

III. ERGEBNISSE

Unter Verwendung einer 2D Cine SSFP-Sequenz (FIESTA) und einer 2D Cine SSFP-Sequenz mit paralleler Bildakquisition (FIESTA ASSET) wurden erfolgreich Daten von 20 Probanden erhoben. Die Herzfrequenz bei 1.5 T und 3.0 T unterschied sich innerhalb des Probandenkollektivs nicht signifikant mit einem Mittelwert von 67,0 ($\pm 9,7$) Schlägen pro Minute bei 1.5 T und 67,5 ($\pm 7,6$) Schlägen pro Minute bei 3.0 T.

1. FIESTA-Sequenz

Die durchschnittliche Akquisitionsdauer bei 1.5 T Fiesta betrug 20,6 und bei 3.0 T 20,1 Sekunden.

1.1 Quantitative Auswertung

In den Tabellen 3 und 4 sind für jede gemessene Scanebene MW, SD, MD, Min, Max und Spannweite (Range) des errechneten SNR und CNR bei 1.5 T und 3.0 T dargestellt. Die Tabellen erfassen die Daten aller zwanzig gemessenen Probanden.

		LA FIESTA	SA FIESTA	4KB FIESTA
1,5 T	MW	23,8	28,5	25,0
	SD	7,21	6,93	8,47
	MD	23,3	28,41	23,25
	Min	9,39	13,05	12,96
	Max	41,92	43,31	54,98
	Range	32,53	30,26	42,02
3,0 T	MW	54,5	60,0	53,0
	SD	11,87	12,39	9,61
	MD	55,8	58,6	57,1
	Min	22,93	37,10	27,39
	Max	82,24	86,03	68,33
	Range	59,31	48,93	40,94

Tab.3 SNR bei 2D FIESTA bei 1.5 und 3.0 Tesla

		LA FIESTA	SA FIESTA	4KB FIESTA
1,5 T	MW	32,0	51,5	24,8
	SD	9,87	27,24	8,38
	MD	32,8	46,9	23,6
	Min	12,01	18,41	14,84
	Max	49,96	117,67	51,10
	Range	37,95	99,26	36,26
3,0 T	MW	48,0	72,1	32,5
	SD	23,23	26,39	16,40
	MD	51,5	71,3	29,1
	Min	6,24	25,18	9,77
	Max	87,61	128,71	66,97
	Range	81,37	103,53	57,2

Tab. 4 CNR bei 2D FIESTA bei 1.5 und 3.0 Tesla

Die Gegenüberstellung der Scanebenen zeigt, dass zwischen diesen Unterschiede hinsichtlich des Signalverhaltens bestehen. Sowohl bei 1.5 T als auch bei 3.0 T fanden sich die höchsten Mittelwerte für SNR und CNR in der SA wieder (Tab. 3,4 / Abb.22).

1.1.1 1.5 T FIESTA

Der Vergleich zwischen den SNR-Mittelwerten von LA und SA ($p = 0,01$) ergab einen Unterschied von 20 %. Gegenüber dem 4KB zeigte sich in der SA ein um 14% größerer Wert für das SNR. Dieser Unterschied war ebenfalls signifikant ($p = 0,01$) / (Tab. 3).

Hinsichtlich des CNR war bei 1.5 T der Mittelwert für die SA im Vergleich zur LA um 61% und gegenüber dem 4KB um 108% signifikant größer. (Tab. 4 / Abb. 23).

1.1.2 3.0 T FIESTA

Gegenüber der LA zeigte sich hinsichtlich des SNR in der SA ein um 10 % und gegenüber dem 4KB ein um 13 % größerer Mittelwert. Ein signifikanter Unterschied bestand zwischen SA und 4KB ($p < 0,05$). Verglichen mit der LA und dem 4KB ist das CNR bei der SA um 50 % bzw. 122 % größer. Die Differenz war in beiden Fällen signifikant. (LA/SA $p < 0,01$; SA/4KB $p < 0,01$). Ebenfalls signifikant war die Differenz zwischen LA und 4KB ($p < 0,05$) / (Tab. 3 u. 4).

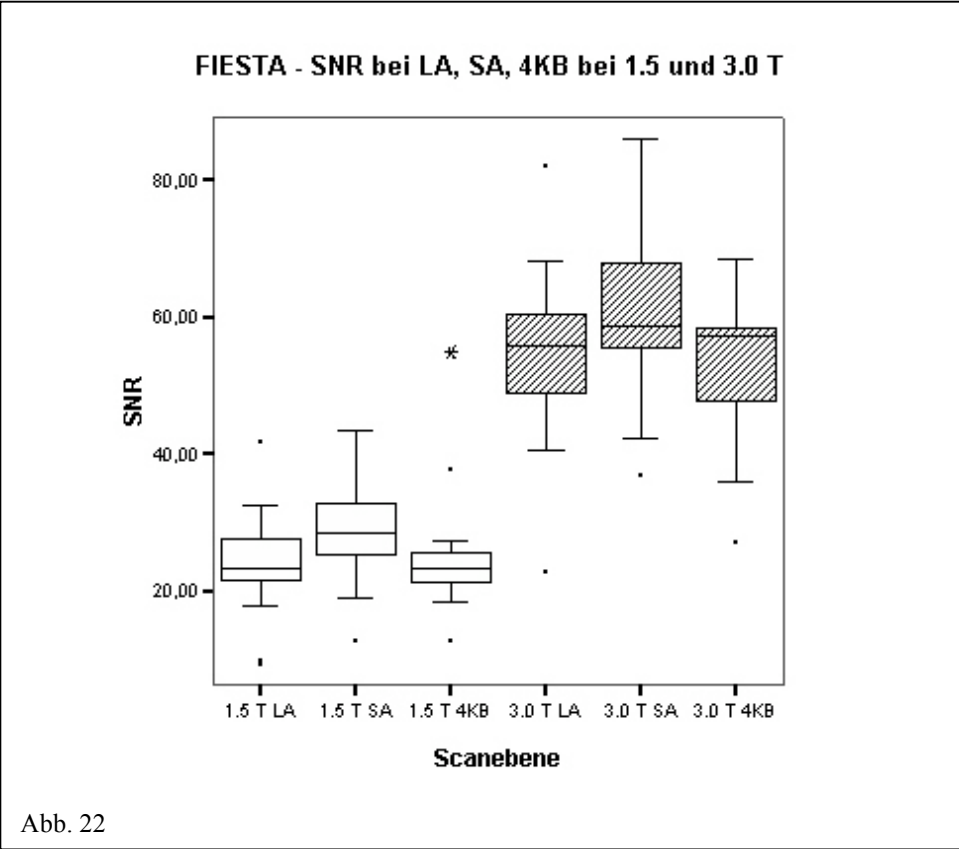


Abb. 22

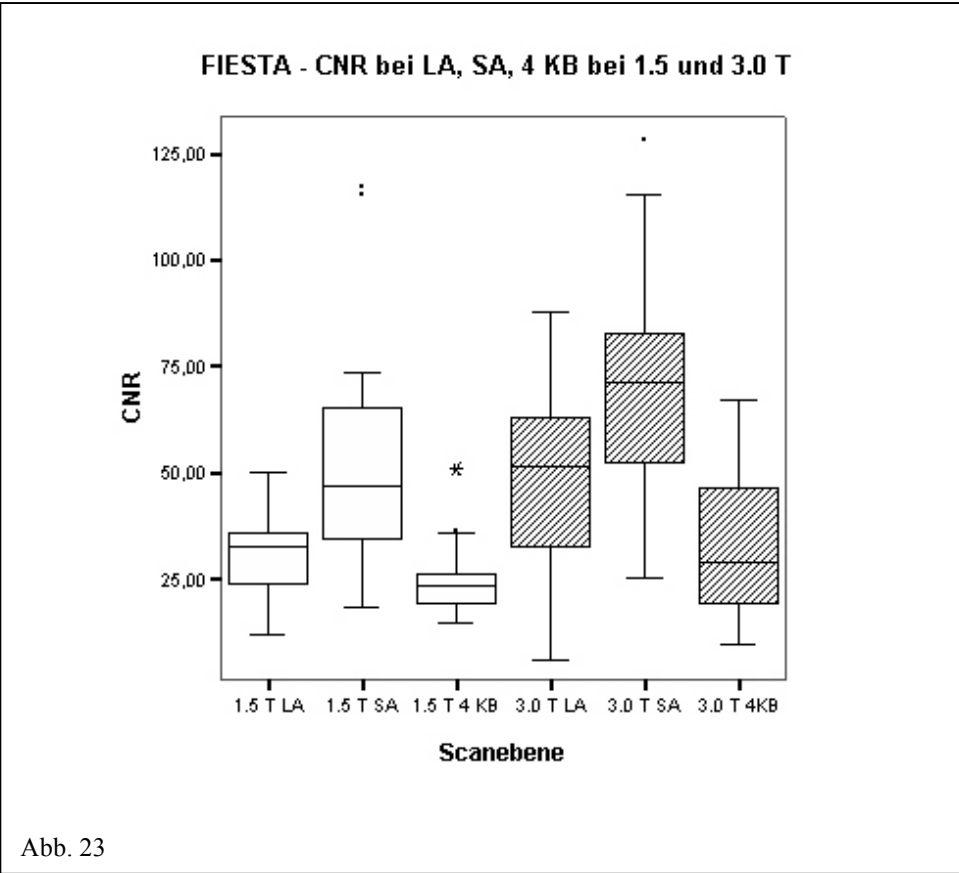
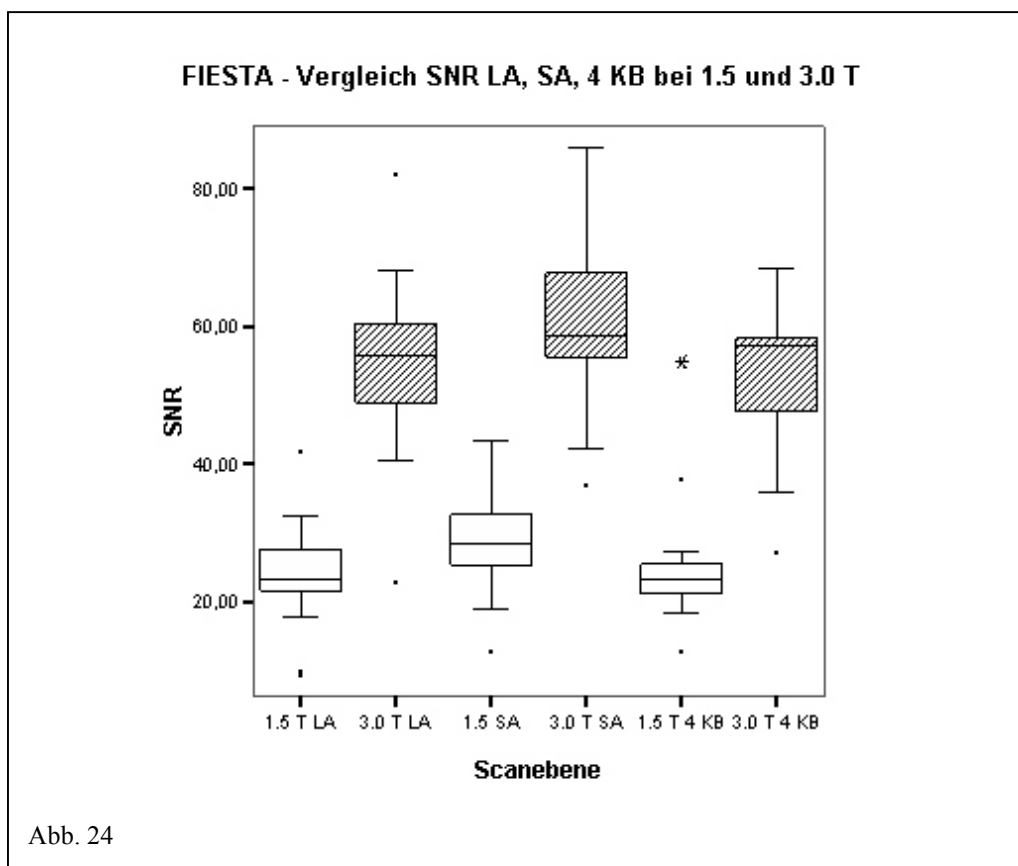


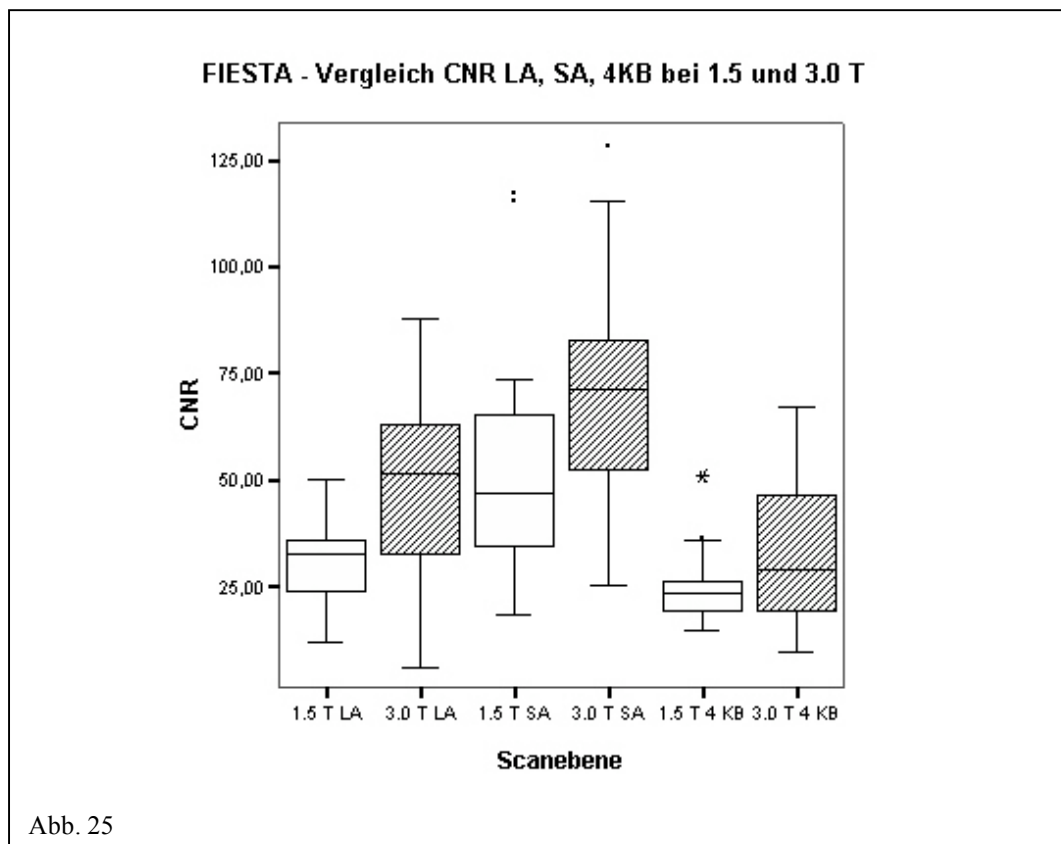
Abb. 23

1.1.3 Vergleich 1.5 T und 3.0 T FIESTA

Der Vergleich von 1.5 T und 3.0 T in den jeweiligen Schnittebenen zeigte erwartungsgemäß eine Zunahme sowohl der Werte für SNR und CNR bei 3.0 T (Abb. 24). Allerdings unterschieden sich die Scanebenen bezüglich des Ausmaßes des mittleren Signalzuwachses zum Teil deutlich voneinander (Tab. 3,4). Der größte Anstieg fand sich in der LA mit einer Zunahme der SNR von 23,80 ($\pm 7,21$) auf 54,53 ($\pm 11,87$), was einem Zuwachs von 129 % entspricht. In der SA betrug der Unterschied 111 % (1.5 T: 28,50 ($\pm 6,93$) / 3.0 T: 60,03 ($\pm 12,39$)). Für den 4KB ergab sich ein Zuwachs von 112 % (1.5 T: 24,99 ($\pm 8,47$) / 3.0 T: 53,01 ($\pm 9,61$)). Alle Unterschiede waren statistisch hoch signifikant ($p < 0,01$). Im Vergleich zu 1.5 T wiesen die Mittelwerte bei 3.0 T in allen gescannten Schnittebenen eine größere Standardabweichung auf.



