

Aus dem Institut für Rechtsmedizin  
der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Der plötzliche Tod 15- bis 35-Jähriger aufgrund  
hypertropher Kardiomyopathie  
im rechtsmedizinischen Obduktionsgut Berlin

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité - Universitätsmedizin Berlin

von  
Diana Burdack  
aus Berlin

Gutachter:      1. Prof. Dr. med. H. Maxeiner  
                     2. Prof. Dr. med. R. Meyer  
                     3. Prof. Dr. med. T. Bajanowski

**Datum der Promotion: 29.01.2010**

***Für meinen Sonnenschein***

***Tim Alexander***

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS.....</b>	<b>4</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>6</b>
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>7</b>
1.1 KORONARE URSACHEN DES PLÖTZLICHEN HERZTODES .....	7
1.2 ANDERE KARDIALE URSACHEN DES PLÖTZLICHEN HERZTODES .....	9
1.3 HYPERTROPHE KARDIOMYOPATHIE.....	9
1.4 HERZTOD AUS UNGEKLÄRTER URSACHE.....	12
1.5 FRAGESTELLUNG .....	13
<b>2 MATERIAL UND METHODIK.....</b>	<b>14</b>
2.1 FALLMATERIAL .....	14
2.2 EINSCHLUSSKRITERIEN .....	14
2.3 LITERATUR.....	15
2.4 ANMERKUNGEN ZUR AUSWERTUNG .....	15
2.4.1 <i>Untersuchte Fälle</i> .....	15
2.4.2 <i>Beurteilung des Herzgewichtes</i> .....	16
2.4.3 <i>Erläuterung zur Bestimmung der Dauer des Todeseintrittes</i> .....	17
<b>3 ERGEBNISSE .....</b>	<b>18</b>
3.1 EPIDEMIOLOGISCHE DATEN .....	18
3.1.1 <i>Todesursachen</i> .....	18
3.1.2 <i>Erkrankungen im Nebenbefund</i> .....	20
3.1.3 <i>Fallgruppen</i> .....	21
3.2 ALTERS- UND GESCHLECHTSVERTEILUNG .....	25
3.2.1 <i>Fallgruppe A</i> .....	26
3.2.2 <i>Fallgruppe B</i> .....	26
3.2.3 <i>Fallgruppe C</i> .....	27
3.2.4 <i>Fallgruppe D</i> .....	27
3.3 HERZ- UND KÖRPERGEWICHT.....	29
3.3.1 <i>Fallgruppe A</i> .....	31
3.3.2 <i>Fallgruppe B</i> .....	32
3.3.3 <i>Fallgruppe C</i> .....	33
3.3.4 <i>Fallgruppe D</i> .....	35
3.4 MAKROSKOPISCHE UND MIKROSKOPISCHE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE .....	37
3.4.1 <i>Fallgruppe A</i> .....	39
3.4.2 <i>Fallgruppe B</i> .....	40
3.4.3 <i>Fallgruppe C</i> .....	41
3.4.4 <i>Fallgruppe D</i> .....	42

3.5 TOXIKOLOGISCHE UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE.....	44
3.5.1 Fallgruppe A.....	45
3.5.2 Fallgruppe B.....	46
3.5.3 Fallgruppe C.....	46
3.5.4 Fallgruppe D.....	47
3.6 AUFTRETEN VON SYMPTOMEN UND ZEITDAUER BIS ZUM TODESEINTRITT.....	48
3.6.1 Fallgruppe A.....	48
3.6.2 Fallgruppe B.....	49
3.6.3 Fallgruppe C.....	49
3.6.4 Fallgruppe D.....	50
3.7 FUNDORT.....	51
3.7.1 Fallgruppe A.....	51
3.7.2 Fallgruppe B.....	51
3.7.3 Fallgruppe C.....	52
3.7.4 Fallgruppe D.....	52
<b>4 DISKUSSION.....</b>	<b>53</b>
4.1 DER ‚PLÖTZLICHE HERZTOD‘ IN DER LITERATUR UND IM VERGLEICH.....	53
4.2 DISKUSSION DER ERGEBNISSE.....	59
4.3 PROBLEMATIK DER MESSWERTE.....	62
4.4 URSACHEN FÜR DEN ‚PLÖTZLICHEN HERZTOD“ BEI STRUKTURELL NORMALEN HERZEN 64	
<b>5 ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>67</b>
<b>6 LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>70</b>
<b>7 TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>73</b>
<b>8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>74</b>
<b>DANKSAGUNG.....</b>	<b>76</b>
<b>LEBENS LAUF.....</b>	<b>FEHLER! TEXTMARKE NICHT DEFINIERT.</b>
<b>ERKLÄRUNG AN EIDES STATT.....</b>	<b>78</b>

