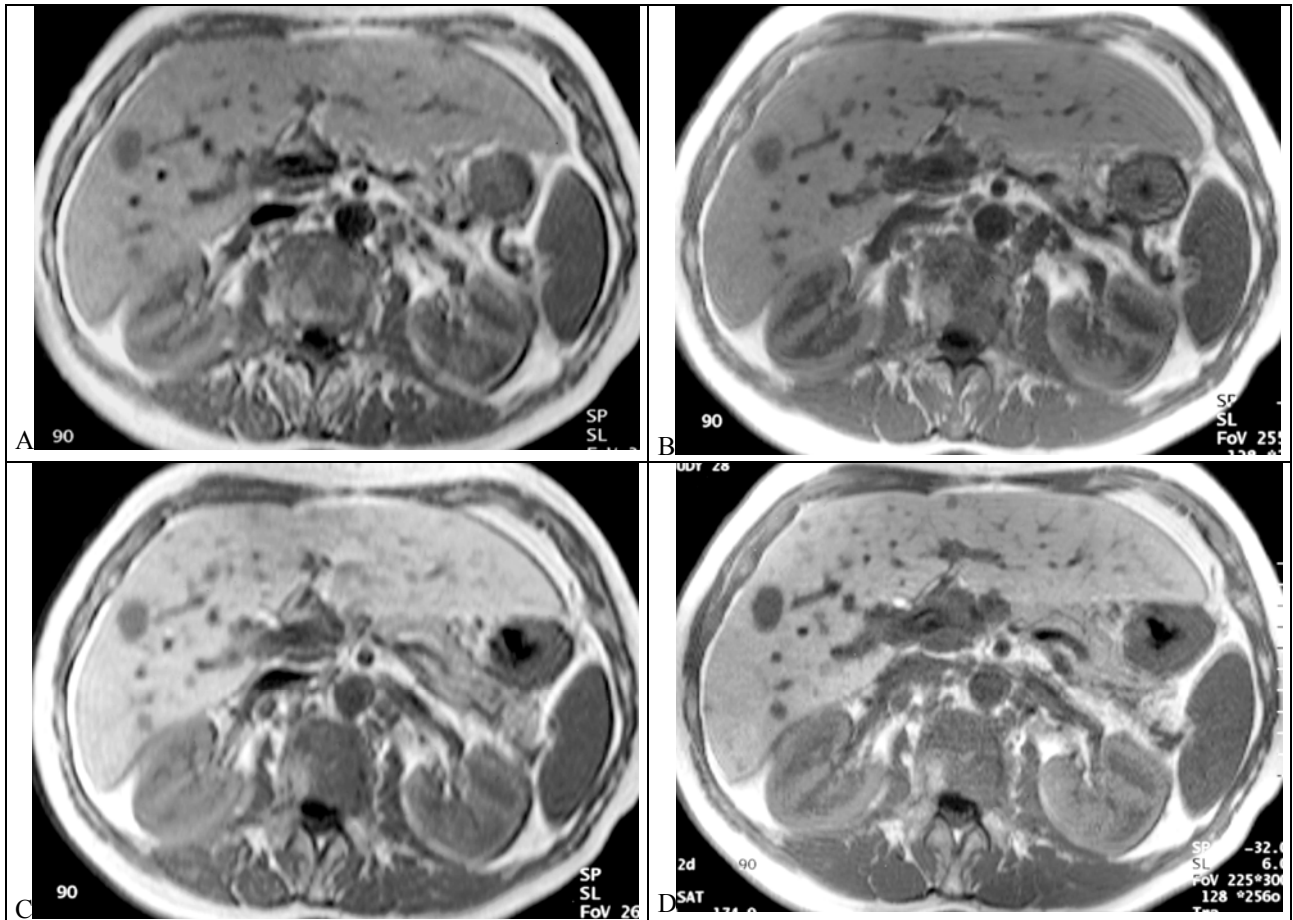


Abb. 4.1

Vergleich der Darstellungsqualität fokaler Leberläsionen am Beispiel einer Patientin mit multipler Metastasierung vor (A/B) und 20 Minuten nach Gd-EOB-DTPA-Applikation (12,5 μ mol/kg KG) (C/D), auf mit Ganzkörperspule (A/C) und Körper-Phased-Array-Spule (B/D) akquirierten MR-Aufnahmen (T1w-FLASH mit Ganzkörperspule TR: 231/TE: 4,8; T1w-FLASH mit Körper-Phased-Array-Spule TR: 174,9/TE: 4,1)

A: Mäßig hypointense Darstellung einer großen Metastase und multipler kleiner Leberherde in der Nativaufnahme mit Ganzkörperspule.

B: Die Nativaufnahme mit Körper-Phased-Array-Spule zeigt eine konturschärfere und artefaktärmere Darstellung der hypointensen Metastase und der kleinen Leberherde - Blutgefäße, unterer Leberrand und angrenzende Organe sind besser konturiert.

C: In der Spätaufnahme mit Ganzkörperspule (20 Minuten nach Gd-EOB-DTPA-Applikation) bewirkt der Signalintensitätsanstieg des Leberparenchyms eine Zunahme des Leber-Läsionskontrastes, die Metastase scheint gegenüber der Nativaufnahme besser erkennbar.