Das mittlere CNR war bei den mit 3.0 T akquirierten Aufnahmen ebenfalls in allen Schnittebenen größer als bei 1.5 T, wobei sich die einzelnen Schnittebenen wieder voneinander unterschieden und die LA erneut den größten Zuwachs aufwies (Abb.25). Das CNR vergrößerte sich von 31,97 ($\pm 9,87$) auf 47,99 ($\pm 23,23$), was einer Zunahme von ca. 50% entspricht. In der SA ergab sich ein Unterschied von 40% (1.5 T: 51,52 ($\pm 27,24$); 3.0 T: 72,11 ($\pm 26,39$)). Beim 4KB zeigte sich eine Zunahme von 31 % von 24,82 ($\pm 8,38$) auf 32,50 ($\pm 16,40$). Im Gegensatz zu der LA ($p < 0,01$) und SA ($p < 0,05$) war dieser Unterschied nicht signifikant ($p = 0,093$).



1.1.4 Regionale Unterschiede im LV-Myokard in der SA – Vergleich 1.5 vs. 3.0T

Die segmentale Unterteilung des linksventrikulären Myokards zeigte bei beiden Feldstärken regionale Unterschiede im Signalverhalten sowohl bei dem SNR als auch CNR auf. Bei beiden Feldstärken wies das Septum das größte SNR auf. Das niedrigste SNR fand sich in der Lateralwand (Tab. 5) Der prozentuale Unterschied zwischen den beiden Segmenten betrug 16% bei 1.5 T und 26% bei 3.0 T. Der Unterschied war in beiden Fällen signifikant (p 1.5T: 0,03; p 3.0T: <0,01).

Bezüglich des CNR zeigte sich ein ähnliches Bild, jedoch war das höchste CNR bei beiden Feldstärken in der Lateralwand und das niedrigste CNR im Septum (Tab. 6). Die prozentualen Unterschiede betrugen 9% bei 1.5 T und 23% bei 3.0 T und waren ebenfalls signifikant (p 1.5 T: 0,03; p 3.0 T: <0,01).

Unterschiede zwischen den einzelnen LV-Segmenten fanden sich auch im Signalzuwachs von 1.5 T auf 3.0 T, welcher am größten im Septum und am kleinsten im Bereich der Hinterwand war. Es lässt sich festhalten, dass die regionalen Unterschiede im Signalverhalten bei 3.0 T größer ausgeprägt waren als bei 1.5 T, und dass die einzelnen Herzsegmente in unterschiedlichem Ausmaß von der Verdoppelung der Feldstärke profitierten.

SA	SNR	Anterior	Lateral	Posterior	Septum
1,5 T	MW	28,0	26,1	29,0	30,9
	SD	7,1	7,1	7,3	9,6
	MD	26,3	26,3	29,6	29,6
	Min	15,7	12,4	13,9	10,3
	Max	45,5	42,0	41,0	54,4
3,0 T	MW	59,8	52,5	57,1	70,7
	SD	14,3	11,7	14,3	13,8
	MD	57,9	51,3	60,9	71,4
	Min	35,3	30,1	31,2	44,3
	Max	89,8	73,3	79,8	104,1

Tab. 5 LV-Segmente in der SA – SNR-Vergleich 1.5 und 3.0 Tesla

SA	CNR	Anterior	Lateral	Posterior	Septum
1,5 T	MW	52,1	53,9	51,0	49,1
	SD	27,1	29,8	27,9	25,0
	MD	46,0	46,1	45,4	45,2
	Min	15,8	17,0	17,6	21,2
	Max	114,9	127,9	119,5	109,6
3,0 T	MW	72,3	79,6	75,0	61,4
	SD	25,5	30,0	28,1	23,9
	MD	72,9	80,3	71,6	58,9
	Min	25,4	25,4	26,7	23,3
	Max	128,4	139,8	133,5	113,2

Tab. 6 LV-Segmente in der SA – CNR-Vergleich 1.5 und 3.0 Tesla

1.2 Qualitative Auswertung

1.2.1 Beurteilung des Gesamteindrucks

In Tabelle 7 sind die bei der Bewertung der Bilder in Bezug auf ihre Gesamtqualität erhaltenen MW mit SD, die MD, Min und Max aller Schnittebenen sowohl von 1.5 T als auch von 3.0 T dargestellt. In Spalte 5 sind die erhaltenen p-Werte der Wilcoxon-Testung aufgeführt.

Sowohl bei 1.5 T als auch bei 3.0 T wurde die Qualität des Gesamtbildes im Mittel als gut bis sehr gut eingestuft. Durch 3.0 T kam es insgesamt zu keiner wesentlichen Verschlechterung, es zeigte sich aber eine Tendenz zu einer geringfügig schlechteren Beurteilung, welche jedoch in der SA und LA nicht signifikant war. Einzig im 4KB war der Unterschied signifikant. In Abhängigkeit von der Scanebene zeigt sich eine unterschiedlich große Ausprägung von Suszeptibilitätsartefakten. Shadingartefakte wurden in den FIESTA-Sequenzen nicht beobachtet bzw. waren so gering ausgeprägt, dass die Bildqualität in keiner Weise beeinträchtigt wurde. Da sich Shadingartefakte bei sehr geringer Ausprägung nicht eindeutig von Suszeptibilitätsartefakten differenzieren lassen, wurde bei den FIESTA- und auch FIESTA ASSET-Sequenzen nur das Auftreten der letzteren Artefaktform bewertet.

Gesamt- eindruck		1.5 T konv.	3.0 T konv.	p- Wert (1.5 / 3.0 T im Vergleich)
LA	MW	4,7	4,4	n.s.
	SD	0,56	0,90	
	MD	5	5	
	Min	3	2	
	Max	5	5	
4KB	MW	4,74	4,3	< 0,05
	SD	0,56	1,10	
	MD	5	5	
	Min	3	2	
	Max	5	5	
SA	MW	4,7	4,4	n.s.
	SD	0,48	0,83	
	MD	5	5	
	Min	4	2	
	Max	5	5	

Tab.7 Qualitative Beurteilung der 2D FIESTA Aufnahmen hinsichtlich des Gesamteindrucks bei 1.5 und 3.0 Tesla

1.2.2 Auswertung der einzelnen Schnittebenen

1.2.2.1 4-Kammer-Blick

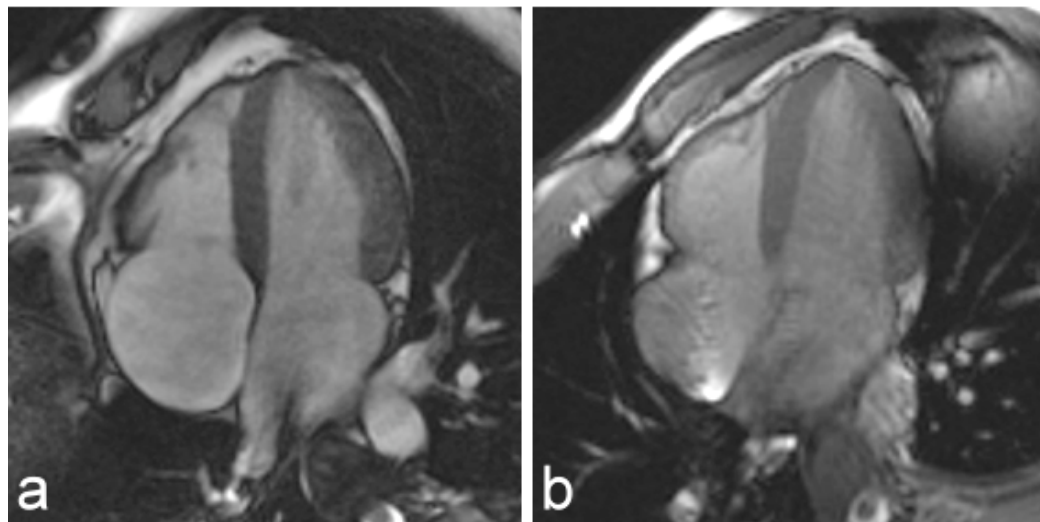
Die detaillierte qualitative Auswertung des 4KB (Tab. 8, Abb.25) zeigte bei Mittelwerten zwischen vier und fünf einen signifikanten Unterschied zwischen dem rechten und linken Ventrikel in Bezug auf deren Abgrenzbarkeit. Bei beiden Feldstärken war der LV besser abgrenzbar. Selbiges gilt für das Perikard, das bei der Beurteilung allerdings sowohl bei 1.5 T als auch bei 3.0 T im Mittel die niedrigsten Noten erhielt. Eine annähernd gleich gute Darstellung der AV-Klappen ermöglichte bei beiden Feldstärken die Abgrenzbarkeit einzelner Segel. Es fanden sich tendenziell kleinere Mittelwerte bei 3.0 T ohne bedeutsamen Unterschied. Darüber hinaus wurden die Bilder bei 1.5 T insgesamt weniger durch Motionartefakte gestört. Hinsichtlich der Flussartefakte lag zwischen beiden Feldstärken kein signifikanter Unterschied vor, wenn auch der Mittelwert bei 3.0 T bei beiden Ventrikeln erneut kleiner war. Suszep-

tibilitätsartefakte fanden sich im 4KB nur sehr diskret bis gar nicht. Einzig im medialen Anteil des linken Ventrikels unterschieden sich beide Feldstärken signifikant mit schlechterem Abschneiden von 3.0 T.

4KB		LV	RV	Klappen LV	Klappen RV	Perikard	Motion	Fluss LV	Fluss RV
1.5 T	MW	5,0	4,6	4,6	4,8	4,4	4,4	4,6	4,7
	SD	0,22	0,69	0,75	0,72	0,68	0,68	1,00	0,92
	MD	5	5	5	5	4,5	4,5	5	5
	Min	4	3	2	2	3	3	1	1
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,5	4,2	4,5	4,1	3,7	3,4	4,3	4,3
	SD	0,76	0,88	1,00	0,91	1,03	1,39	1,02	1,02
	MD	5	4	5	4	4	4	5	5
	Min	2	2	2	2	1	1	2	2
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		<0,01	n.s.	n.s.	< 0,05	<0,05	<0,05	n.s.	n.s.

4KB		Suszeptibilitätsartefakt RV Apikal	Suszeptibilitätsartefakt RV Medial	Suszeptibilitätsartefakt RV Basal	Suszeptibilitätsartefakt LV Apikal	Suszeptibilitätsartefakt LV Medial	Suszeptibilitätsartefakt LV Basal	Suszeptibilitätsartefakt LV Septal
1.5 T	MW	4,5	4,7	4,9	5,0	5,0	5,0	5,0
	SD	0,95	0,67	0,49	0,22	0,0	0,22	0,0
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	2	3	3	4	5	4	5
	Max	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,5	4,7	4,5	4,9	4,6	4,8	5,0
	SD	0,69	0,57	0,76	0,31	0,69	0,52	0,22
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	3	3	3	4	3	3	4
	Max	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	< 0,05	n.s.	n.s.

Tab. 8 Detaillierte qualitative Auswertung der 2D FIESTA Aufnahmen bei 1.5 und 3.0 T im 4KB



a) 4KB FIESTA bei 1.5 T

b) 4KB FIESTA bei 3.0 T

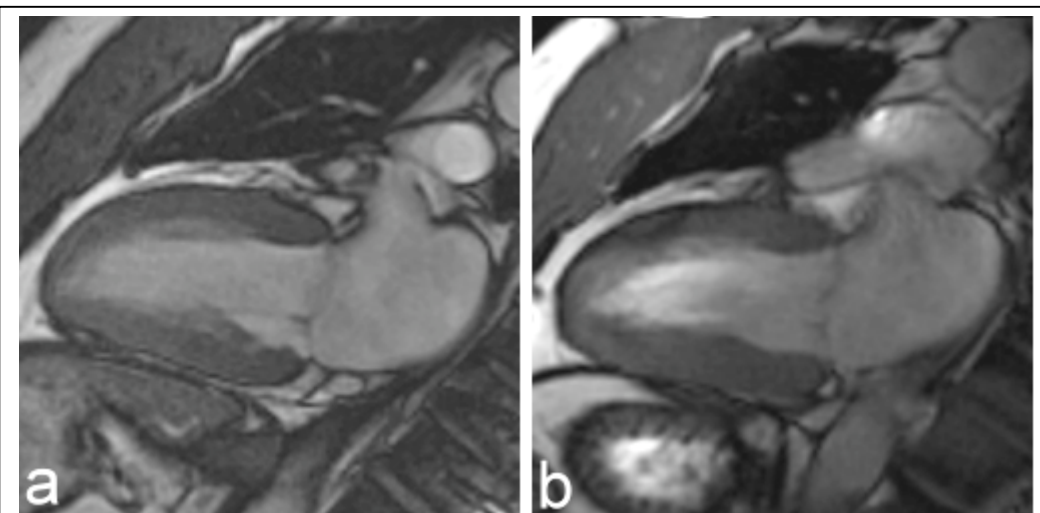
Bei beiden Feldstärken ist die Bildqualität gut bis sehr gut. Tendenziell finden sich kleinere Mittelwerte bei 3.0 T.

Abb. 25

1.2.2.2 2-Kammer Blick LA

Wie im 4KB lagen bei 3.0 T auch in der LA bei allen beurteilten Größen niedrigere Mittelwerte als bei 1.5 T vor. (Tab. 9, Abb. 26)

Insgesamt fiel auch eine größere Standardabweichung bei 3.0 T auf. Signifikante Unterschiede fanden sich hinsichtlich der Myokardabgrenzbarkeit, der Motion- und Flussartefakte sowie der Suszeptibilitätsartefakte im Bereich der Herzspitze und der Vorderwand. Die Abgrenzbarkeit des Perikards erhielt bei beiden Feldstärken im Mittel die schlechtesten Noten.



a) LA FIESTA bei 1.5 T

b) LA FIESTA bei 3.0 T

Abb. 26

LA		Myo- kard	Klappen	Perikard	Motion	Fluss	Suszepti- bilitäts- artefakt Ant	Suszepti- bilitäts- artefakt Api	Suszepti- bilitäts- artefakt Post
1.5 T	MW	4,8	4,9	4,2	4,5	4,7	4,8	4,7	5,0
	SD	0,55	0,37	0,75	0,89	0,66	0,52	0,66	0,00
	MD	5	5	4	5	5	5	5	5
	Min	3	1	3	2	3	3	3	5
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,3	4,4	3,9	3,3	4,1	4,3	4,2	4,6
	SD	1,07	1,05	1,02	1,38	0,97	0,97	1,20	1,00
	MD	4,5	5	4	4	4	4,5	5	5
	Min	1	2	2	1	2	2	1	2
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
p- Wert		<0,05	n.s.	n.s.	<0,01	<0,05	<0,05	<0,05	n.s.

Tab.9 Detaillierte qualitative Auswertung 2D FIESTA Aufnahmen bei 1.5 und 3.0 T in der LA

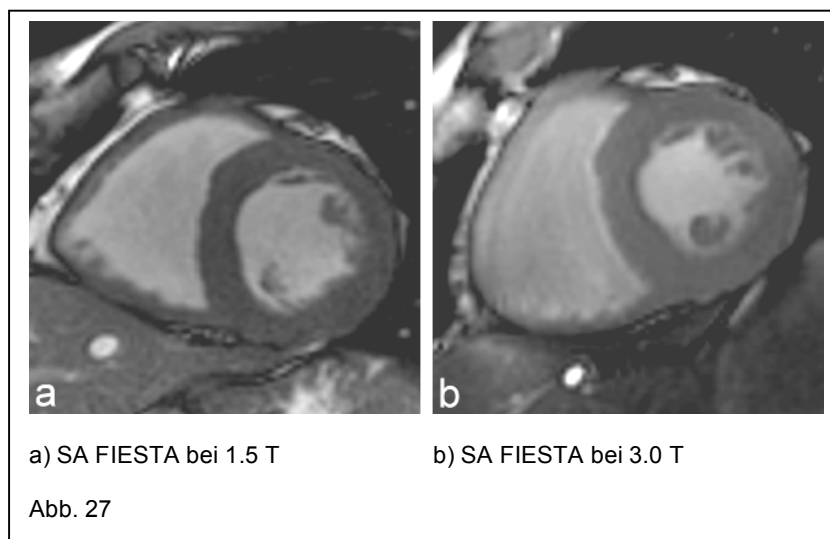
1.2.2.3 2-Kammer-Blick SA

Die Mittelwerte lagen sowohl bei 1.5 T als auch bei 3.0 T im Bereich zwischen 4 und 5 (Tab. 7, 10). Die Aufnahmen wiesen in den einzelnen Bereich also eine gute bis sehr gute Bildqualität auf. Eine Ausnahme stellte das Perikard dar, welches bei beiden Feldstärken am schlechtesten bewertet wurde, mit einer im Mittel nur befriedigenden Bildqualität. Signifikante Unterschiede zwischen den beiden Feldstärken fanden sich ausschließlich hinsichtlich der Beurteilung der Suszeptibilitätsartefakte. Diese traten bei 3.0 T im Bereich der lateralen und posterioren Wand des linken Ventrikels sowie in der Lateralwand des rechten Ventrikels öfter auf als bei 1.5 T.