## **Abkürzungsverzeichnis**

a	Jahr
Abb.	Abbildung
ARVC bzw. ARVD	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie
BMI	Body-Mass-Index
bzw.	beziehungsweise
ca.	zirka
DCM	Dilatative Kardiomyopathie
EKG	Elektrokardiogramm
FG	Fallgruppe
g	Gramm
HCM	Hypertrophe Kardiomyopathie
HI-Virus/ HIV	human immunodeficiency virus
HG	Herzgewicht
HOCM	Hypertrophe obstruktive Kardiomyopathie
HNOCM	Hypertrophe nicht-obstruktive Kardiomyopathie
ICD-10	International Classification of Diseases 10
insg.	insgesamt
J.	Jahre
kg	Kilogramm
KG	Körpergewicht
KHK	Koronare Herzkrankheit
mm	Millimeter
n	Anzahl/ Fallzahl
s.o.	siehe oben
Tab.	Tabelle
u.a.	unter anderem
v.a.	vor allem
Vd.a.	Verdacht auf
VT	Ventrikuläre Tachykardie
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil
∅	Durchschnittswert

## **1 Einleitung**

Im rechtsmedizinischen Obduktionsgut sind kardial bedingte Todesfälle von Personen im jüngeren Lebensalter von erheblichem Interesse, da sie einen hohen Anteil von plötzlichen Herztodesfällen erklären, die zunächst aufgrund ihres unerwarteten Charakters den Ausschluss nicht-natürlicher Ursachen erforderlich machen [1].

Untersucht man die Herzen Betroffener, kann man verschiedene Ursachen ausmachen, die den plötzlichen Todesfall erklären. Dazu gehören z.B. die koronare Herzkrankheit (KHK) und die Myokarditis. Ein besonderes Augenmerk liegt dabei auf der hypertrophen Kardiomyopathie, welche als eine der Ursachen für den plötzlichen Herztod in der Literatur zunehmend diskutiert wird.

Die Definition der WHO für den plötzlichen Herztod lautet: „Natürlicher Tod, der sich innerhalb von 24 Stunden nach dem Auftreten erster kardialer Symptome ereignet“. Bei der Vielzahl von anderen existierenden Definitionen hat man sich jedoch auf einen weitgehenden Konsens geeinigt und die Definition erweitert. Demnach ist plötzlicher Herztod ein natürlicher Tod durch kardiale Ursache mit vorausgehendem plötzlichen Bewusstseinsverlust innerhalb einer Stunde nach Symptombeginn. Bei bereits zuvor bestehenden Erkrankungen des Herzens sind Art und Zeitpunkt des Todes unerwartet [European Society of Cardiology].

### **1.1 Koronare Ursachen des plötzlichen Herztodes**

Wie für den plötzlichen Herztod typisch, erfolgt der Todeseintritt aus anscheinend relativer Gesundheit. Eine hier bereits bestehende, aber meist unerkannte koronare Herzkrankheit kann dann Ursache von tödlichen Rhythmusstörungen sein – in erster Linie Kammerflimmern, das meist auf der Grundlage ventrikulärer Tachyarrhythmien (VT) entsteht. Auch der Tod durch Asystolie bzw. Bradyarrhythmie ist möglich.