D: Deutlich bessere Erkennbarkeit und Abgrenzbarkeit der Lebermetastasen bei maximalem Leber-LäsionsKontrast in der Spätphase mit Körper-Phased Array-Spule, zusätzliche Darstellung einer kapselnahen kleinen Metastase.

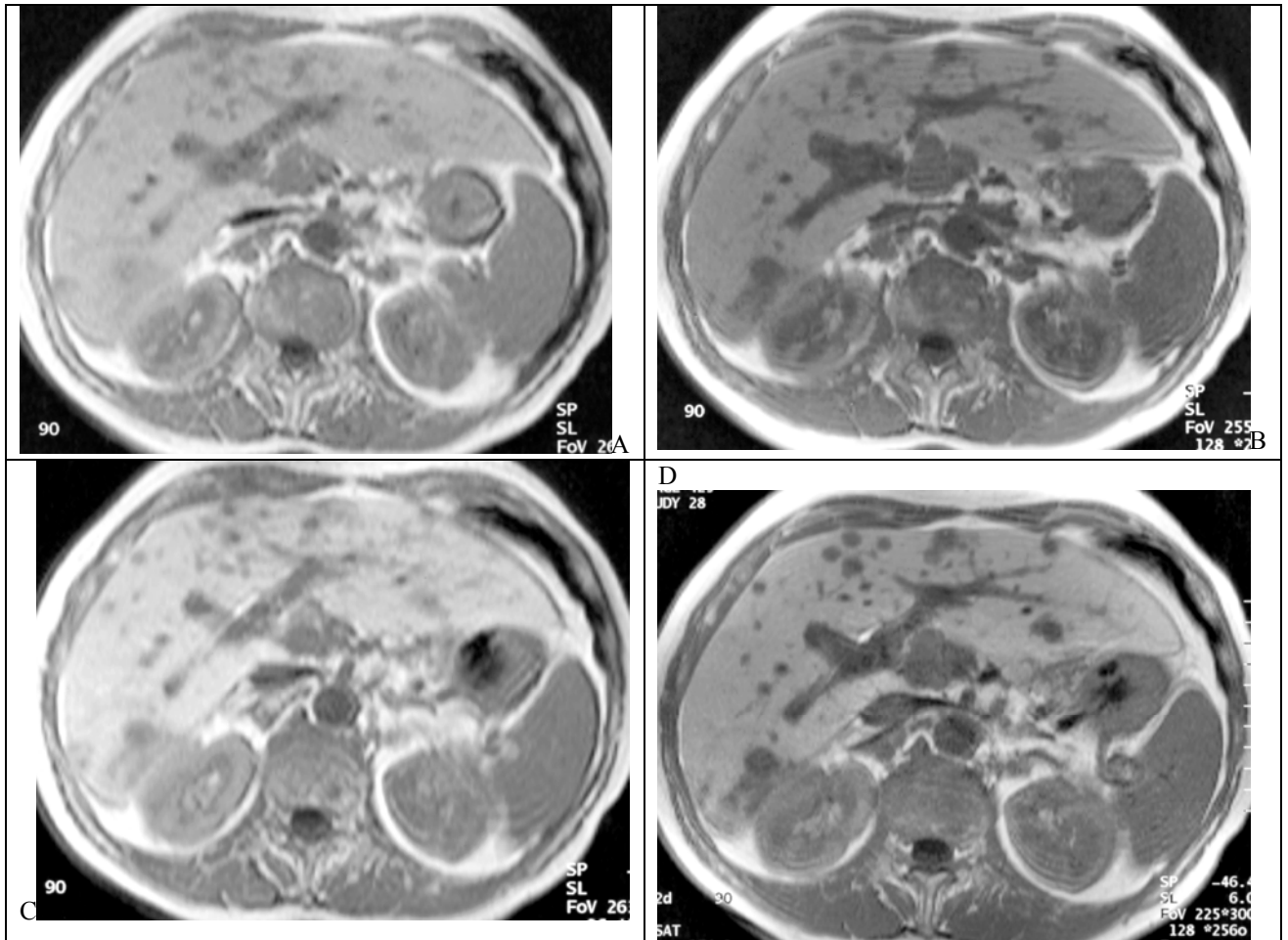


Abb. 4.2

Vergleich der Darstellungsqualität fokaler Leberläsionen am Beispiel einer Patientin mit multipler Metastasierung vor (A/B) und 20 Minuten nach Gd-EOB-DTPA-Applikation ($12,5\mu\text{mol/kg KG}$) (C/D), auf mit Ganzkörperspule (A/C) und Körper-Phased-Array-Spule (B/D) akquirierten MR-Aufnahmen. Aufnahmen (T1w-FLASH mit Ganzkörperspule TR: 231/TE: 4,8; T1w-FLASH mit Körper-Phased-Array-Spule TR: 174,9/TE: 4,1)