SA		LV	RV	Perikard	Motion	Fluss LV	Fluss RV
1.5 T	MW	4,8	4,5	3,5	4,3	5,0	5,0
	SD	0,54	0,69	0,77	0,84	0,00	0,00
	MD	5	5	4	5	5	5
	Min	3	3	2	3	5	5
	Max	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,5	4,2	3,1	4,2	5,0	4,9
	SD	0,69	0,81	0,91	1,06	0,22	0,45
	MD	5	4	3	4,5	5	5
	Min	3	2	1	1	4	3
	Max	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

SA		Suszepti- bilitäts- artefakt RV ant	Suszepti- bilitäts- artefakt RV lat	Suszepti- bilitäts- artefakt RV post	Suszepti- bilitäts- artefakt LV ant	Suszepti- bilitäts- artefakt LV lat	Suszepti- bilitäts- artefakt LV post	Suszepti- bilitäts- artefakt LV sept
1.5 T	MW	4,6	4,8	4,6	5,0	5,0	4,7	5,0
	SD	0,59	0,42	0,69	0,00	0,00	0,67	0,00
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	3	4	3	5	5	3	5
	Max	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,5	4,4	4,4	5,0	4,5	4,1	4,9
	SD	0,89	0,88	0,99	0,00	0,76	0,99	0,45
	MD	5	4,5	5	5	5	4	5
	Min	2	2	2	5	3	2	3
	Max	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert.		n.s.	<0,05	n.s.	n.s.	<0,01	<0,05	n.s.

Tab. 10 Detaillierte qualitative Auswertung der 2D FIESTA Aufnahmen bei 1.5 und 3.0 T in der SA.



2. FIESTA ASSET-Sequenz

Unter Einsatz der pMRT zeigte sich bei beiden Feldstärken eine Reduktion der Akquisitionszeit. Bei 1.5 T verringerte sich die mittlere Messzeit von 20,6 auf 12,0 Sekunden, was einer Verminderung um 42% entspricht. Bei 3.0 T führte die pMRT zu einer Zeitersparnis von ca. 43% mit einer Messzeitreduktion von 20,1 auf 11,5 Sekunden.

2.1 Quantitative Auswertung

In den Tabellen 11 und 12 sind für jede gemessene Scanebene MW, SD, MD, Min und Max des errechneten SNR und CNR bei 1.5 T und 3.0 T dargestellt.

SNR		LA FIESTA	LA FIESTA ASSET	SA FIESTA	SA FIESTA ASSET	4KB FIESTA	4KB FIESTA ASSET
1.5 T	MW	23,8	18,6	28,5	19,8	25,0	16,8
	SD	7,21	6,97	6,93	6,53	8,47	5,66
	MD	23,3	17,3	28,4	19,3	23,3	16,5
	Min	9,39	5,15	13,05	4,78	12,96	5,38
	Max	41,92	35,66	43,31	37,63	54,98	27,68
3.0 T	MW	54,5	49,3	60,0	53,6	53,0	48,9
	SD	11,87	18,44	12,39	17,35	9,61	15,14
	MD	55,8	46,2	58,6	54,3	57,1	48,3
	Min	22,93	15,99	37,10	25,01	27,39	23,89
	Max	82,24	81,10	86,03	101,89	68,33	81,79

Tab. 11 SNR bei 1.5 und 3.0 FIESTA und FIESTA ASSET

CNR		LA FIESTA	SA FIESTA	4KB FIESTA	LA FIESTA ASSET	SA FIESTA ASSET	4 KB FIESTA ASSET
1,5 T	MW	32,0	51,5	24,8	24,6	35,7	17,7
	SD	9,87	27,24	8,38	7,80	17,97	5,79
	MD	32,8	46,9	23,6	23,4	35,6	16,6
	Min	12,01	18,41	14,84	9,50	7,01	5,54
	Max	49,96	117,67	51,10	46,37	95,76	29,63
3,0 T	MW	48,0	72,1	32,5	44,9	62,8	26,2
	SD	23,23	26,39	16,40	22,79	22,93	14,01
	MD	51,5	71,3	29,1	47,4	52,7	25,3
	Min	6,24	25,18	9,77	5,22	28,88	3,98
	Max	87,61	128,71	66,97	85,78	108,95	63,38

Tab. 12 CNR bei 1.5 und 3.0 FIESTA und FIESTA ASSET

2.1.1 1.5 T FIESTA ASSET

Die mit FIESTA ASSET akquirierten Aufnahmen wurden in den einzelnen Schnittebenen hinsichtlich SNR und CNR untereinander und mit den FIESTA-Aufnahmen verglichen (s. Abb. 28).

Die Tabellen 13 und 14 stellen die absoluten und prozentualen Unterschiede und die ermittelten p-Werte zwischen den einzelnen Schnitten bei paralleler Bildgebung bei 1.5 T dar. Gegenüber der LA und dem 4KB wies die SA wie bei 1.5 T FIESTA im Mittel die größten Werte auf. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Schnittebenen waren hinsichtlich der SNR nicht signifikant. Wie bei 1.5 T FIESTA zeigte sich ein deutlicher Unterschied in den CNR-Mittelwerten zwischen SA und 4KB (1.5T: 108%, 3.0 T: 102%).

SNR FIESTA ASSET	Unterschied in %	p-Wert
SA / LA	6	n.s.
SA / 4KB	18	n.s.
LA / 4KB	11	n.s.

Tab. 13 1.5 T FIESTA ASSET Scanebenen bzgl. SNR im Vergleich

CNR FIESTA ASSET	Unterschied in %	p-Wert
SA / LA	45	<0,01
SA / 4KB	102	<0,01
LA / 4KB	39	<0,01

Tab. 14 1.5 T FIESTA ASSET Scanebenen bzgl. CNR im Vergleich

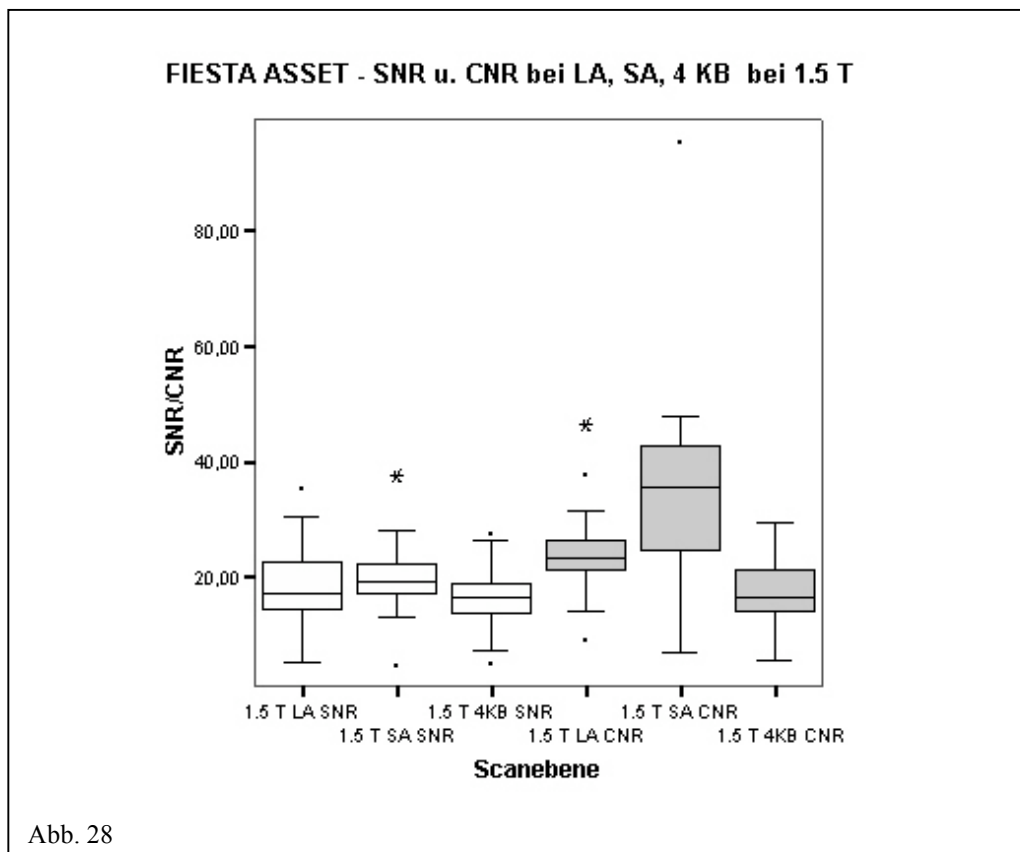


Abb. 28

FIESTA und FIESTA ASSET im Vergleich

Beim Vergleich FIESTA und FIESTA ASSET zeigte sich, dass die Werte für die SNR bei den parallel akquirierten Bildern in allen Schnittebenen vermindert waren (Tab.15 / Abb. 29,30). Im 4KB sank die mittlere SNR von 24,99 ($\pm 8,47$) auf 16,80 ($\pm 5,66$), was einem Verlust von circa 33% entspricht. In der SA und LA fand sich eine Verminderung von 28,50 ($\pm 6,93$) auf 19,75 ($\pm 6,53$) bzw. von 23,80 ($\pm 7,21$) auf 18,61 ($\pm 6,97$), circa 31 % bzw. 22% entsprechend. In allen Scanebenen war der SNR-Verlust signifikant.

1.5 T		MW FIESTA	MW FIESTA ASSET	Verlust in %	p-Wert
SNR	SA / SA As- set	28,5 (6,93)	19,8 (6,53)	31	<0,01
	LA / LA Asset	23,8 (7,21)	18,6 (6,97)	22	<0,01
	4KB / 4KB Asset	25,0 (8,47)	16,8 (5,66)	33	<0,01
CNR	SA / SA As- set	51,5 (27,24)	35,7 (17,97)	31	<0,01
	LA / LA Asset	32,0 (9,87)	24,6 (7,80)	23	<0,01
	4KB / 4KB Asset	24,8 (8,38)	17,7 (5,79)	29	<0,01

Tab. 15 SNR und CNR bei 1.5 T FIESTA und FIESTA ASSET im Vergleich

Vergleich SNR 1.5 T FIESTA u. FIESTA ASSET bei LA, SA, 4 KB

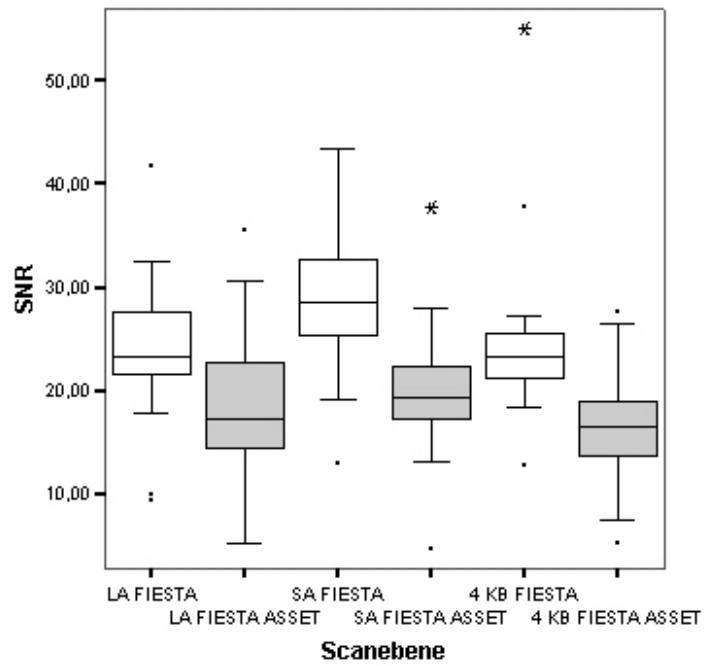


Abb. 29

Vergleich CNR 1.5 T FIESTA u. FIESTA ASSET bei LA, SA, 4 KB

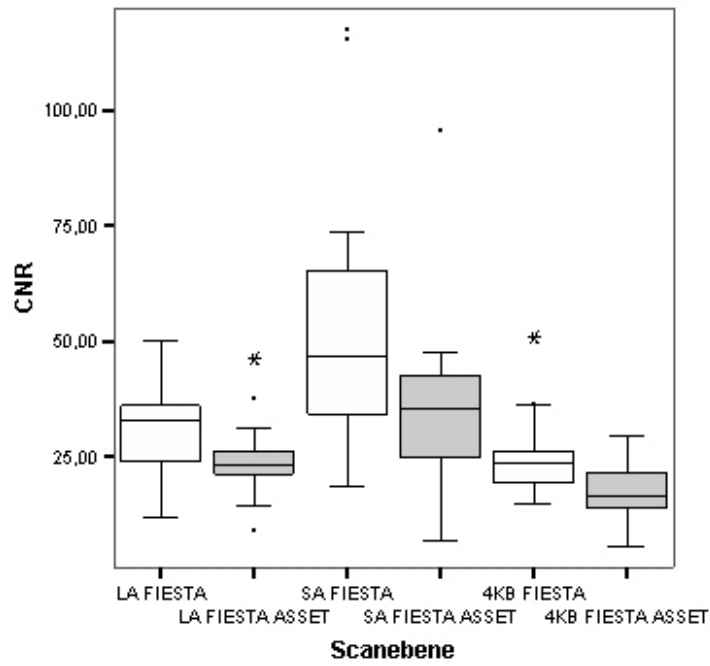


Abb. 30

2.1.2 3.0 T FIESTA ASSET

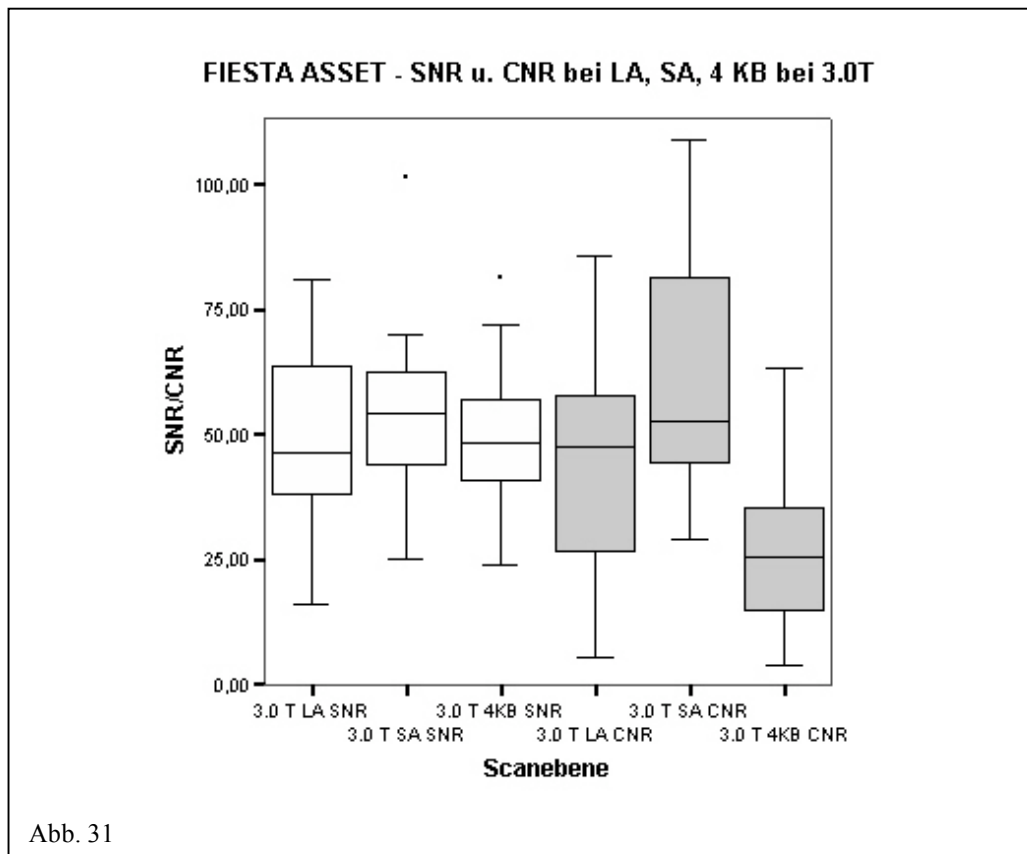
Die Tabellen 16 und 17 stellen die absoluten und prozentualen Unterschiede und die ermittelten p-Werte zwischen den einzelnen Schnitten bei paralleler Bildgebung bei 3.0 T dar. Es fand sich erneut ein Unterschied der SI zwischen den einzelnen Scanebenen (s. Abb. 31). Die SA wies gegenüber den anderen beiden Schnittebenen erneut die höchsten Werte sowohl für SNR als auch CNR auf. Hinsichtlich der SNR war keiner der Unterschiede signifikant. Im Gegensatz dazu ergab die statistische Auswertung eine hohe Signifikanz bezüglich der Unterschiede im CNR.

