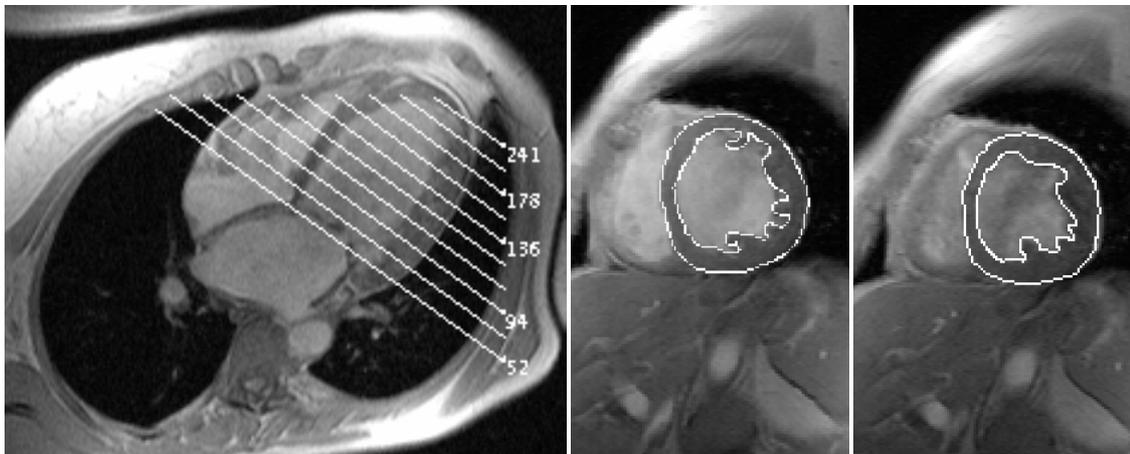


## 5. Bestimmung der linksventrikulären Funktionsparameter

### 5.1. Vergleich der Magnetresonanztomographie mit der Elektronenstrahl-Computertomographie

Die MRT ist in der Lage, den gesamten linken Ventrikel volumendeckend zeitaufgelöst darzustellen. Das macht ihn von den oben genannten geometrischen Modellen unabhängig, die für andere Verfahren wie die Echokardiographie und Lävokardiographie erforderlich sind. Dabei werden die Schnittführungen individuell der Lage des Herzens im Thorax angepasst und standardisiert geplant. Zunächst werden die langen Herzachsen entsprechend der Kriterien geplant, wie sie von Cranney et al. vorgeschlagen wurden<sup>73</sup>. Ausgehend vom Vierkammerblick erfolgt jetzt von der Herzbasis bis zur Herzspitze eine Serie von Kurzachsenschnitten mittels Cine-MRT, die den gesamten linken Ventrikel abdeckt. Durch anschließendes Einzeichnen der endo- und epikardialen Konturen in allen einzelnen Kurzachsenschnitten können mit einem geeigneten Auswerteprogramm die ventrikulären Volumina (EDV und ESV) und die myokardiale Masse berechnet werden (3D-Volumetrie).



a)

b)

c)

Abbildung 1.

Cine MRT im Vierkammerblick (a) und in der kurzen Herzachse in der Diastole (b) und Systole (c). Eingezeichnet sind die Schnittführungen zur Planung der kurzen Achse (a) und die epi- und endokardiale Kontur mittels Auswerteprogramm zur Berechnung der linksventrikulären Parameter.

Die myokardiale Masse berechnet sich aus dem myokardialen Volumen multipliziert mit einem Faktor von 1,05, der sich aus dem spezifischen Gewicht des Myokards ergibt. Die Ejektionsfraktion (EF) wird aus dem Verhältnis zwischen Schlagvolumen (EDV - ESV) und enddiastolischem Volumen bestimmt. 1997 wurde im Rahmen eines multizentrischen DFG-geförderten Forschungsprojektes am Institut für Radiologie, Charité Campus Mitte, ein Elektronenstrahl-CT (EBT) installiert. Die EBT erlaubt ähnlich der MRT, in konsekutiven Schnitten eine vollständige Darstellung des Herzens in verschiedenen Phasen des Herzzyklus zu erzielen und durch Planimetrie und Summation der Myokardschnitte die Myokardmasse sowie ventrikuläre Funktionsparameter direkt zu bestimmen. Wir haben 32 Patienten mit unterschiedlichen kardialen Grunderkrankungen mit beiden Verfahren untersucht und die erzielten Parameter verglichen.