- A:** Die Nativaufnahme mit Ganzkörperspule zeigt mäßig hypointense multiple Metastasen - v.a. die sehr kleinen Läsionen sind durch schwache Kontrastierung schlecht abgrenzbar
- B:** Bei Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule nativ stellen sich die Metastasen wesentlich konturschärfer dar, Leberrand und Lebergefäße erscheinen besser abgrenzbar.
- C:** In der Spätaufnahme mit Ganzkörperspule (20 Minuten nach Gd-EOB-DTPA-Gabe) stellt sich das Leberparenchym signalreicher dar – die Metastasen lassen sich aufgrund des erhöhten Kontrastes besser abgrenzen
- D:** Kontrastreiche, scharf konturierte Darstellung der kleinen Metastasen und Lebergefäße, gute Abgrenzung und Größenbestimmung der Metastasen in der Spätbildgebung mit Körper-Phased-Array-Spule 20 Minuten nach Gd-EOB-DTPA-Gabe.

4.2.3. Vergleich der Ausprägung der Qualitätsmerkmale der T1w-FLASH-Sequenzen nativ und in der Spätphase-Bildgebung mit Ganzkörperspule oder Körper-Phased-Array-Spule in Abhängigkeit von der Läsionsgröße

Die zuvor definierten fünf Größengruppen wurden nachträglich wegen zu geringer Fallzahlen in vier Gruppen zusammengefasst. Diese vier Gruppen gliedern sich wie folgt:

- Gruppe a) < 10 mm Größe,
- Gruppe b) 10 - 19 mm Größe,
- Gruppe c) 20 - 29 mm Größe,
- Gruppe d) > 30 mm Größe.

Nachfolgend wird der Kontrast der einzelnen vier Größengruppen vorgestellt.

a) Kontrast von Läsionen von bis zu 10 mm Größe

Bezugnehmend auf die Einzelläsion von kleinster Größe lässt sich das Kontrastverhalten dieser gegenüber dem umliegenden Leberparenchym beim Einsatz von Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule wie folgt darstellen:

Mit Ganzkörperspule konnten ohne Kontrastmittel 50% der Metastasen schlecht und 50% mäßig kontrastiert dargestellt werden. 20 Minuten nach Kontrastmittelgabe waren 78% der kleinsten Metastasen schlecht und 22% gut kontrastiert (Tabelle 4.9).

Bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule stellten sich die Metastasen in der Nativ-T1w-Sequenz zu 22% schlecht, zu 33% mäßig und zu 45% gut kontrastiert dar. 20 Minuten nach Kontrastmittelapplikation waren noch 25% schlecht, 25% mäßig, aber 50% der Metastasen sehr gut kontrastiert (Tabelle 4.9).

Die bezüglich der Kontrastgebung kleinster Metastasen weitaus beste Pulssequenz in unserer Untersuchung war die kontrastverstärkte T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule.

Tabelle 4.9: Kontrast der Einzelläsionen kleinster Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	3	50	7	78	2	22	2	25
Mäßig	3	50	-	-	3	33	2	25
Gut	-	-	2	22	4	45	-	-
Sehr gut	-	-	-	-	-	-	4	50
Gesamt	6	100	9	100	9	100	8	100
Fehlend	3		-		-		1	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Sowohl nativ als auch nach Kontrastmittelapplikation konnte ein statistisch signifikant ($p < 0,00001$) verbessertes Kontrastverhalten der kleinsten Metastasen zum umliegenden Leberparenchym durch Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule gezeigt werden.

Bei Anwendung der T1w-Nativ-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule erschienen die kleinsten Läsionen zu 50% schlecht und zu 50% mäßig kontrastiert zur Leber, mit Körper-Phased-Array-Spule zeigten 45% der Metastasen ein schlechtes und 55% ein mäßiges Kontrastverhalten (Tabelle 4.9).

Einen Kontrastgewinn bei kleinsten Metastasen verzeichneten wir auch in der Spätphase durch den Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule gegenüber der Ganzkörperspule.

Mit Ganzkörperspule waren 78% schlecht und 22% der Metastasen kleinster Größe gut kontrastiert, mit Körper-Phased-Array-Spule nahm die Zahl der Metastasen mit reduziertem Kontrast auf 25% und derer mit mäßigem Kontrast auf 25% ab und 50% der Metastasen wiesen ein sehr gutes Kontrastverhalten in der Spätphase auf (Tabelle 4.9).

b) Kontrast von Läsionen von 10 - 19 mm Größe

Metastasen der zweiten Größenkategorie zeigten ausschließlich bei Anwendung der Ganzkörperspule eine Kontrastzunahme 20 Minuten nach Gabe des Kontrastmittels.

Ein zusätzlicher Kontrastgewinn konnte bei Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule in der Spätphase bei unserem Patientengut mit kleinen Metastasen nicht dargestellt werden.

Tabelle 4.10: Kontrast der Einzelläsionen kleiner Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	1	14	1	10	1	10	2	20
Mäßig	4	57	3	30	4	40	3	30
Gut	2	29	4	40	5	50	5	50
Sehr gut	-	-	2	20	-	-	-	-
Gesamt	7	100	10	100	10	100	10	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Beim Vergleich der Kontrastwerte in beiden Nativsequenzen erreichten die Metastasen, welche mit Körper-Phased-Array-Spule akquiriert wurden, zu 50% gute Wertungen, bei Anwendung der Ganzkörperspule nur bei 29% gute Kontrastwerte (Tabelle 4.10).