Sind bei einem akuten Myokardinfarkt große Teile des Herzmuskelgewebes betroffen, kommt es zur akuten Herzinsuffizienz. Prinzipiell kann es in jeder Phase des Myokardinfarktes zum Auftreten tödlicher Rhythmusstörungen kommen.

Tabelle 1 Internationale Untersuchungen zum Thema 'Plötzlicher Herztod' <sup>\*1 \*2</sup>

Autor	Altersgruppe in Jahren	Fallzahl	Todesursachen
Corrado D et al. [3]	≤ 35	273	57 Kardiomyopathie (27 ARVC, 18 HCM, 12 DCM) (20,9%) 54 arteriosklerotische Koronarkrankheit (19,8%) 31 Klappenschaden (11,4%) 28 nicht-arteriosklerotische Koronarerkrankung (10,3%) 27 Myokarditis (9,9%) 24 Störung des Leitungssystems (8,8%) 17 Aortenruptur, Embolie (6,2%) 16 strukturell normal (5,9%) 9 ARVC (3,3%) 5 kongenitale Herzstörung (1,8%) 5 sonstige (1,8%)
Wisten A et al. [4]	15-35	181	38 strukturell normales Herz (21%) 32 arteriosklerotische Koronarkrankheit (17,7%) 22 dilatative Kardiomyopathie (12,2%) 19 hypertrophische Kardiomyopathie (10,5%) 19 Myokarditis (10,5%) 19 dissektiertes Aortenaneurysma (10,5%) 12 ARVC (6,6%) 7 Koronare Anomalien (3,9%) 6 postoperativer kongenitaler Herzfehler u.a. (3,3%) 4 Klappenfehler (2,2%) 3 Störung des Leitungssystems (1,7%)
Drory Y et al. [5]	9-39	162	73% kardial, 12% ungeklärte Ursache, 15% nicht kardial bedingt < 20 Jahre (n= 32) 22% Myokarditis 22% hypertrophische Kardiomyopathie 13% Störung des Leitungssystems 20-29 Jahre (n= 46) 24% arteriosklerotische Koronarkrankheit 22% Myokarditis 13% hypertrophische Kardiomyopathie ≥ 30 Jahre (n= 84) 58% KHK 11% Myokarditis
Doolan A et al. [6]	≤ 35	193	60 unklar (31,1%) 46 KHK (23,8%) 29 hypertrophische Kardiomyopathie/ unerklärte Linksherzhypertrophie (15%) 23 Myokarditis (11,9%) 21 sonstiges (Aortendissektion, ARVC) (10,9%) 14 kongenitaler Herzschaden (7,3%)
Bowker TJ et al. [7]	16-64	564	465 KHK (82,4%) 32 Linksherzhypertrophie (5,7%) 30 andere kardiale Ursache (5,3%) 26 unklare Ursache (n=1 mit Down-Syndrom, n=2 mit Drogennachweis unterhalb des toxischen Levels) (4,6%) 7 Alkoholabusus (1,2%) 4 Epilepsie (0,7%)

<sup>\*1</sup> Studien, die die untersuchte Altersgruppe (15 bis 35 Jahre) einschließen [3,4,5,6], sowie zum Vergleich eine Studie mit zusätzlich älteren Verstorbenen [7]

<sup>\*2</sup> Studien, die ausschließlich den kardial bedingten Tod untersuchen [3,4,6] und Studien, die alle nicht-traumatischen Todesursachen betrachten [5,7]

## **1.2 Andere kardiale Ursachen des plötzlichen Herztodes**

Andere kardiale Ursachen eines plötzlichen unerwarteten Herztodes können die Myokarditis, Störungen des Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems oder erworbene und seltener angeborene Herzklappenfehler sein.