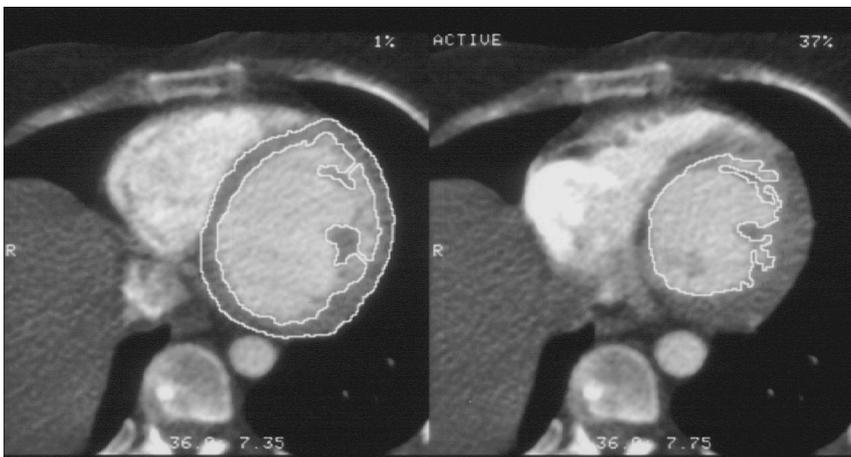


Abbildung 2.

EBT bei derselben Patientin wie in Abbildung 1. Kurzschnitts in der Enddiastole und Endsystole mit eingezeichneten endo- und epikardialen Konturen.

Tabelle 1. Mittelwerte der mit MRT und EBT ermittelten linksventrikulären Parameter für 32 Patienten (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung)

	Myokardiale Masse (g)	Enddiastolisches Volumen (ml)	Endsystolisches Volumen (ml)	Ejektionsfraktion (%)	Gesamtes Herzvolumen (ml)
MRT	278,9 $\pm$ 74,1	261,2 $\pm$ 108,4	202,9 $\pm$ 102,8	26,3 $\pm$ 13,1	526,8 $\pm$ 176,4
EBT	234,1 $\pm$ 68,6	296,0 $\pm$ 103,6	219,0 $\pm$ 100,0	29,0 $\pm$ 14,0	518,5 $\pm$ 166,4
<i>P</i>	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,45

Der Vergleich der linksventrikulären Volumetrie zwischen MRT und EBT ergab für die EF, EDV, ESV und MM eine hohe Korrelation mit einem Korrelationskoeffizienten von  $r=0,86$ ,  $r=0,95$ ,  $r=0,95$  und  $r=0,93$ <sup>74</sup> (**Originalarbeit A, Erstautor**). Faktoren, die die Differenzen erklären können, liegen einerseits methodenbedingt in dem unterschiedlichen Untersuchungsablauf. Die kurze Herzachse im EBT korreliert nicht exakt mit der kurzen Herzachse des MRT, da in der EBT nur eine eingeschränkte Tischbewegung und Patientenlagerung möglich ist. Häufige Herzrhythmusstörungen (10/32 Patienten) sowie eine absolute Arrhythmie können im MRT zu einer Unschärfe der myokardialen Konturen führen. Prinzipielle Vorteile bietet demgegenüber die EBT, bei der die Kontrastierung des linken Ventrikels durch Arrhythmien weitestgehend unbeeinflusst ist. Auch bei ausgeprägten Kinetikstörungen kann der Kontrast zwischen Blutvolumen und Endokard im MRT verringert sein, wohingegen der Kontrast im EBT dadurch nicht beeinträchtigt ist. Die MRT bietet dadurch Vorteile, dass sie keine intravenöse Kontrastmittelgabe benötigt und ohne ionisierende Strahlung durchgeführt werden kann. Allerdings verbietet sie sich für viele kardiologische Patienten, da sie Kontraindikationen für die MRT aufweisen können wie implantierte Schrittmacher oder Defibrillatoren, schwere Klaustrophobie oder Dyspnoe, die es nicht erlaubt, die Untersuchung in flacher Rückenlage durchzuführen. Aufgrund der beschriebenen Unterschiede zwischen den Modalitäten sollten Verlaufskontrollen nach Möglichkeit mit derselben Modalität durchgeführt werden. Aufgrund der Nichtinvasivität, der fehlenden Strahlenexposition, Fehlen einer Kontrastmittelapplikation und der hohen Genauigkeit bietet sich die MRT für die Verlaufskontrollen ventrikulärer Parameter an. Darüber hinaus kann die regionale Wandbewegung, Wanddicke und Wanddickenzunahme bestimmt werden, die für eine Therapieplanung essentiell ist.