Betrachtet man hier zusätzlich die in der Spätphase, bzw. durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule zusätzlich detektierten drei Läsionen, ist auch hier ein Vorteil des Kontrastmittels bzw. der Körper-Phased-Array-Spule zu verzeichnen.

c) Kontrast von Läsionen von 20 - 29 mm Größe

Der Kontrast konnte durch die Kontrastmittelapplikation in den Aufnahmen mit Ganzkörperspule gering gesteigert werden (Tabelle 4.11).

Es kam zu einem Zuwachs der sehr gut erkennbaren Läsionen durch das Kontrastmittel um 11%.

Das Kontrastmittel bot keinen Vorteil bezüglich der Kontrastverbesserung bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule.

Durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule konnte nativ der Kontrast so verbessert werden, dass drei Läsionen, die mit Ganzkörperspule durch zu geringe Kontrastierung nicht sichtbar waren, zusätzlich detektiert werden konnten (Tab. 4.11).

Tabelle 4.11: Kontrast der Einzelläsionen mittlerer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	2	22	-	-	2	22
Mäßig	2	33	-	-	2	22	1	11
Gut	4	67	6	66	5	56	4	45
Sehr gut	-	-	1	12	2	22	2	22
Gesamt	6	100	9	100	9	100	9	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Außerdem stellten sich 22% der Läsionen (2/9) nativ mittels Körper-Phased-Array-Spule sehr gut kontrastiert dar, während unter Verwendung der Ganzkörperspule nativ keine Läsion mit sehr gutem Kontrast ermittelt werden konnte. In dieser Größengruppe wurden die besten Kontrastwerte erreicht, wenn die Untersuchung nativ mit Körper-Phased-Array-Spule durchgeführt wurde (Tab. 4.11).

Bei Verwendung des Kontrastmittels und der Körper-Phased-Array-Spule konnte folgendes dargestellt werden: Der Anteil sehr gut kontrastierter Läsionen stieg von 11% auf 22%.

Die Anzahl schlecht kontrastierter Läsionen blieb bei 22%, bei 11% der Läsionen verschlechterte sich das Kontrastverhalten (von gut zu mäßig) um eine Stufe.

d) Kontrast von Läsionen > 30mm

Die durch das Kontrastmittel erreichte Kontrastverstärkung zeigt sich bei Betrachtung der großen Metastasen bei Anwendung beider Spulen.

Bei den großen Metastasen wurden 75% (3/4) nativ sowie 20 Minuten p. i. in T1w-FLASH mit Ganzkörperspule mit gutem Kontrast dargestellt. Jedoch erreichen die restlichen 25% (1/4) nach Kontrastmittelapplikation eine Wertungszunahme um zwei Qualitätsstufen von mäßigem zu sehr gutem Kontrast (Tab.4.12).

Tabelle 4.12: Kontrast der Einzelläsionen großer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäßig	1	25	-	-	1	25	-	-
Gut	3	75	3	75	3	75	2	50
Sehr gut	-	-	1	25	-	-	2	50
Gesamt	4	100	4	100	4	100	4	100
Fehlend	-	-	-	-	-	-	-	-

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Beim Vergleich der nativ und in der Spätphase dargestellten Metastasen mit Körper-Phased-Array-Spule reduzierten sich die nativ mit 75% (3/4) als gut kontrastiert eingestuft Metastasen um 25% (1/4) zugunsten von 50% (2/4) sehr gut kontrastierter in der Spätphase. Es liegt bei 25%

(1/4) der Läsionen auch hier eine Steigerung um zwei Qualitätsstufen vor, von mäßigem zu sehr gutem Kontrast. Die Werte sind in beiden Fällen statistisch nicht signifikant (Tab. 4.12).

Die Kontrastwerte der Metastasen waren in den Nativaufnahmen unabhängig vom Spulentyp identisch. Die Spätaufnahmen, bei welchen die Körper-Phased-Array-Spule Verwendung fand, konnten stärker kontrastierte Metastasen darstellen als mit Ganzkörperspule.

Mit Ganzkörperspule wurden 75% mit gut und 25% mit sehr gut, mit Körper-Phased-Array-Spule jeweils 50% mit gut und 50% mit gut beurteilt.

Nachfolgend wird die Abgrenzbarkeit der vier Größengruppen vorgestellt:

a) Abgrenzbarkeit von Läsionen von bis zu 10 mm Größe

Zusätzlich zu den sechs erkannten Metastasen kleinster Größe in der Nativuntersuchung mit Ganzkörperspule, konnten in der Spätaufnahme drei weitere Metastasen abgegrenzt werden. Eine statistisch signifikant verbesserte Abgrenzbarkeit nach Kontrastmittelapplikation mit Ganzkörperspule wurde dabei jedoch nicht erzielt.