SNR FIESTA ASSET	Unterschied absolut	Unterschied in % ca.	p-Wert
SA / LA	4,3	8	n.s.
SA / 4KB	4,7	9	n.s.
LA / 4KB	0,4	1	n.s.

Tab. 16 3.0 T FIESTA ASSET Scanebenen bzgl. SNR im Vergleich

CNR FIESTA ASSET	Unterschied absolut	Unterschied in % ca.	p-Wert
SA / LA	17,9	28	<0,05
SA / 4KB	36,5	58	< 0,01
LA / 4KB	18,7	42	<0,01

Tab. 17 3.0 T FIESTA ASSET Scanebenen bzgl. CNR im Vergleich



FIESTA und FIESTA ASSET im Vergleich

In Analogie zu Tabelle 15 zeigt sich in Tabelle 18 für 3.0 T ebenfalls eine Verminderung von SNR und CNR bei den FIESTA ASSET-Sequenzen. Die Reduktion war bei größerer Streuung der Werte geringer ausgeprägt als bei 1.5 T und fiel niedriger aus als erwartet (Tab. 19 / Abb. 32,33).

Mit Ausnahme des SNR in der SA war die Differenz in keinem Schnitt hinsichtlich des SNR oder CNR signifikant.

3.0 T		MW FIESTA	MW FIESTA ASSET	Verlust in %	p-Wert
SNR	SA / SA Asset	60,0 (12,39)	53,6 (17,35)	11	<0,05
	LA / LA Asset	54,5 (11,87)	49,3 (18,44)	10	n.s.
	4KB / 4KB Asset	53,0 (9,61)	48,9 (15,14)	8	n.s.
CNR	SA / SA Asset	72,1 (26,39)	62,8 (22,93)	13	n.s.
	LA / LA Asset	48,0 (23,23)	44,9 (22,79)	6	n.s.
	4KB / 4KB Asset	32,5 (16,40)	26,2 (14,01)	19	n.s.

Tab. 18 Vergleich SNR/CNR FIESTA und FIESTA ASSET bei 3.0 T

		Verlust in % bei 1.5 T	Verlust in % bei 3.0 T
SNR	SA / SA Asset	31	11
	LA / LA Asset	22	10
	4KB / 4KB Asset	33	8
CNR	SA / SA Asset	31	13
	LA / LA Asset	23	6
	4KB / 4KB Asset	29	19

Tab. 19 Gegenüberstellung 1.5 T vs. 3.0 T in Bezug auf Verluste unter FIESTA ASSET

Vergleich SNR 3.0 T FIESTA u. FIESTA ASSET bei LA, SA, 4KB

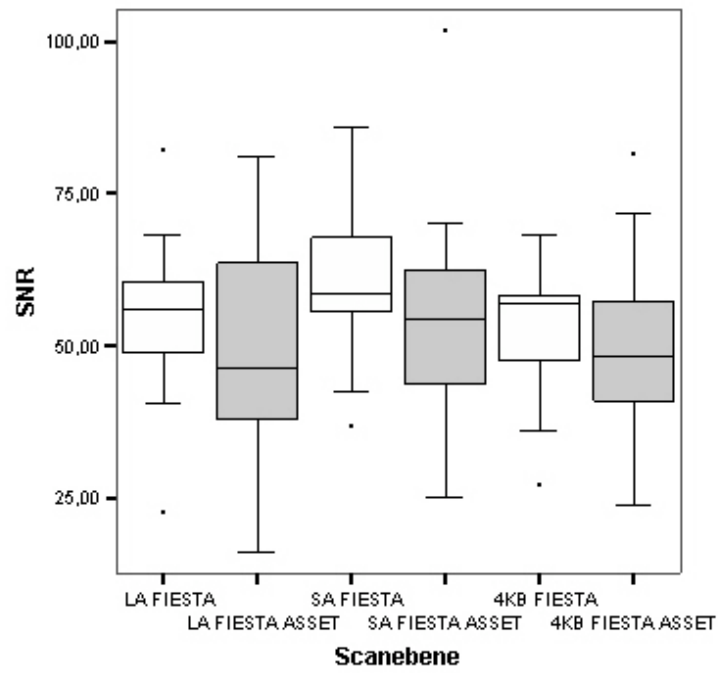


Abb. 32

Vergleich CNR 3.0T FIESTA u. FIESTA ASSET bei LA, SA, 4KB

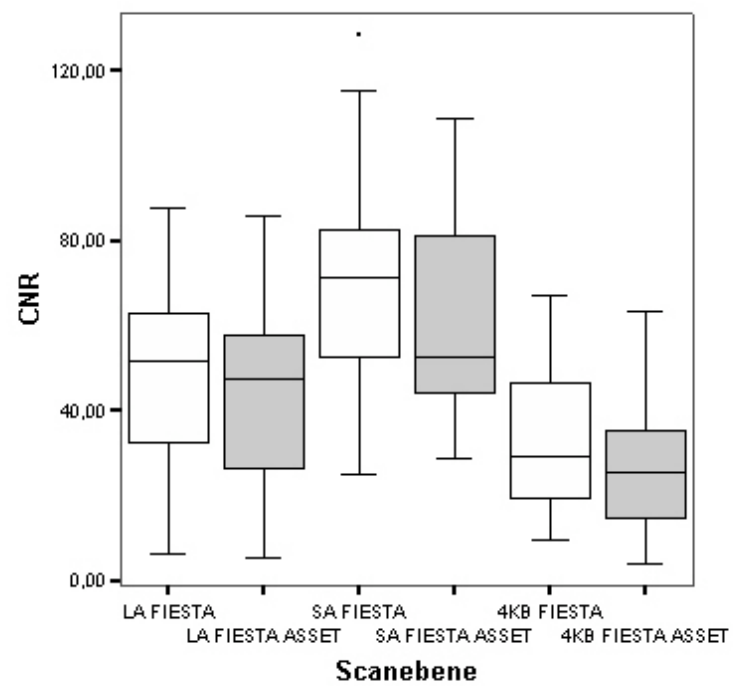
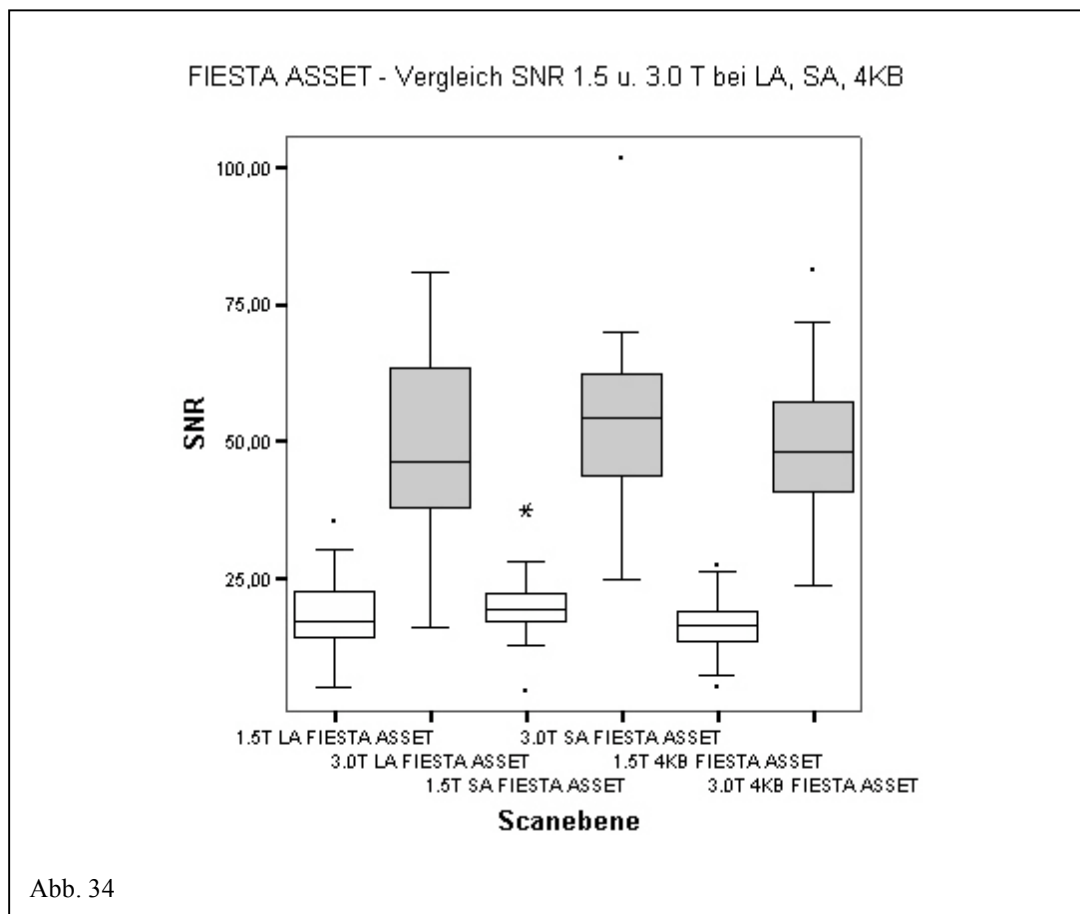


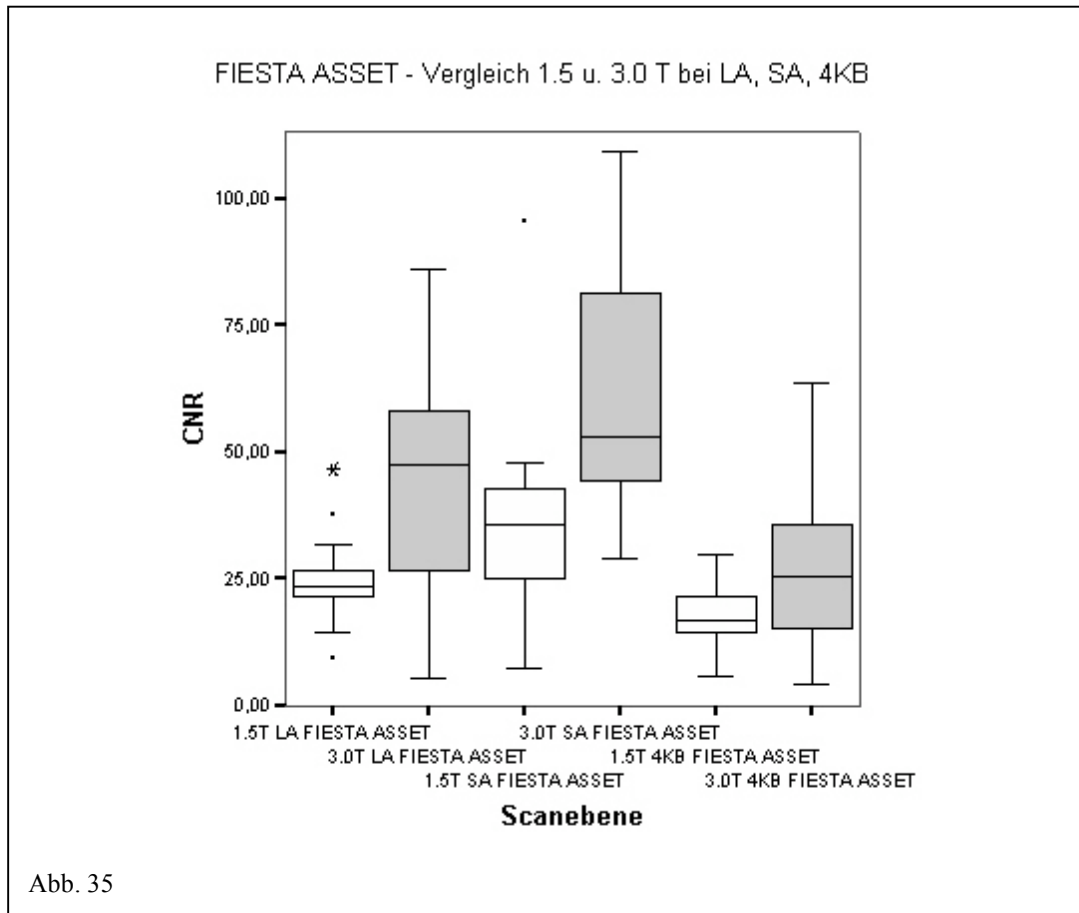
Abb. 33

2.1.3 Vergleich 1.5 T und 3.0 T FIESTA ASSET

Die Abbildungen 34 und 35 stellen den Vergleich zwischen 1.5 T und 3.0 T FIESTA ASSET hinsichtlich des SNR und CNR dar. Die Tabellen 20 und 21 stellen die prozentualen Veränderungen von 1.5 zu 3.0 T und die jeweiligen Signifikanzen dar.

In Analogie zur nicht akzelerierten Bildgebung profitierte auch die pMRT von dem Einsatz der höheren Feldstärke. So fand sich gegenüber 1.5 T FIESTA ASSET in allen Scanebenen ein Anstieg des SNR und CNR bei 3.0 T FIESTA ASSET. Die Unterschiede waren durchweg signifikant und darüber hinaus noch deutlicher ausgeprägt als bei den FIESTA-Sequenzen ohne pMRT. Der maximale Zuwachs betrug bei diesen in der LA 129% und im 4KB 112%. Dem steht ein Zuwachs von 171% bzw. 191% bei den FIESTA ASSET-Sequenzen gegenüber. (Tab. 20 u. 21)





SNR	1.5 T Fiesta ASSET	3.0 T Fiesta ASSET	Veränderung in %	p-Wert
SA	19,8 (6,53)	53,6 (17,35)	171	<0,01
LA	18,6 (6,97)	49,3 (18,44)	165	<0,01
4KB	16,8 (5,66)	48,9 (15,14)	191	<0,01

Tab. 20 Vergleich SNR 1.5 u. 3.0 T FIESTA ASSET

CNR	1.5 T Fiesta ASSET	3.0 T Fiesta ASSET	Veränderung in %	p-Wert
SA	35,7 (17,97)	62,8 (22,93)	76	<0,01
LA	24,6 (7,80)	44,9 (22,79)	83	<0,01
4KB	17,7 (5,79)	26,2 (14,01)	48	<0,05

Tab. 21 Vergleich CNR 1.5 u. 3.0 T FIESTA ASSET

2.1.4 Vergleich 1.5 T FIESTA und 3.0 T FIESTA ASSET

Für die Fragestellung, inwieweit 3.0 T die Nachteile eines verminderten SNR und CNR bei der pMRT zu kompensieren vermag, wurden die 1.5 T FIESTA-Bilder mit 3.0 T FIESTA-ASSET-Bildern verglichen.

Der Vergleich zeigte, dass trotz der Benutzung von paralleler Bildgebung bei 3.0 T die Werte für SNR und CNR im Mittel in allen Schnittebenen größer waren als bei den normal akquirierten Bildern bei 1.5 T. Hieraus wird ersichtlich, dass die nachteiligen Effekte der pMRT hinsichtlich des Signalverhaltens durch den Einsatz von 3.0 T mehr als kompensiert werden konnten. Bezüglich des SNR waren alle Differenzen signifikant; bei der CNR nur in der LA (Tab. 22,23 / Abb. 35,36).

SNR	1.5 T FIESTA	3.0 T FIESTA ASSET	p-Wert
SA	28,5 (6,93)	53,6 (17,35)	<0,01
LA	23,8 (7,21)	49,3 (18,44)	<0,01
4KB	25,0 (8,47)	48,9 (15,14)	<0,01

Tab. 22 Vergleich SNR 1.5T FIESTA und 3.0T FIESTA ASSET

CNR	1.5 T FIESTA	3.0 T FIESTA ASSET	p-Wert
SA	51,5 (27,24)	62,75 (22,93)	n.s.
LA	32,0 (9,87)	44,9 (22,79)	0,01
4 KB	24,8 (8,38)	26,2 (14,01)	n.s.