## 5.2. MRT zur Verlaufskontrolle nach ventrikelverkleinernder Operation

Für Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz, dilatativen und ischämischen Kardiomyopathien sowie Ventrikelaneurysmata sind ventrikelverkleinernde Operationen entwickelt worden. Dazu zählen die Aneurysmektomie nach Dor<sup>75, 76</sup> und die partielle linksventrikuläre Resektion nach Batista. Letztgenannte Operationsmethode wurde als Alternative oder zur Überbrückung der Wartezeit auf eine Herztransplantation bei Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz propagiert<sup>77, 78</sup>. Das Prinzip für diese Operationsmethode begründet sich auf das Laplacesche Gesetz, wonach eine Reduktion des Radius eines kugelförmigen Hohlkörpers (dilatierter Ventrikel) zu einer Reduktion der muskulären Wandspannung führt, die wiederum eine Verbesserung der linksventrikulären Kontraktilität und Funktion zur Folge hat. Bei dieser Operation wird vitales linksventrikuläres Myokard reseziert, um eine

Größenreduktion des Ventrikels zu erzielen. Häufig werden intraoperativ weitere herzchirurgische Maßnahmen wie Klappenrekonstruktionen, Klappenersatz oder Revaskularisationen kombiniert. An einem kleinen Patientengut von 6 Patienten mit Kardiomegalie konnten wir die präoperative Anatomie und Funktion darstellen und eine Volumetrie des linken Ventrikels mit der MRT durchführen. Außerdem wurde eine frühe postoperative Kontrolle durchgeführt. Dabei konnten wir eine Reduktion der linksventrikulären Volumina und eine Verbesserung der Ejektionsfraktion nachweisen<sup>79</sup> **(Originalarbeit B, Erstautor)**.

Tabelle 2. Prä- und postoperative mittels MRT ermittelte linksventrikuläre Parameter (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung) (n=6)

	Präoperativ	Postoperativ
Myokardiale Masse	283,8 $\pm$ 122,0 g	242,7 $\pm$ 108,6 g*
Enddiastolisches Volumen	304,0 $\pm$ 98,7 ml	205,0 $\pm$ 91,7 ml*
Endsystolisches Volumen	252,5 $\pm$ 83,9 ml	141,9 $\pm$ 82,9 ml*
Ejektionsfraktion	21,7 $\pm$ 8,2 %	33,4 $\pm$ 8,6 %*

\*= p < 0,05

Bei den meisten der so operierten Patienten wurde postoperativ ein Defibrillator implantiert, da Herzrhythmusstörungen die häufigste Todesursache im postoperativen Verlauf darstellten. Ein weiterer Grund für die geringe Anzahl an eingeschlossenen Patienten in dieser Studie liegt darin, dass der Anteil der Schrittmacher- oder Defibrillatorträger bei Patienten mit schweren dilatativen Herzerkrankungen, die Kandidaten für eine solche Operation sind, sehr hoch ist, so dass sich eine MRT-Untersuchung primär verbietet. Allerdings konnten wir selbst bei diesem geringen Stichprobenumfang eine signifikante Änderung der linksventrikulären Funktion sowie Volumina postoperativ zeigen. Im weiteren Verlauf haben wir aufgrund der Kontraindikationen für die MRT 23 Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz mittels EBT untersucht und konsekutiv nach partieller linksventrikulärer Resektion mit postoperativen Kontrollen am 18. postoperativen Tag sowie nach 8 Monaten verfolgt<sup>80</sup>. Die erste postoperative Kontrolle zeigte eine signifikante Abnahme des enddiastolischen und endsystolischen linksventrikulären Volumens sowie einen signifikanten Anstieg der Ejektionsfraktion. Die Werte der ventrikulären Volumina waren auch in der zweiten Kontrolle regredient, die EF stieg weiter (Tabelle 3).