Ein großer Teil der kleinsten Metastasen (44%) wies eine sehr gute Abgrenzbarkeit nach Kontrastmittelapplikation bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule auf. Demgegenüber lag der Anteil der sehr gut abgrenzbaren Metastasen ohne Kontrastmittelgabe bei 11% (Tab.4.13).

Tabelle 4.13: Abgrenzbarkeit der Einzelläsionen kleinster Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Abgrenzbarkeit	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	3	50	6	67	1	11	2	22
Mäßig	3	50	1	11	3	33	3	33
Gut	-	-	2	22	4	44	-	-
Sehr gut	-	-	-	-	1	11	4	44
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	6	100	9	100	9	100	9	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

In der T1w-Nativ-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule wurden 50% der Metastasen als schlecht abgrenzbar bewertet.. In der T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule waren betraf dies nur 11% der Metastasen. Der Anteil der mäßig abgrenzbaren Läsionen sank

zugunsten der gut (44%) bis sehr gut (11%) abgrenzbaren, auf 33% bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule (Tab. 4.13).

Die verbesserte Abgrenzbarkeit nach Verwendung des Kontrastmittels durch den Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule machte sich in der Reduktion der schlecht abgrenzbaren Metastasen von 67% mit Ganzkörperspule auf 22% mit Körper-Phased-Array, zugunsten von hier 44% sehr gut abgrenzbaren Metastasen bemerkbar.

Auch hier konnten durch Kontrastmittelapplikation, bzw. durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule drei zusätzliche Läsionen abgegrenzt werden.

Die durch Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule verbesserte Abgrenzbarkeit kleinster Metastasen ist statistisch signifikant ($p < 0,000001$).

b) Abgrenzbarkeit von Läsionen von 10 - 19 mm Größe

Aufgrund ihrer Größe waren die kleinen Metastasen verglichen mit den kleinsten deutlich besser darstellbar, was sich auch in der Tabelle widerspiegelt.

Die Verwendung von Gd-EOB-DTPA bewirkte bei Einsatz der Ganzkörperspule eine marginale Verbesserung der Abgrenzbarkeit. 57% der nativ mit Ganzkörperspule dargestellten Metastasen verhielten sich schlecht bis mäßig, die anderen 43% gut abgrenzbar. Nach Kontrastmittelapplikation wurden 60% als schlecht bis mäßig, 20% als gut und 20% als sehr gut abgrenzbar bewertet (Tab.4.14).

Tabelle 4.14: Abgrenzbarkeit der Einzelläsionen kleiner Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Abgrenzbarkeit								
Schlecht	1	14	1	10	1	10	3	30
Mäßig	3	43	5	50	3	30	2	20
Gut	3	43	2	20	3	30	4	40
Sehr gut	-	-	2	20	3	30	1	10
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	7	100	10	100	10	100	10	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Der größte Anteil sehr gut abgrenzbarer Läsionen (30%) sowie gut und sehr gut abgrenzbarer Läsionen (60%), wurde mit der Nativ-T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule akquiriert. Alle anderen Sequenzen konnten in dieser Größengruppe keine besseren Ergebnisse erzielen (Tab.4.14).

Der Vergleich der Spulen zeigt in dieser Größengruppe einen statistisch signifikanten Anstieg der Abgrenzbarkeit bei Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule gegenüber der Ganzkörperspule ($p = 0,01550$).

Nach Anwendung der Ganzkörperspule werden 57% der Metastasen dieser Größengruppe nativ als schlecht, bzw. mäßig abgrenzbar und 43% als gut abgrenzbar eingestuft. Die Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule in der T1w-FLASH- Sequenz nativ ergibt eine Wertungsverteilung von 40% schlecht, bzw. mäßig abgrenzbaren, 30% gut und 30% sehr gut abgrenzbaren Metastasen (Tab.4.14).

c) Abgrenzbarkeit von Läsionen von 20-29 mm Größe

Zusätzlich zu sechs gesehenen Läsionen in der Nativ-T1w-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule konnten 20 Minuten p. i. drei weitere Läsionen abgegrenzt werden. Der Anteil gut abgrenzbarer Läsionen stieg von 33% auf 56% in der Spätphase (Tab. 4.15).

Tabelle 4.15: Abgrenzbarkeit der Einzelläsionen mittlerer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Abgrenzbarkeit	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	2	22	-	-	1	11
Mäßig	3	50	1	11	3	33	3	33
Gut	2	33	5	56	5	56	3	33
Sehr gut	1	17	1	11	1	11	2	23
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	6	100	9	100	10	100	10	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Der Anteil sehr gut abgrenzbarer Läsionen steigt unter Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule von nativ 11% auf 22% in der Spätphase. Leider wird dieser Vorteil mit einem Anstieg schlecht abgrenzbarer Läsionen von 11% erkauft (Tab. 4.15).

Der Anteil mäßig abgrenzbarer Läsionen sinkt nativ durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule von 50% mit Ganzkörperspule auf 33%, während der Anteil gut abgrenzbarer Läsionen von 33% auf 56% steigt (Tab 4.15).