Tab. 23 Vergleich CNR 1.5T FIESTA und 3.0T FIESTA ASSET

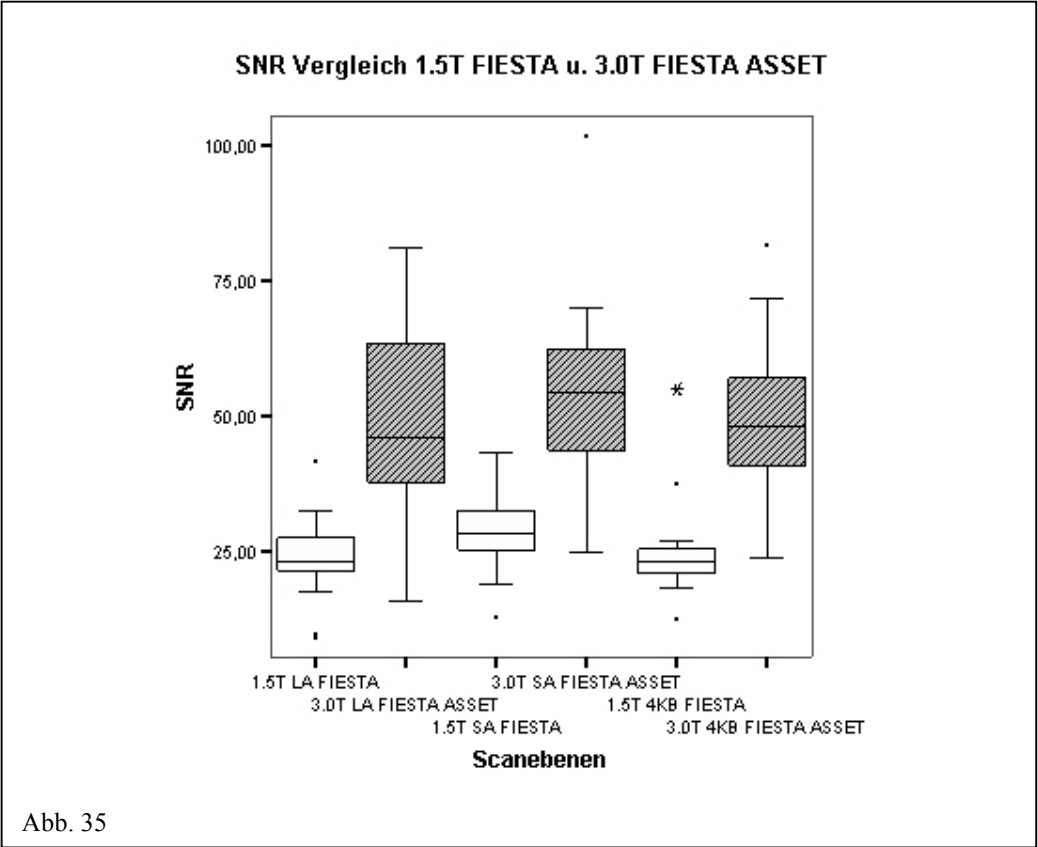


Abb. 35

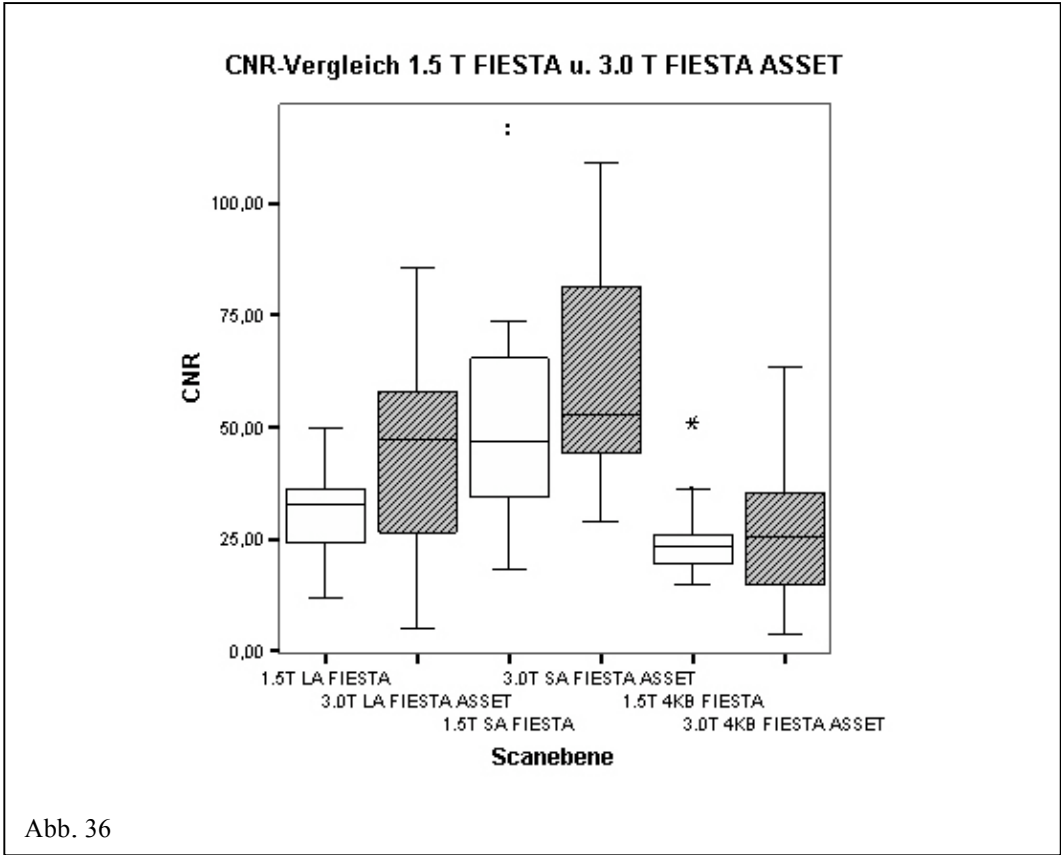


Abb. 36

2.2 Qualitative Auswertung

Die qualitative Beurteilung der FIESTA ASSET-Bilder erfolgte nach den gleichen Kriterien wie bei den normal akquirierten Bildern.

2.2.1 Beurteilung des Gesamteindrucks

In Tabelle 24 sind vergleichend die MW mit SD, die MD, Min und Max aller Schnittebenen bei 1.5 T FIESTA und 1.5 T FIESTA ASSET nach qualitativer Beurteilung dargestellt.

Gesamteindruck		1.5 T FIESTA	1.5 T FIESTA ASSET	p- Wert (1.5 T FIESTA / 1.5 T FIESTA ASSET im Vergleich)
LA	MW	4,7	4,6	n.s.
	SD	0,56	0,60	
	MD	5	5	
	Min	3	3	
	Max	5	5	
4KB	MW	4,7	4,6	n.s.
	SD	0,56	0,51	
	MD	5	5	
	Min	3	4	
	Max	5	5	
SA	MW	4,7	4,4	n.s.
	SD	0,48	0,68	
	MD	5	4,5	
	Min	4	3	
	Max	5	5	

Tab. 24 1.5 T FIESTA und FIESTA ASSET im Vergleich

Die mit FIESTA ASSET akquirierten Bilder wurden in allen drei Schnittebenen geringgradig schlechter benotet als die FIESTA-Aufnahmen, wobei die Unterschiede nicht signifikant waren. In allen drei Schnittebenen lagen die Mittelwerte für den Gesamteindruck überdies zwischen 4 und 5, entsprachen also einer guten bis sehr guten Bildqualität.

In Tabelle 25 sind analog zu Tabelle 24 vergleichend die MW mit SD, die MD sowie Min und Max aller Schnittebenen bei 3.0 T FIESTA und 3.0 T FIESTA ASSET nach qualitativer Beurteilung dargestellt.

Gesamteindruck		3.0 T FIESTA	3.0 T FIESTA ASSET	p- Wert (3.0 T FIESTA / 3.0 T FIESTA ASSET im Vergleich)
LA	MW	4,24	3,6	n.s.
	SD	1,29	1,29	
	MD	5	4	
	Min	1	2	
	Max	5	5	
4KB	MW	4,2	3,9	n.s.
	SD	1,11	0,93	
	MD	5	4	
	Min	2	1	
	Max	5	5	
SA	MW	4,4	3,9	n.s.
	SD	0,83	0,97	
	MD	5	4	
	Min	2	2	
	Max	5	5	

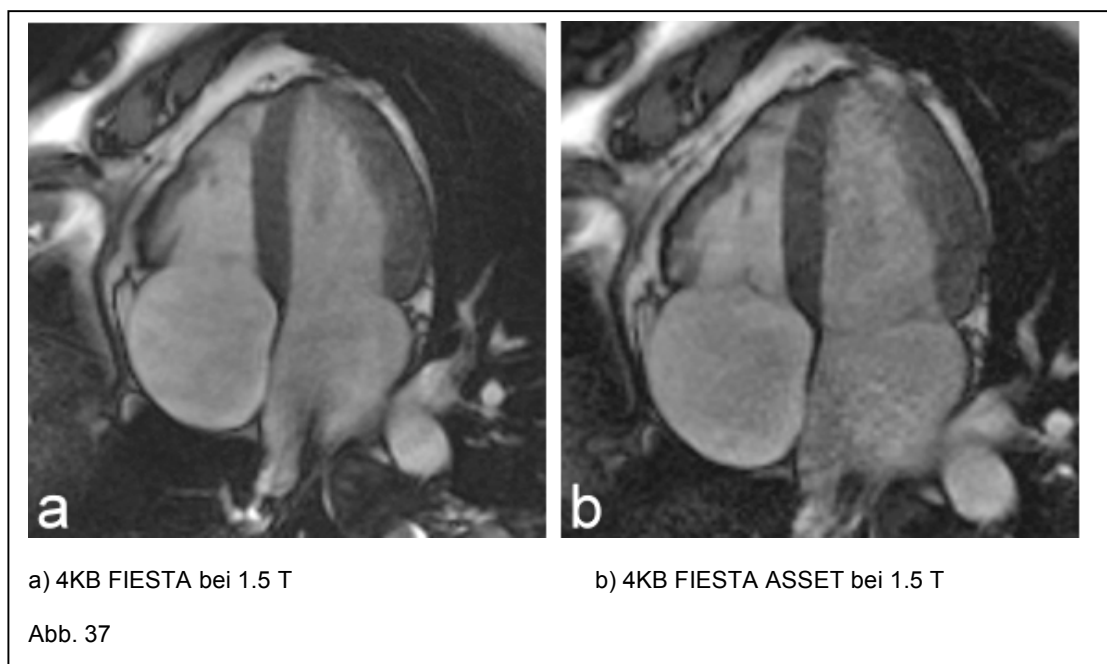
Tab. 25 3.0T FIESTA und FIESTA ASSET im Vergleich

Im Durchschnitt war die Bildqualität bei den FIESTA ASSET-Aufnahmen befriedigend bis gut. Analog zu 1.5 T wurden die mittels pMRT akquirierten Bilder schlechter bewertet als jene, die normal aufgenommen wurden. Obgleich auch hier die Unterschiede nicht signifikant waren, bleibt festzuhalten, dass sich bei beiden Feldstärken die Bildqualität durch den Einsatz der pMRT nicht verbesserte, sondern diskret verschlechterte.

2.2.2 Auswertung der einzelnen Schnittebenen

2.2.2.1 4-Kammer-Blick FIESTA ASSET

Der Vergleich der 4KB-Bilder bei 1.5 T FIESTA ASSET mit 3.0 T FIESTA ASSET zeigte in fast allen Bereichen eine schlechtere Bewertung bei 3.0 T (Tab. 26). Dieses gilt insbesondere für den rechten Ventrikel, der bei 3.0 T im Mittel nur mit „befriedigend“ (3,8) bewertet wurde, im Gegensatz zu 1.5 T mit im Mittel guten Beurteilungen (4,5). Signifikante Unterschiede wurden auch bezüglich der Artefakte beobachtet. Das Auftreten von Bewegungsartefakten war hier bei 3.0 T FIESTA ASSET deutlich ausgeprägter (2,8) als bei 1.5 T (4,4) / (Abb. 37). Hinsichtlich der Suszeptibilitätsartefakte zeigten sich diskret schlechtere Bewertungen bei 3.0 T, welche mit Ausnahme des apikalen Bereichs des rechten Ventrikels und des Septums signifikant waren.



Anschließend wurde untersucht, inwieweit es signifikante Unterschiede innerhalb der jeweiligen Feldstärken zwischen FIESTA und FIESTA ASSET gab.

Tabelle 27 stellt die Ergebnisse der Signifikanztestung mittels Wilcoxon-Test aller beurteilten Abschnitte bei normaler und pMRT bei jeweils 1.5 T und 3.0 T dar. Es zeigte sich, dass sich bei den 4KB-Cine-Sequenzen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich der Bildqualität zwischen den Akquisitionsmodi fanden. Einzige Ausnahmen waren der LV bei 1.5 T und Suszeptibilitätsartefakte im Bereich des apikalen LV bei 3.0 T. Die Unterschiede waren jedoch nur gering signifikant, so dass ge-

schlussfolgert werden kann, dass die Bildqualität durch den Einsatz der pMRT bei beiden Feldstärken nicht bedeutend gemindert wurde. Allerdings wird auch ersichtlich, dass die pMRT, zumindest bei nur geringen R-Faktoren, keinen wesentlichen positiven Einfluss auf etwaige Artefakte, bei 3.0 T insbesondere auf Bewegungsartefakte hatte.

4KB		LV	RV	Klappen LV	Klappen RV	Perikard	Motion	Fluss LV	Fluss RV
1.5 T	MW	4,7	4,5	4,8	4,7	4,2	4,4	4,7	4,8
	SD	0,49	0,69	0,44	0,57	0,69	0,75	0,57	0,52
	MD	5	5	5	5	4	5	5	5
	Min	4	3	4	3	3	3	3	3
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,1	3,8	4,1	4,1	3,6	2,8	4,3	4,5
	SD	0,88	1,03	1,03	1,13	0,96	0,98	0,93	0,84
	MD	4	4	4	4	4	3	5	5
	Min	2	1	1	1	2	1	2	2
	Max	5	5	5	5	5	4	5	5
p-Wert		<0,05	0,01	<0,01	<0,05	<0,01	<0,01	n.s.	n.s.

4KB		Suszeptibilitätsartefakt RV Apikal	Suszeptibilitätsartefakt RV Medial	Suszeptibilitätsartefakt RV Basal	Suszeptibilitätsartefakt LV Apikal	Suszeptibilitätsartefakt LV Medial	Suszeptibilitätsartefakt LV Basal	Suszeptibilitätsartefakt LV Septal
1.5 T	MW	4,8	4,9	5,0	5,0	4,9	5,0	4,9
	SD	0,72	0,31	0,22	0,22	0,37	0	0,31
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	2	4	4	4	4	5	4
	Max	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,4	4,5	4,4	4,4	4,2	4,3	4,7
	SD	1,07	0,90	1,07	0,96	0,98	0,95	0,81
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	2	2	2	2	2	2	2
	Max	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	n.s.

Tab. 26

Detaillierte qualitative Auswertung der FIESTA ASSET-Aufnahmen bei 1.5 T und 3.0 T im 4KB

4KB	1.5 T/1.5 T Asset p-Wert	3.0 T/3.0 T Asset p-Wert
LV	<0,05	n.s.
RV	n.s.	n.s.
Klappen LV	n.s.	n.s.
Klappen RV	n.s.	n.s.
Perikard	n.s.	n.s.
Motion	n.s.	n.s.
Fluss LV	n.s.	n.s.
Fluß RV	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV api	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV med	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV basal	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV api	n.s.	<0,05
Suszeptibilitätsartefakte LV med	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV basal	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV septal	n.s.	n.s.

Tab. 27 Signifikanz der qualitativen Unterschiede zwischen FIESTA und FIESTA ASSET innerhalb der jeweiligen Feldstärken im 4KB.