Tabelle 3. Prä- und postoperative mittels EBT ermittelte linksventrikuläre Parameter (Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung)

	Präoperativ (n=23)	Postoperativ 1 (n=21)	Postoperativ 2 (n=14)
Myokardiale Masse	275,2 $\pm$ 87,7 g	257,4 $\pm$ 82,7 g*	217,1 $\pm$ 52,5 g*
Enddiastolisches Volumen	387,9 $\pm$ 125,5 ml	255,6 $\pm$ 79,3 ml*	253,7 $\pm$ 97,8 ml*
Endsystolisches Volumen	308,3 $\pm$ 112,3 ml	180,4 $\pm$ 78,5 ml*	174,6 $\pm$ 87,5 ml*
Ejektionsfraktion	21,6 $\pm$ 7,3 %	31,9 $\pm$ 13,4 %*	34,1 $\pm$ 14,1 %*

\* =  $p < 0,05$

### 5.3. MRT und EBT nach passiver Kardiomyoplastie

Mit der passiven Kardiomyoplastie fand eine weitere Operationsmethode Eingang in das Spektrum der chirurgischen Operationen bei Patienten mit Herzinsuffizienz und Kardiomegalie. Hierbei wird ein Polyesternetz um die Ventrikel implantiert, wodurch die Dilatationsmöglichkeit eingeschränkt und die Herzfunktion verbessert wird<sup>81-83</sup>. In einer prospektive Studie<sup>84</sup> haben wir 19 konsekutive Patienten eingeschlossen, die innerhalb von 1-2 Wochen vor Netzimplantation sowie 11-13 Wochen postoperativ untersucht wurden. Bei Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz Grad III und IV (n=9) wurde dieses Verfahren mit einer begleitenden Mitralklappenrekonstruktion (MKR) kombiniert. 15 der 19 Patienten wurden mittels EBT untersucht, die restlichen 4 Patienten, bei denen aufgrund einer eingeschränkten Nierenfunktion eine Kontrastmittelgabe kontraindiziert war, wurden im MRT evaluiert. Die EBT-Untersuchungen zeigten bei allen Patienten eine Reduktion der linksventrikulären enddiastolischen und endsystolischen Volumina um mindestens 10%, wohingegen das Schlagvolumen nahezu unverändert blieb (Tabelle 4). Ähnliche Veränderungen der volumetrischen und funktionellen Parameter zeigte auch die MRT (Tabelle 5).

Tabelle 4: Mittels EBT gemessene linksventrikuläre Parameter bei 15 Patienten vor und nach passiver Kardiomyoplastie (9 Patienten mit und 6 Patienten ohne MKR)

Parameter	Präoperativ	Postoperativ
EDV (ml)	385,1 ± 136	309,9 ± 138 *
ESV (ml)	311,9 ± 127	242,5 ± 131 *
SV (ml)	73,2 ± 24,3	67,5 ± 22,1
EF (%)	20,2 ± 6,1	25,8 ± 13,6 *
MM (g)	300,5 ± 82,5	274,1 ± 59,8 *

p < 0,05

Tabelle 5: Mittels MRT gemessene linksventrikuläre Parameter bei 4 Patienten vor und nach alleiniger passiver Kardiomyoplastie

Parameter	Präoperativ	Postoperativ
EDV (ml)	333,5 ± 82,1	290,0 ± 93,4 *
ESV (ml)	273,5 ± 79,3	218,5 ± 88,7 *
SV (ml)	60,2 ± 7,0	71,5 ± 5,8 *
EF (%)	18,2 ± 4,6	26,0 ± 5,6 *
MM (g)	303,8 ± 82,5	293,2 ± 23,9 *

\* p < 0,05

Die hier vorgestellten Ergebnisse zeigen, dass die passive Kardiomyoplastie bereits im frühen postoperativen Verlauf eine Volumenreduktion des linken Ventrikels bei gleichzeitig ansteigender Ejektionsfraktion nach sich zieht. MRT und EBT sind als Schnittbildverfahren aufgrund ihrer anerkannt hohen Messgenauigkeit in der Lage, Änderungen der ventrikulären Größe und Leistung nach passiver Kardiomyoplastie nachzuweisen.

**Originalarbeit A**

Kivelitz DE, Enzweiler CN, Wiese TH, Lembcke A, Borges A, Zytowski M, Taupitz M, Hamm B. Bestimmung linksventrikulärer Funktionsparameter und der Myokardmasse: Vergleich von EBT und MRT. Fortschr Röntgenstr 2000; 172: 244-250.















**Originalarbeit B**

Kivelitz DE, Hotz H, Borges AC, Enzweiler CN, Wiese TH, Lembcke A, Konertz W, Baumann G, Hamm B. Linksventrikuläre Volumenreduktion: Prä- und postoperative Evaluierung mit der Cine MRT. Fortschr Röntgenstr 2001; 173: 336-340.