In der Spätphase kam es zu einer leichten Verbesserung im Bereich der sehr guten Abgrenzbarkeit durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule, d. h. einem Anstieg von 11% auf 22% bei gleichzeitiger Reduktion schlecht abgrenzbarer Läsionen von 22% auf 11% (Tab. 4.15).

Die Summe der jeweils mäßig bis gut abgrenzbaren Läsionen ist mit 67% mit beiden Spulen gleich.

d) Abgrenzbarkeit von Läsionen > 30mm

Die Abgrenzbarkeit der großen Metastasen kann durch Einsatz von Gd-EOB-DTPA bei beiden Spulen gegenüber den nativ dargestellten Metastasen verbessert werden (4.16).

Der Vergleich der in Nativ- und Spätaufnahmen mit Ganzkörperspule sowie mit Körper-Phased-Array-Spule dargestellten Metastasen zeigt einen Anstieg der Abgrenzbarkeit um zwei Qualitätsstufen für jeweils eine von vier Wertungen.

Tabelle 4.16: Abgrenzbarkeit der Einzelläsionen großer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäßig	1	25	-	-	-	-	-	-
Gut	1	25	1	25	2	50	1	25
Sehr gut	2	50	3	75	2	50	2	50
Exzellent	-	-	-	-	-	-	1	25
Gesamt	4	100	4	100	4	100	4	100
Fehlend	-		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Sowohl in den Nativsequenzen als auch nach Kontrastmittelapplikation liegen die Wertungen nach Anwendung der Körper-Phased-Array-Spule für 25% der Läsionen um eine Qualitätsstufe höher.

Nachfolgend wird die Erkennbarkeit von Metastasen in den vier Größengruppen vorgestellt:

a) Erkennbarkeit von Läsionen von bis zu 10 mm Größe

Die MRT in T1w-FLASH mit Ganzkörperspule erkannte nativ 50% (3 von 6) der kleinsten Metastasen schlecht und 50% mäßig. Sie konnte in der Spätuntersuchung aber drei zusätzliche Metastasen erkennen. 67% davon wurden schlecht, 11% mäßig und weitere 22% gut erkannt (Tab.4.17).

Die Erkennbarkeit der Metastasen < 10 mm wird durch Applikation von Gd-EOB-DTPA in der T1w-FLASH-Sequenz unter Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule nur marginal verbessert.

Tabelle 4.17: Erkennbarkeit der Einzelläsionen kleinster Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal Erkennbarkeit	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	3	50	6	67	1	11	2	22
Mäßig	3	50	1	11	4	44	3	33
Gut	-	-	2	22	3	33	2	22
Sehr gut	-	-	-	-	1	11	2	22
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	6	100	9	100	9	100	9	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Der Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule in der nativen T1w-FLASH-Sequenz reduzierte den Anteil der schlecht erkennbaren Metastasen von 50% mit Ganzkörperspule auf 11% (Tab.4. 17). Den 50% mäßig erkennbaren Metastasen, dargestellt mit T1wFLASH nativ unter Verwendung der Ganzkörperspule, stehen 44% mäßig, 33% gut und 11% sehr gut erkennbare Metastasen, mit Körper-Phased-Array-Spule akquiriert, gegenüber (Tab. 4.17).

Als zusätzliche Verbesserung der Erkennbarkeit der Läsionen ist auch der Zuwachs von drei zusätzlich gesehenen Metastasen durch Verwendung des Kontrastmittels bzw. der Körper-Phased-Array-Spule zu betrachten.

b) Erkennbarkeit von Läsionen von 10-19 mm Größe

In der T1w-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule waren nativ nur sechs Metastasen auswertbar. Nach Kontrastmittelapplikation konnten drei Läsionen zusätzlich gesehen werden, von denen zwei Läsionen (22%) eine gute Erkennbarkeit aufwiesen (Tab. 4.18).

Die Bewertung der Läsionen zeigte, dass sich die Erkennbarkeit in der T1w-Sequenz mit Ganzkörperspule nach Kontrastmittelgabe geringfügig reduziert. Ebenso differenziert ist die Tendenz zur verbesserten Erkennbarkeit nach Kontrastmittelgabe und Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule zu betrachten: Es gibt doppelt so viele Läsionen guter Erkennbarkeit 20 Minuten p. i., aber ebenso ist die Zahl schlecht erkennbarer Läsionen doppelt so hoch.

Tabelle 4.18: Erkennbarkeit der Einzelläsionen kleiner Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	3	50	6	67	1	11	2	22
Mäßig	3	50	1	11	4	44	3	33
Gut	-	-	2	22	3	33	2	22
Sehr gut	-	-	-	-	1	11	2	22
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	6	100	9	100	9	100	9	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Aussagekräftiger ist der Vergleich der unterschiedlichen Spulen: Es ist offensichtlich, dass durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule die Erkennbarkeit der Läsionen deutlich verbessert wurde.