2.2.2.2 2-Kammer-Blick LA FIESTA ASSET

LA		Myo- kard	Klappen	Perikard	Motion	Fluss	Suszepti- bilitäts- artefakt Ant	Suszepti- bilitäts- artefakt Api	Suszepti- bilitäts- artefakt Post
1.5 T	MW	4,75	4,40	4,20	4,55	4,75	4,75	4,70	4,95
	SD	0,44	0,75	0,77	0,76	0,64	0,44	0,57	0,22
	MD	5	5	4	5	5	5	5	5
	Min	4	3	3	3	3	4	3	4
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	3,84	3,52	3,47	2,89	3,74	4,32	3,89	4,11
	SD	1,17	1,58	1,54	1,41	1,10	1,06	1,24	1,41
	MD	4	4	4	3	4	5	4	5
	Min	2	1	1	1	2	2	2	1
	Max	5	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		<0,01	<0,05	n.s.	<0,01	0,01	n.s.	<0,05	<0,05

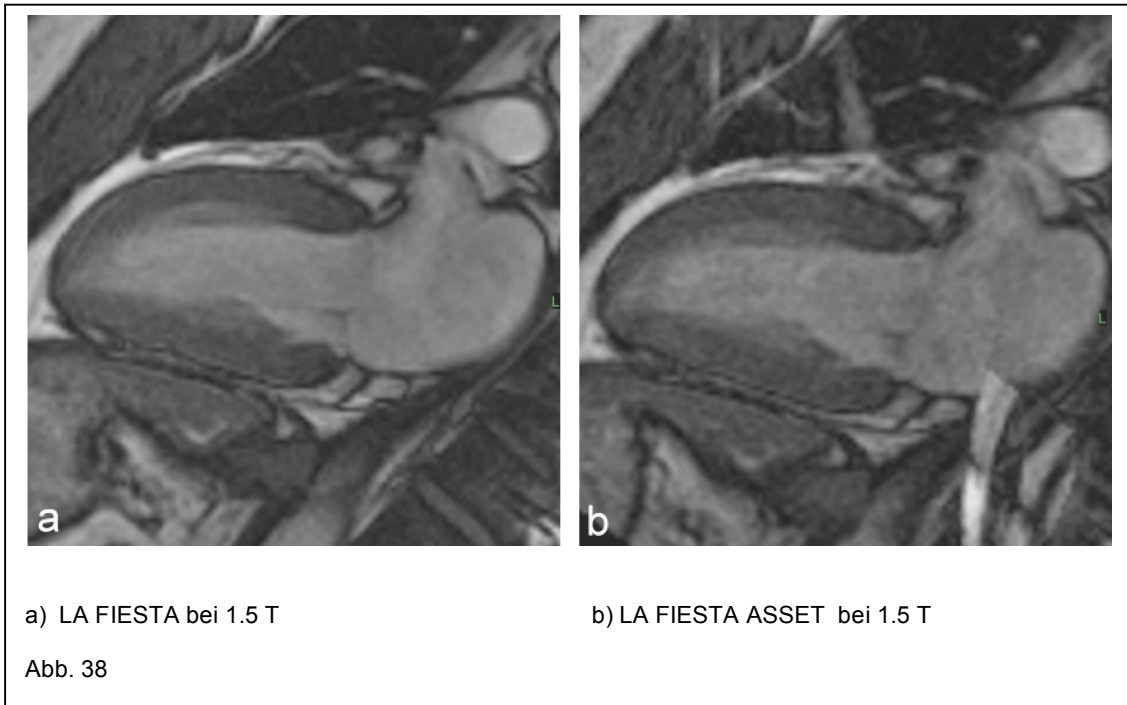
Tab. 28 Detaillierte qualitative Auswertung der FIESTA ASSET-Aufnahmen bei 1.5 T und 3.0 T in der LA

Vergleichbar mit dem 4KB bestanden auch in der LA signifikante Unterschiede zwischen den mit FIESTA ASSET akquirierten Bildern bei 1.5 und 3.0 T (s. Tab. 28, Abb. 38). Im Mittel wurde die Bildqualität des Ventrikels bei 1.5 T mit 4,75 als „gut“ bis „sehr gut“ eingestuft, wohingegen das Myokard bei 3.0 T mit 3,84 im Durchschnitt als „befriedigend“ bis „gut“ benotet wurde. Ferner schien in dieser Schnittebene die Messung bei 3.0 T anfälliger für Artefakte zu sein, was sich in den Unterschieden bezüglich Bewegungsartefakten und Flussartefakten zeigte. Hinsichtlich der Suszeptibilitätsartefakte waren die Differenzen nicht sehr ausgeprägt, aber – mit Ausnahme der Vorderwand - signifikant.

LA	1.5 T/1.5 T ASSET p-Wert	3.0 T/3.0 T ASSET p-Wert
LV	n.s.	n.s.
Klappen	n.s.	n.s.
Perikard	n.s.	n.s.
Motion	n.s.	n.s.
Fluss	n.s.	n.s.
Shading ant	n.s.	n.s.
Shading api	n.s.	n.s.
Shading post	n.s.	n.s.

Tab. 29 Signifikanz der qualitativen Unterschiede zwischen FIESTA und FIESTA ASSET innerhalb der jeweiligen Feldstärken in der LA.

Die Signifikanztestung hinsichtlich einzelner Faktoren zwischen normaler und pMRT jeweils bei 1.5 T und 3.0 T zeigte, dass sich die Qualität einzelner Merkmale unter dem Einsatz von pMRT nicht signifikant verschlechterte (Tab. 29). Auch hier bleibt aber festzuhalten, dass die pMRT bei einem hohen Ausgangsniveau keinen positiven Effekt auf das Auftreten von Artefakten hatte.



2.2.2.3 2-Kammer-Blick SA FIESTA ASSET

In der Auswertung der SA fanden sich signifikante Unterschiede in der Beurteilung des Perikards, der Flussartefakte im Bereich des rechten Ventrikels und der Suszeptibilitätsartefakte im Bereich der Lateralwand des RV und LV (Tab. 30). Mit Ausnahme des Perikards waren die Unterschiede jedoch nicht sehr ausgeprägt. In den anderen Bereichen wurde erneut eine Tendenz zu diskret schlechterer Bewertung bei 3.0 T beobachtet. Diese war jedoch nicht signifikant. Der Vergleich der mit FIESTA und FIESTA ASSET akquirierten Bilder bei 1.5 T sowie bei 3.0 T zeigte, wie auch schon im 4KB und in der LA, keine wesentlichen Unterschiede. Der Einsatz paralleler Bildgebung führte also auch hier zu keiner nennenswerten Verschlechterung der Bildqualität (Tab. 31).

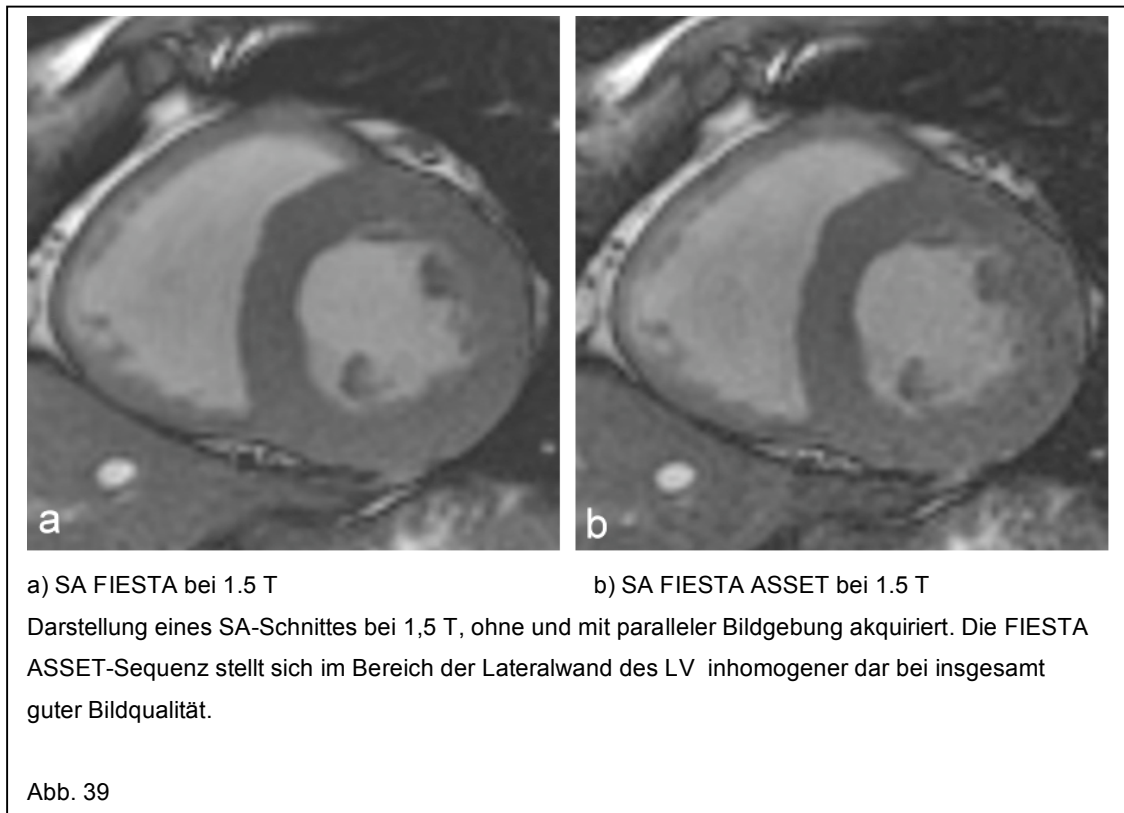
SA		LV	RV	Perikard	Motion	Fluss LV	Fluss RV
1.5 T	MW	4,60	4,45	3,25	4,30	4,95	5
	SD	0,68	0,60	0,91	0,92	0,22	0
	MS	5	5	3	5	5	5
	Min	3	3	1	2	4	5
	Max	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,25	3,90	2,65	3,56	4,65	4,65
	SD	0,64	0,79	1,19	1,23	0,67	0,67
	MD	4	4	3,00	3	5	5
	Min	3	3	1	1	3	3
	Max	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	<0,05

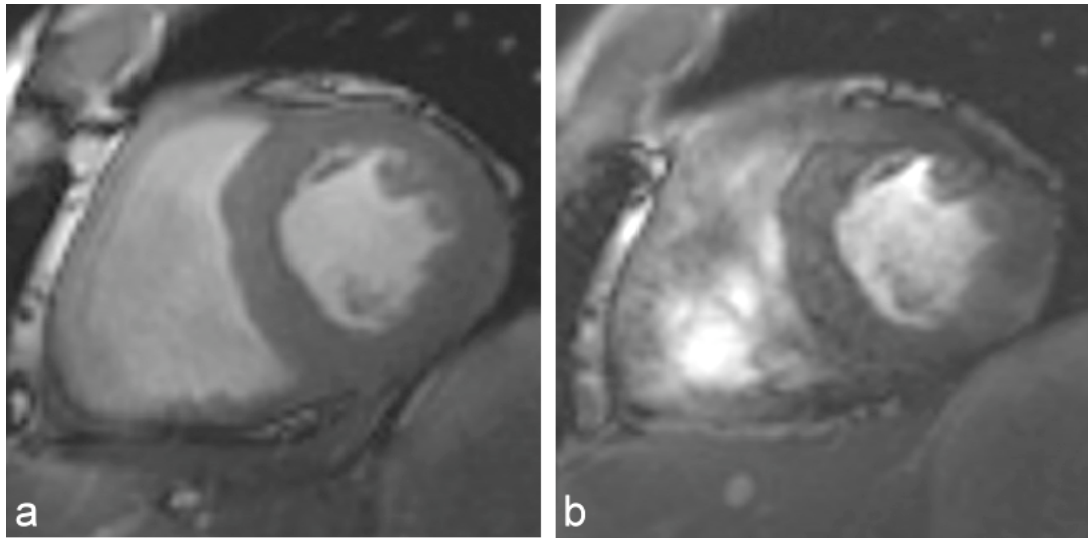
SA		Suszepti- bilitäts- artefakt RV	Suszepti- bilitäts- artefakt RV	Suszepti- bilitäts- artefakt RV	Suszepti- bilitäts- artefakt LV	Suszepti- bilitäts- artefakt LV	Suszepti- bilitäts- artefakt LV	Suszepti- bilitäts- artefakt LV
		ant	lat	post	ant	lat	post	sept
1.5 T	MW	4,80	4,85	4,80	5	4,80	4,75	4,90
	SD	0,52	0,37	0,52	0	0,41	0,55	0,31
	MD	5	5	5	5	5	5	5
	Min	3	4	3	5	4	3	4
	Max	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,30	4,35	4,30	4,95	4,45	4,15	4,85
	SD	0,80	0,81	0,86	0,22	0,69	0,99	0,37
	MD	4,5	5	4,5	5	4,5	4,5	5
	Min	3	3	2	4	3	3	4
	Max	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	<0,05	n.s.	n.s.	<0,01	n.s.	n.s.

Tab. 30 Detaillierte qualitative Auswertung der FIESTA ASSET-Aufnahmen bei 1.5 T und 3.0 T in der SA.

SA	1.5 T / 1.5 T ASSET p-Wert	3.0 T / 3.0 T ASSET p-Wert
LV	n.s.	n.s.
RV	n.s.	n.s.
Perikard	n.s.	n.s.
Motion	n.s.	n.s.
Fluss LV	n.s.	n.s.
Fluss RV	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV ant	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV lat	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte RV post	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV ant	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV lat	<0,05	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV post	n.s.	n.s.
Suszeptibilitätsartefakte LV sept	n.s.	n.s.

Tab. 31 Signifikanz der qualitativen Unterschiede zwischen FIESTA und FIESTA ASSET innerhalb der jeweiligen Feldstärken in der SA.





a) SA FIESTA bei 3.0 T

b) SA FIESTA ASSET bei 3.0 T

Darstellung eines SA-Schnittes bei 3.0 T, ohne und mit paralleler Bildgebung akquiriert. Die FIESTA ASSET-Sequenz stellt sich insgesamt etwas inhomogener dar bei insgesamt zufrieden stellender Bildqualität.

Abb. 40

3. FSE – Sequenzen

Die FSE-Sequenzen wurden bei beiden Feldstärken für alle zwanzig Probanden erfolgreich durchgeführt.

3.1 Double Inversion Recovery „Black Blood” T₁

3.1.1 Quantitative Auswertung

In der quantitativen Auswertung der FSE T₁-Aufnahmen zeigte sich gegenüber 1.5 T ein Zuwachs sowohl der Werte für SNR als auch für die CNR bei 3.0 T. Bezogen auf den gesamten LV ergab sich ein signifikanter SNR-Zuwachs von 25% von 56,68 auf 70,84 (Tab. 32,33 / Abb. 41).

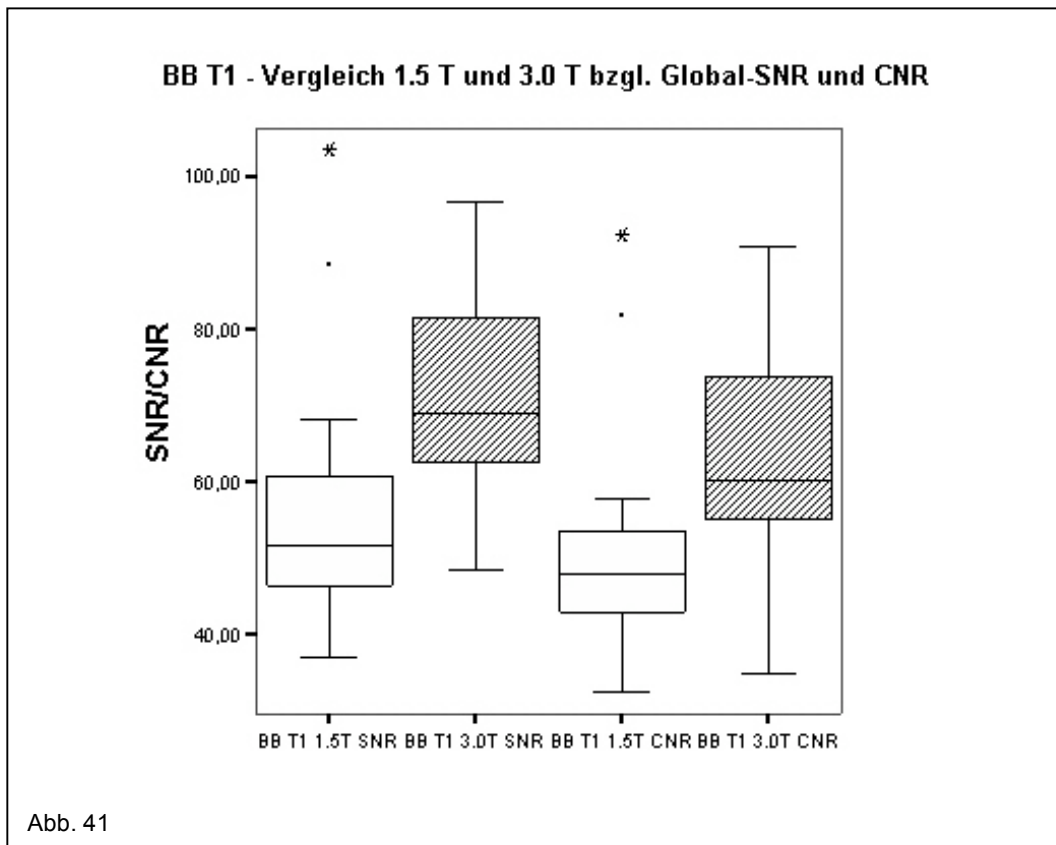
Eine Unterteilung des LV in 4 Segmente (anterior, lateral, posterior und septal) zeigte Unterschiede im Signalverhalten zwischen den einzelnen Segmenten, sowohl was die Ausprägung des SNR und CNR angeht als auch hinsichtlich des Zuwachses des SNR und CNR. Bei 1.5 T fand sich das größte SNR und CNR im Septum, bei 3.0 T in der Vorderwand. Im Vergleich zu 1.5 T fand sich bei 3.0 T ein signifikanter Anstieg in der Vorder- sowie Seitenwand (Δ SNR ant: 39 %; lat: 35 % / Δ CNR: ant 40 %; lat: 35%). Demgegenüber zeigte sich im posterioren sowie septalen Segment kein signifikanter Unterschied (Δ SNR ant 21 %; sept 9 % / Δ CNR. post: 19 %, sept. 6 %). Der relative Unterschied zwischen dem jeweils höchsten und niedrigsten SNR-Wert (höchster Wert = 100%) betrug bei 1.5 T 32% (Septum/Vorderwand) und bei 3.0 T 24% (Vorderwand/Hinterwand). Die Unterschiede waren in beiden Fällen mit $p < 0,01$ hoch signifikant. Für das CNR betrug der relative Unterschied 34% bei 1.5 T (Septum/Seitenwand) und 27% bei 3.0 T (Vorderwand/Hinterwand). Der Unterschied war bei beiden Feldstärken ebenfalls signifikant ($p < 0,01$).

SNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	56,68	58,52	47,72	51,21	69,26
	SD	16,43	19,13	16,48	16,73	14,95
	MD	51,76	51,67	44,47	47,50	64,20
	Min	36,93	30,07	22,52	29,85	51,44
	Max	103,52	113,48	93,09	98,39	109,09
3.0 T	MW	70,84	81,55	64,61	61,82	75,43
	SD	14,58	18,12	14,58	12,11	18,72
	MD	68,88	80,26	63,74	63,21	74,51
	Min	48,53	58,03	43,29	33,37	43,43
	Max	96,59	120,60	93,68	80,76	101,05
	Veränderung					
	In %	25	39	35	21	9
	Abs.	14,17	23,03	16,89	10,61	6,17
p-Wert		<0,01	<0,01	<0,01	n.s.	n.s.

Tab. 32 Vergleich SNR zwischen 1.5 und 3.0 Tesla BB T₁

CNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	50,96	52,81	42,01	45,49	63,54
	SD	14,77	17,77	14,84	14,96	13,24
	MD	47,97	48,05	39,79	42,44	60,63
	Min	32,52	25,67	18,12	25,69	48,07
	Max	92,30	102,27	81,88	87,18	97,88
3.0 T	MW	63,00	73,70	56,76	53,97	67,55
	SD	15,83	19,02	15,89	13,53	19,83
	MD	60,19	73,19	55,37	56,38	64,12
	Min	34,98	43,11	28,37	24,71	34,77
	Max	90,75	114,60	88,63	75,71	96,00
	Veränderung					
	In %	24	40	35	19	6
	Abs.	12,04	20,89	14,75	8,48	4,01
p-Wert		<0,05	<0,01	<0,01	n.s.	n.s.

Tab. 33 Vergleich CNR zwischen 1.5 und 3.0 Tesla BB T₁



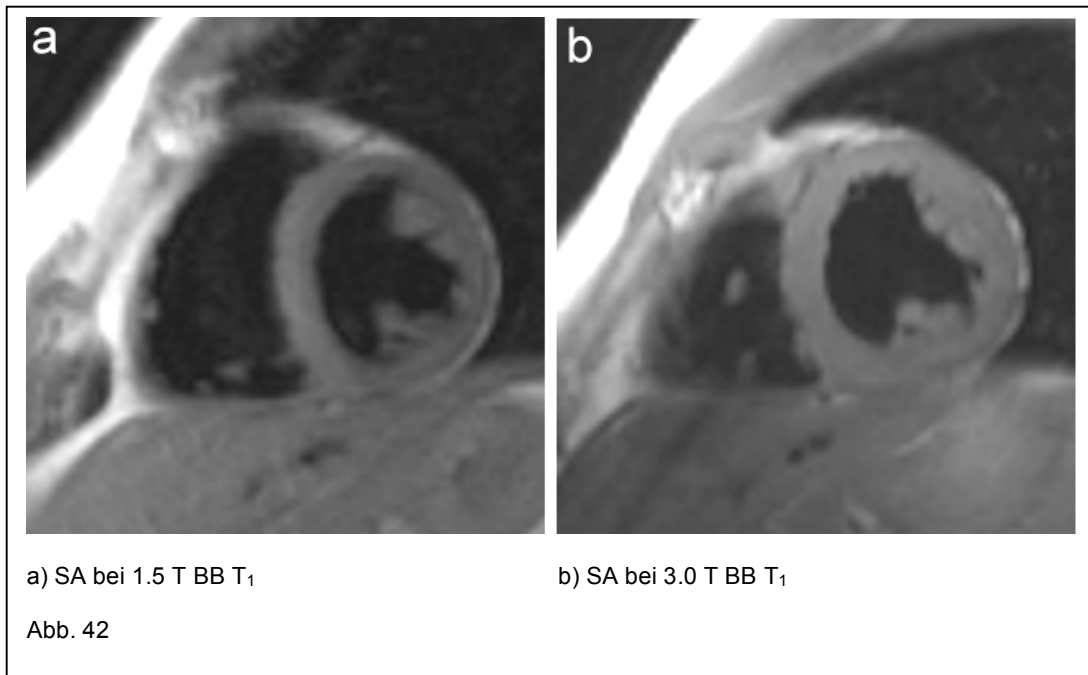
3.1.2 Qualitative Auswertung

Die Bildqualität lag bei beiden Feldstärken im Mittel zwischen 4 und 5 und war somit gut bis sehr gut (Tab. 34 / Abb. 42). Bei genauerer Beurteilung einzelner Strukturen ergaben sich geringfügig niedrigere Werte bei 3.0 T, wobei die Differenzen überwiegend nicht signifikant waren. Eine Ausnahme hiervon stellte das Perikard dar, welches bei 3.0 T im Mittel schlechter abgrenzbar war, bei 1.5 T allerdings ebenfalls meist nur ein „mäßig“ erhielt. Im Vergleich zu den CINE-Sequenzen fanden sich bei allen FSE-Sequenzen so gut wie keine Suszeptibilitätsartefakte. Stattdessen wurde die Bildqualität durch das Auftreten von Shadingartefakten, insbesondere im Bereich des rechten Ventrikels, stark beeinflusst. Trotz der unterschiedlichen Genese von Suszeptibilitäts- und Shadingartefakten führen beide Artefakttypen zu Signalverlust und fehlender Bildinformation, so dass in der qualitativen Beurteilung der FSE-Sequenzen die Suszeptibilitätsartefakte durch Shadingartefakte ersetzt wurden. Hinsichtlich der Shadingartefakte zeigten sich signifikante Unterschiede im Bereich der lateralen und inferioren Wand des rechten Ventrikels mit niedrigeren Werten (4,63 → 4,25 / 4,63 → 4,13) für die Bildqualität bei 3.0 T.

T ₁		Gesamt	LV	RV	Perikard	Shading RV ant	Shading RV lat	Shading RV inf	Shading LV ant	Shading LV lat
1.5 T	MW	5	5	4,75	2,63	4,63	4,63	4,63	5	5
	SD	0	0	0,46	0,74	0,74	0,74	0,74	0	0
	MD	5	5	5	2,50	5	5	5	5	5
	Min	5	5	4	2,00	3	3	3	5	5
	Max	5	5	5	4,00	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,75	4,88	4,38	1,88	4,75	4,25	4,13	5	5
	SD	0,46	0,35	0,74	0,64	0,46	0,89	0,83	0	0
	MD	5	5	4,5	2	5	4,5	4	5	5
	Min	4	4	3	1	4	3	3	5	5
	Max	5	5	5	3	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	<0,01	n.s.	<0,05	<0,01	n.s.	n.s.

T ₁		Shading LV inf	Shading LV sept	Motion	Fluss LV	Fluss RV	Klappen LV	Klappen RV
1.5 T	MW	5	5	5	4,63	4,63	3,75	3,5
	SD	0	0	0	0,74	0,74	0,46	0,76
	MD	5	5	5	5	5	4	3
	Min	5	5	5	3	3	3	3
	Max	5	5	5	5	5	4	5
3.0 T	MW	4,88	5	5	4,63	4,88	3,38	3
	SD	0,35	0	0	0,74	0,35	1,06	1,20
	MD	5	5	5	5	5	3,5	3
	Min	4	5	5	3	4	2	1
	Max	5	5	5	5	5	5	5
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 34 Detaillierte qualitative Auswertung der BB T₁ bei 1.5 und 3.0 T



3.2 Short Tau Inversion Recovery (STIR)

3.2.1 Quantitative Auswertung

Im Rahmen der quantitativen Analyse zeigte sich in der STIR bei 3.0 T gegenüber 1.5 T in Bezug auf den gesamten LV eine geringe, nicht signifikante Zunahme des SNR und CNR von 24% und 25% (Tab. 35,36 / Abb. 43). Wie auch schon bei der BB T₁ zeigte sich bei genauerer Betrachtung einzelner Segmente des LV ein unterschiedliches Signalverhalten sowie ein verschieden ausgeprägter Signalanstieg unter 3.0 T. Im Bereich der Lateralwand zeigte sich eine signifikante Zunahme des SNR um 37% und des CNR um 40%. Demgegenüber fand sich im Septum nur ein Anstieg von 4 % für das SNR und 1 % für das CNR. Hier lag bei 1.5 T im Vergleich zu den anderen Segmenten die höchste Signalintensität. Der relative Unterschied zwischen dem jeweils höchsten und niedrigsten SNR-Wert (höchster Wert = 100%) betrug bei 1.5 T 10% (Septum/Seitenwand) und bei 3.0 T 14% (Seitenwand/Septum). Der Unterschied war bei 3.0 T signifikant mit $p < 0,01$, nicht aber bei 1.5 T mit $p = 0,067$.

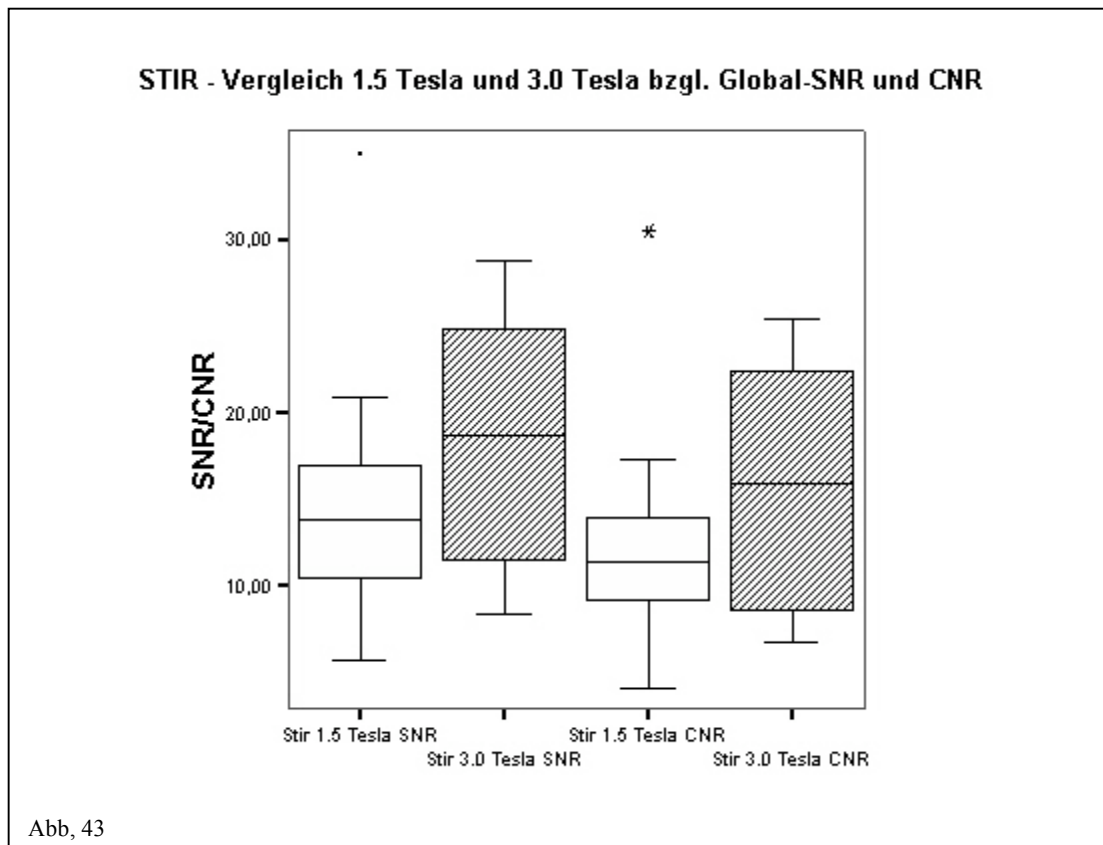
Bezüglich des CNR fand sich bei 1.5 T der größte relative Unterschied zwischen dem Septum und der Lateralwand und bei 3.0 T zwischen der Vorderwand und dem Septum. Der Unterschied war bei 3.0 T signifikant ($p < 0,01$), nicht jedoch bei 1.5 T ($p = 0,067$). Aus dem Obigen lässt sich schlussfolgern, dass die Signalintensität in der STIR-Sequenz bei 1.5 T homogener ausfiel.

SNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	14,79	14,81	14,03	14,45	15,85
	SD	6,36	6,93	4,97	5,41	8,54
	MD	13,77	13,57	12,31	13,45	15,21
	Min	5,68	5,30	6,46	5,74	5,21
	Max	35,04	37,59	29,06	29,56	43,94
3.0 T	MW	18,40	19,16	19,20	18,69	16,56
	SD	7,12	7,83	7,45	6,75	7,23
	MD	18,67	19,17	18,56	18,30	17,93
	Min	8,32	8,44	7,57	8,90	6,47
	Max	28,71	31,14	31,34	30,28	30,44
	Veränderung					
	In %	24	29	37	29	4
	Abs.	3,61	4,35	5,17	4,24	0,71
p-Wert		n.s.	n.s.	<0,05	n.s.	n.s.

Tab. 35 Vergleich SNR zwischen 1.5 und 3.0 T bei STIR

CNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	12,40	12,42	11,64	12,06	13,46
	SD	5,58	6,18	4,31	4,62	7,73
	MD	11,32	11,36	10,53	11,09	13,22
	Min	4,12	3,75	4,90	4,18	3,66
	Max	30,48	33,03	24,50	25,00	39,38
3.0 T	MW	15,49	16,24	16,28	15,78	13,65
	SD	6,71	7,45	7,12	6,34	6,77
	MD	15,85	16,35	15,96	15,48	15,00
	Min	6,74	5,87	5,50	7,66	3,54
	Max	25,44	27,64	28,22	25,94	26,01
	Veränderung					
	In %	25	31	40	31	1
	Abs.	3,09	3,82	4,64	3,72	0,19
p-Wert		n.s.	n.s.	<0,05	n.s.	n.s.