Die Nativbilder zeigten eine deutliche Reduktion der schlecht erkennbaren Läsionen von 50% der mit Ganzkörperspule akquirierten Läsionen, auf 11% der mit Körper-Phased-Array-Spule erkannten Metastasen. Und sie zeigten eine Steigerung des Anteils der gut/sehr gut erkennbaren Läsionen von 0% auf 33%, bzw. 11% (Tab. 4.18).

Diese Tendenz konnte auch in den Spätaufnahmen durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule aufgezeigt werden.

So wurden unter Verwendung der Ganzkörperspule und des Kontrastmittels 67% als schlecht erkennbar und 22% als gut erkennbar eingestuft, während bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule post-kontrast nur 22% schlecht und 44% gut/sehr gut (22%/22%) sichtbar waren (Tab. 4.18).

c) Erkennbarkeit von Läsionen von 20-29 mm Größe

Berücksichtigt man die Anzahl der zusätzlich erkannten drei Läsionen, wie auch den gestiegenen Anteil sehr gut abgrenzbarer Läsionen von 33% auf 44%, erwies sich das Kontrastmittel für die T1w-Sequenz mit Ganzkörperspule als vorteilhaft (Tab. 4.19).

Tabelle 4.19: Erkennbarkeit der Einzelläsionen mittlerer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	2	22	-	-	1	11
Mäßig	1	17	1	11	1	11	2	22
Gut	3	50	2	22	3	33	1	11
Sehr gut	2	22	4	45	5	56	5	56
Exzellent	-	-	-	-	-	-	-	-
Gesamt	6	100	9	100	9	100	9	100
Fehlend	3		-		-		-	

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Die T1w-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule zeigte nativ und 20 Minuten p. i. einen mit 56% gleich bleibenden Anteil sehr gut erkennbarer Läsionen, während die Rate gut abgrenzbarer Läsionen nach Kontrastmittelgabe abnahm und sich zugunsten der mäßig bis schlecht erkennbaren Läsionen verschob.

In den Sequenzen mit Ganzkörperspule wurden im Vergleich zu den Sequenzen mit Körper-Phased-Array-Spule Metastasen schlechter erkennbar dargestellt. Nativ verbesserte sich der Anteil sehr gut erkennbarer Läsionen von 33% mit Ganzkörperspule, auf 56% mit Körper-Phased-Array-Spule (Tab. 4.19).

In den Spätaufnahmen verringerte sich der Anteil schlecht erkennbarer Läsionen von 22% auf 11%, bei gleichzeitiger Zunahme der sehr gut erkennbaren Läsionen von 44% auf 56% durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule.

d) Erkennbarkeit von Läsionen >30mm

Aufgrund der geringen Anzahl von Läsionen dieser Größe kam es in dieser Größengruppe zu keiner statistisch signifikanten Aussage. Dennoch zeigt sich auch hier die Tendenz der besseren Erkennbarkeit der Läsionen durch Verwendung des Kontrastmittels, bzw. der Körper-Phased-Array-Spule.

Durch Kontrastmittelgabe verbesserte sich mit Ganzkörperspule der Anteil sehr gut abgrenzbarer Läsionen um 25%, bei Einsatz der Körper-Phased-Array-Spule konnten durch Kontrastmittelapplikation statt 25% jetzt 50% der Läsionen als exzellent erkannt werden (Tab.4.20).

Tabelle 4.20: Erkennbarkeit der Einzelläsionen großer Größe in nativer und Spätphase-T1-Bildgebung mit Ganzkörperspule und Körper-Phased-Array-Spule

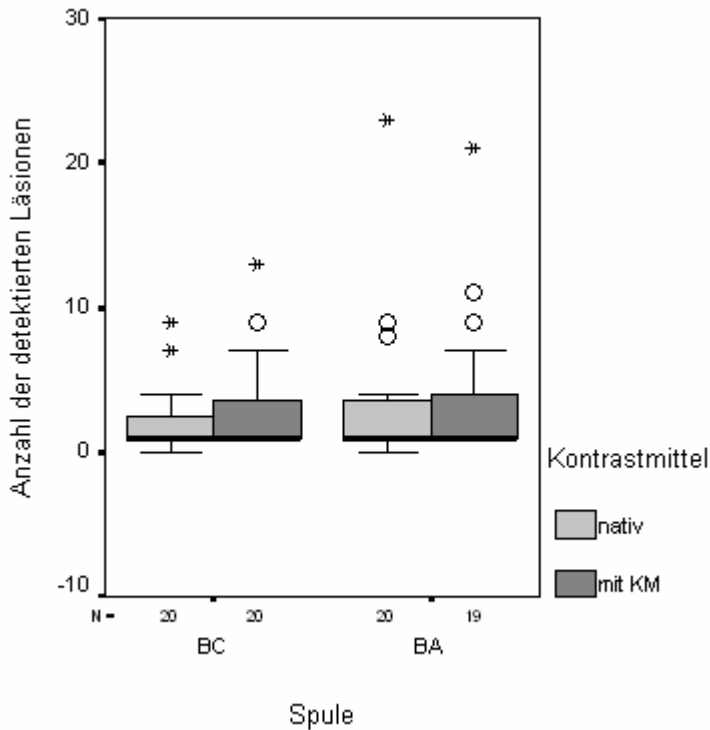
Qualitätsmerkmal	NT1wFLBC		KT1wFLBC		NT1wFLBA		KT1wFLBA	
	n	%	n	%	n	%	n	%
Schlecht	-	-	-	-	-	-	-	-
Mäßig	1	25	-	-	-	-	-	-
Gut	-	-	-	-	1	25	1	25
Sehr gut	2	50	3	75	2	50	1	25
Exzellent	1	25	1	25	1	25	2	50
Gesamt	4	100	4	100	4	100	4	100
Fehlend	-	-	-	-	-	-	-	-