Tab. 36 Vergleich CNR zwischen 1.5 und 3.0 T bei STIR



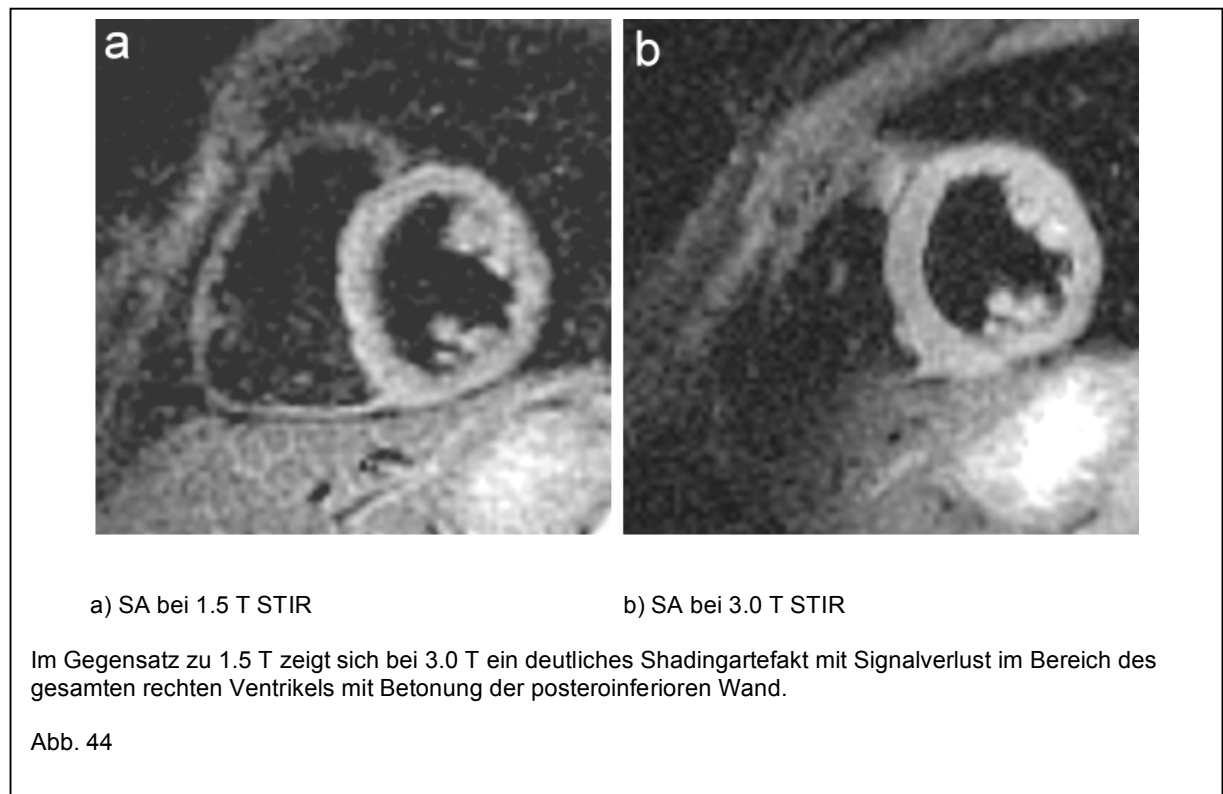
3.2.2 Qualitative Auswertung

Hinsichtlich der Shadingartefakte lag im Bereich des LV kein signifikanter Unterschied zwischen den Feldstärken vor (Tab. 37 / Abb. 44). In der Gesamtbeurteilung schnitten die Bilder bei 3.0 T dagegen signifikant schlechter ab als bei 1.5 T. Im Mittel lagen die Werte bei 3,11, was einem „befriedigend“ entspricht, wohingegen die bei 1.5 T akquirierten Bilder durchschnittlich mit „gut“ bewertet wurden. Unterschiede ergaben sich ferner in der Beurteilung des RV sowie der Shadingartefakte in diesem Bereich – letztere waren deutlich ausgeprägter bei 3.0 T. Das Perikard stellte sich mit Werten von 1,33 und 1,11 bei beiden Feldstärken in der STIR-Sequenz sehr schlecht dar.

STIR		Gesamt	LV	RV	Peri- kard	Shading RV ant	Shading RV lat	Shading RV inf	Shading LV ant	Shading LV lat
1.5 T	MW	4	4,56	3,22	1,33	3,44	3,33	3,11	4,67	4,67
	SD	1,32	1,01	1,20	0,5	1,33	1,32	1,36	0,71	0,71
	MD	4	5	3	1	4	4	3	5	5
	Min	1	2	1	1	1	1	1	3	3
	Max	5	5	5	2	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	3,11	4,33	2,22	1,11	2,78	2	2	4,44	4,56
	SD	0,93	1,12	1,30	0,33	1,72	1,22	1,5	1,01	1,01
	MD	3	5	2	1	2	2	1	5	5
	Min	1	2	1	1	1	1	1	2	2
	Max	4	5	4	2	5	4	5	5	5
p- Wert		<0,01	n.s.	<0,05	n.s.	<0,05	<0,01	<0,01	n.s.	n.s.

STIR		Shading LV inf	Shading LV sept	Motion	Fluss LV	Fluss RV	Klappen LV	Klappen RV
1.5 T	MW	4,67	4,67	4,56	4,67	3,67	3,22	2,89
	SD	0,71	0,71	1,33	1	1,22	0,83	1,17
	MD	5	5	5	5	4	3	3
	Min	3	3	1	2	2	2	1
	Max	5	5	5	5	5	4	5
3.0 T	MW	4,56	4,22	5	4,56	4,67	2,44	1,44
	SD	1,33	1,39	0	0,73	1	1,24	0,53
	MD	5	5	5	5	5	2	1
	Min	1	1	5	3	2	1	1
	Max	5	5	5	5	5	5	2
p- Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	0,01

Tab. 37 Detaillierte qualitative Auswertung der STIR bei 1.5 und 3.0 T



3.3 Double Inversion Recovery „Black Blood“ T_2

3.3.1 Quantitative Auswertung

Im Vergleich zeigte sich, wie auch schon bei der BB T_1 - und der STIR-Sequenz, ein Anstieg des SNR, bezogen auf das gesamte linksventrikuläre Myokard. Dieser war nicht signifikant und mit 8% deutlich geringer ausgeprägt als bei den beiden anderen Sequenzen (s. Tab 38 / Abb.45). Analog zu der BB T_1 - und STIR-Sequenz fanden sich auch bei der BB T_2 -Sequenz regionale Unterschiede im Signalverhalten. Das Septum und die Vorderwand wiesen erneut das größte SNR bei beiden Feldstärken auf. Allerdings fand sich bei 3.0 T im Septum kein Anstieg, sondern eine Verringerung des SNR von 1%. Ähnliche Ergebnisse fanden sich für das CNR, welches, bezogen auf den gesamten LV, einen Zuwachs von 11% bei 3.0 T aufwies (s. Tab. 38 / Abb. 45). Dieser lag erneut unter den bei der BB T_1 - und STIR-Sequenz beobachteten Zuwächsen und war überdies nicht signifikant. Hinsichtlich der regionalen Unterschiede wies das Septum bei 1.5 T das höchste CNR auf. Bei 3.0 T fand sich das höchste CNR in der Vorderwand. Analog zu dem SNR verringerte sich das CNR im Septum bei 3.0 T um 1%. Der größte Zuwachs, sowohl an SNR als auch an CNR, fand sich im Bereich der Lateralwand. Dieser war für das CNR signifikant, nicht jedoch für das SNR.

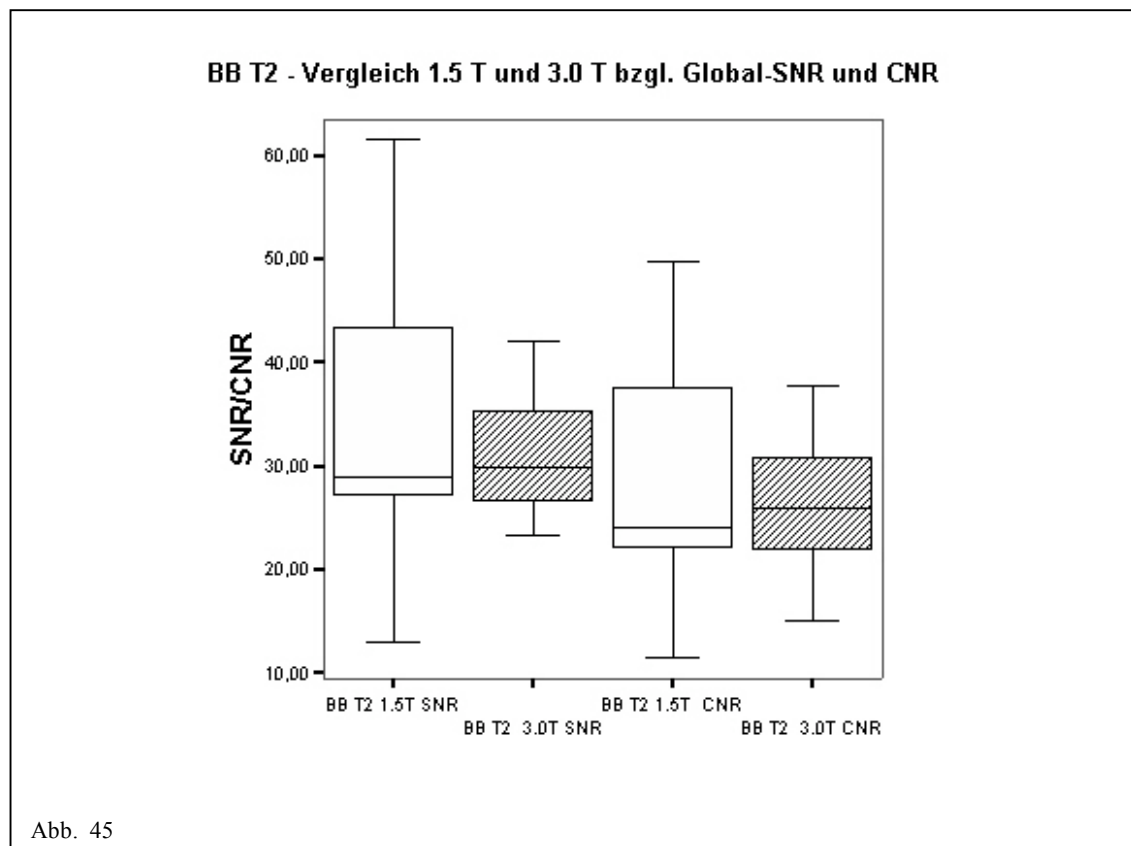
Der relative Unterschied zwischen dem jeweils höchsten und niedrigsten SNR-Wert (höchster Wert = 100%) betrug bei 1.5 T 30% (Septum/Seitenwand) und bei 3.0 T 25% (Vorderwand/Hinterwand) und war bei beiden Feldstärken mit $p < 0,01$ signifikant. Für das CNR bestand bei 1.5 T der größte relative Unterschied zwischen dem Septum und der Lateralwand (36%) und bei 3.0 T zwischen der Vorder- und Hinterwand (29%). Auch hier waren die Unterschiede in beiden Fällen signifikant ($p < 0,01$). Wie auch schon bei der BB T_1 -Sequenz war die Signalhomogenität zwischen den einzelnen Herzsegmenten somit bei 3.0 T etwas besser als bei 1.5 T.

T ₂ SNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	26,87	28,58	22,29	24,57	32,04
	SD	8,58	10,17	6,39	7,82	10,64
	MD	27,18	26,91	22,85	25,11	33,57
	Min	12,93	13,73	12,40	12,64	12,93
	Max	43,37	52,40	33,49	37,37	50,23
3.0 T	MW	29,14	33,42	26,43	25,06	31,64
	SD	6,92	8,23	5,47	6,24	10,03
	MD	27,65	32,11	24,37	23,53	33,49
	Min	19,76	20,56	19,96	16,58	18,84
	Max	41,93	50,41	35,34	35,29	50,00
	Veränderung					
	In %	8	17	19	2	- 1
	Abs.	2,27	4,84	4,14	0,49	- 0,4
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 38 Vergleich SNR bei 1.5 und 3.0 T bei BB T₂

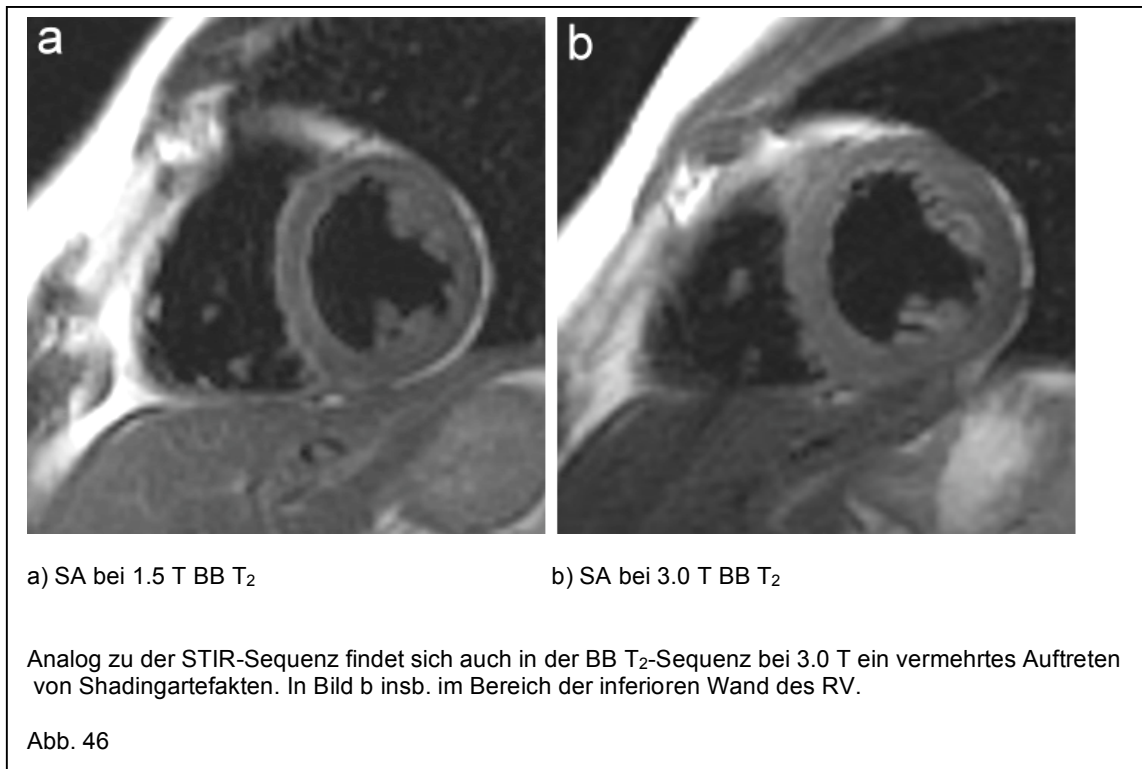
T ₂ CNR		Global	Anterior	Lateral	Posterior	Septal
1.5 T	MW	22,13	23,84	17,55	19,83	27,30
	SD	7,38	9,26	5,12	6,54	9,37
	MD	22,63	23,32	17,59	19,78	28,59
	Min	11,43	12,24	10,91	10,02	11,43
	Max	37,57	46,60	27,69	31,57	44,43
3.0 T	MW	24,48	28,76	21,78	20,41	26,98
	SD	7,42	8,71	5,80	6,71	10,55
	MD	23,38	27,74	20,50	19,16	28,86
	Min	13,78	14,58	13,98	10,81	12,86
	Max	37,79	46,27	30,80	30,74	45,86
Veränderung	In %	11	21	24	3	- 1
	Abs.	2,35	4,92	4,23	0,58	- 0,32
p-Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 39 Vergleich CNR bei 1.5 und 3.0 T bei BB T₂



3.3.2 Qualitative Auswertung

Bezüglich ihres Gesamteindrucks wurden die akquirierten SA-Bilder bei beiden Feldstärken mit „gut“ bis „sehr gut“ bewertet (Tab. 40, Abb. 46). Der LV war in beiden Fällen etwas besser abgrenzbar als der RV. Bezüglich der reinen Morphologie zeigte sich bei 3.0 T eine Tendenz zu diskret kleineren Werten, mit Ausnahme des Perikards. Dieses wurde - wie bei den anderen FSE-Sequenzen - im Mittel am schlechtesten bewertet, war aber bei 3.0 T besser abgrenzbar. Hinsichtlich der Bildartefakte konnte beobachtet werden, dass die inferiore Wand des RV bei 3.0 T signifikant mehr Shading-Artefakte aufwies. Demgegenüber waren Bewegungsartefakte sowie Flussartefakte im LV bei 3.0 T diskret weniger ausgeprägt, wenn auch nicht signifikant.



T ₂		Gesamt	LV	RV	Peri- kard	Shading RV ant	Shading RV lat	Shading RV inf	Shading LV ant	Shading LV lat
1.5 T	MW	4,88	5	4,63	1,88	4,13	4,38	4,38	5	5
	SD	0,35	0	0,52	0,35	0,83	0,92	0,92	0	0
	MD	5	5	5	2	4	5	5	5	5
	Min	4	5	4	1	3	3	3	5	5
	Max	5	5	5	2	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	4,75	4,88	4,25	2,38	4,25	4,38	3,88	5	5
	SD	0,46	0,35	0,89	0,52	0,89	0,92	0,83	0	0
	MD	5	5	4,5	2	4,5	5	4	5	5
	Min	4	4	3	2	3	3	3	5	5
	Max	5	5	5	3	5	5	5	5	5
p- Wert		n.s.	n.s.	<0,05	n.s.	n.s.	<0,05	<0,01	n.s.	n.s.

T ₂		Shading LV inf	Shading LV sept	Motion	Fluss LV	Fluss RV	Klappen LV	Klappen RV
1.5 T	MW	5	5	4,88	4,75	4,88	3,75	3,63
	SD	0	0	0,35	0,46	0,35	0,70	0,74
	MD	5	5	5	5	5	4	3,5
	Min	5	5	4	4	4	3	3
	Max	5	5	5	5	5	5	5
3.0 T	MW	5	5	5	4,88	4,88	3,13	2,63
	SD	0	0	0	0,35	0,35	1,25	1,19
	MD	5	5	5	5	5	4	2
	Min	5	5	5	4	4	1	1
	Max	5	5	5	5	5	4	4
p- Wert		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Tab. 40 Detaillierte qualitative Auswertung der BB T₂ bei 1.5 und 3.0 T