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array; KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Beim Vergleich der Anwendung der unterschiedlichen Spulen wird deutlich, dass sich der Anteil mäßig erkennbarer Läsionen mit Ganzkörperspule in der nativen MRT zugunsten der gut erkennbaren mit Körper-Phased-Array-Spule um 25% reduziert.

In der Spätbildgebung wurden durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule 25% mehr Läsionen als exzellent erkennbar, aber auch 25% mehr als gut anstelle sehr gut eingeschätzt (Tab. 4.20).

Abbildung 4.1 Anzahl der detektierten Leberläsionen in vier Untersuchungstechniken



BC: Ganzkörperspule
 BA: Körper-Phased-Array-Spule

An dem oben dargestellten Boxplot wird der Vorteil der Körper-Phased-Array-Spule gegenüber der Ganzkörperspule besonders beim Vergleich der nativen Untersuchungen deutlich. Es ist allein durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule ein ähnlich großer Zuwachs an detektierten Läsionen möglich, wie durch Kontrastmittelapplikation.

Bei Verwendung der beiden unterschiedlichen Spulen nach Kontrastmittelapplikation wird dieser Vorteil durch die bildqualitätsverbessernden und somit auch die Anzahl der detektierten Läsionen erhöhenden Eigenschaften des Kontrastmittels maskiert. Aufgrund dessen ist hier nur noch ein geringer Zuwachs detektierte Läsionen durch Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule nach Kontrastmittelgabe zu verzeichnen.

Die so genannten Ausreißer außerhalb, bzw. weit außerhalb der Eingrenzung finden sich verschoben zur größeren Anzahl der detektierten Läsionen überwiegend bei Verwendung der Körper-Phased-Array-Spule, sowohl nativ als auch 20 Minuten p. i..

Nachweisempfindlichkeit der vier Techniken

In Tabelle 4.22 werden die nativen Sequenzen und die der Spätphase hinsichtlich ihrer Nachweisempfindlichkeit bei der Läsionsdetektion im Zusammenhang mit den verwendeten Spulen verglichen. Dieser Vergleich detektierter Läsionen erfolgte im Zusammenhang mit den durchgeführten Untersuchungen, geordnet nach Läsionsgröße und Sequenz. Zusammenfassend wird außerdem die Gesamtanzahl gesehener Läsionen mit den durchgeführten Untersuchungen (größenunabhängig) je Sequenz dargestellt.

Tabelle 4.22: Anzahl der gesehenen Läsionen x bezogen auf durchgeführte Untersuchungen y

Sequenz	Größe	KT1wFLBA		NT1wFLBA		KT1wFLBC		NT1wFLBC	
		X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0 – 9 mm	24	9	22	9	14	9	8	8
2	10 – 19 mm	27	12	25	12	24	12	17	11
3	> 20 mm	30	22	31	22	30	23	25	23

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule

Die Zahl gesehener Läsionen absolut und in Bezug zu der Untersuchungszahl ist größenunabhängig am größten in der Spätphase-T1-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule, gefolgt von der nativen T1-FLASH-Sequenz mit Körper-Phased-Array-Spule und der Spätphase-T1-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule. Die geringste Läsionszahl je Untersuchung konnte mit der nativen T1-FLASH-Sequenz mit Ganzkörperspule detektiert werden (Tab. 4.22).

In Tabelle 4.23 sind den aus Tabelle 4.22 gebildeten Quotienten aus detektierten Läsionen und Anzahl der Untersuchungen je Sequenz Ränge zugeordnet, die o.g. Ergebnisse veranschaulichen.

Tabelle 4.23: Rangfolge der Untersuchungstechniken in der Läsionsdetektion in Abhängigkeit von der Läsionsgröße

Sequenz	Größe	Rang 1	Rang 2	Rang 3	Rang 4
1	0 – 9 mm	KT1wFLBA	NT1wFLBA	KT1wFLBC	NT1wFLBC
2	10 – 19 mm	KT1wFLBA	NT1wFLBA	KT1wFLBC	NT1wFLBC
3	> 20 mm	NT1wFLBA	KT1wFLBA	KT1wFLBC	NT1wFLBC

NT1wFLBC: T1w-FLASH nativ mit Ganzkörperspule; NT1wFLBA: T1w-FLASH nativ, Körper-Phased-Array;
 KT1wFLBC: T1w-FLASH 20 Min. p.i. mit Ganzkörperspule; KT1wFLBA: T1w-FLASH 20 Min. p.i., Körper-Phased-Array-Spule