Für gewöhnlich präsentiert sich z.B. die Myokarditis mit Anzeichen eines Verlustes der Pumpleistung und einer Ventrikeldilatation. Dennoch wurden auch Fälle beschrieben, in denen es bei Patienten mit Myokarditis zu tödlich verlaufenden ventrikulären Arrhythmien bei makroskopisch unauffälligen Herzen gekommen ist [8].

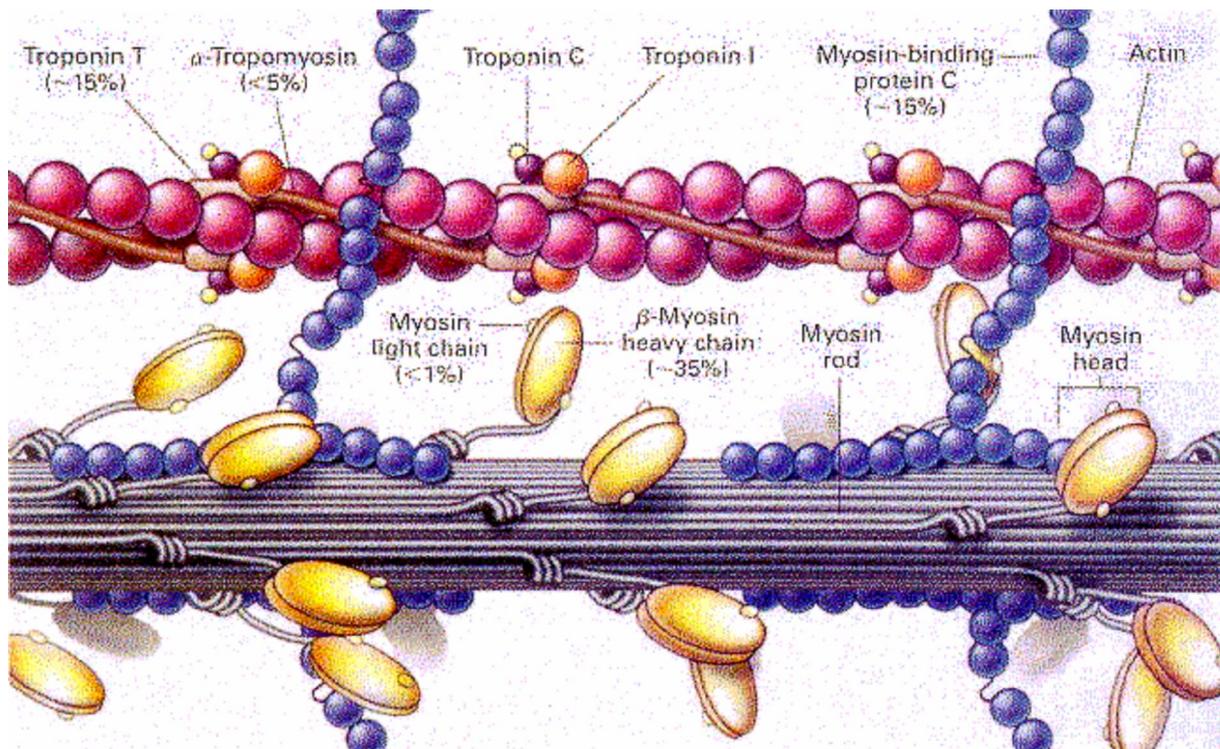
## **1.3 Hypertrophe Kardiomyopathie**

Kardiomyopathien sind Erkrankungen des Myokards, die auf einer strukturellen und/oder infiltrativen Veränderung des Myokards beruhen und mit einer kardialen Dysfunktion einhergehen [1,9].

Unterschieden werden u.a. die hypertrophe Kardiomyopathie (HCM), die dilatative Kardiomyopathie (DCM) und die arrhythmogene rechtsventrikuläre Dysplasie (ARVD). Die führende klinische Symptomatik besteht oft in einer Kardiomegalie mit Herzinsuffizienz. Bei den primären Kardiomyopathien ist die Ursache – abgesehen von den genetisch determinierten Formen – unklar oder zweifelhaft. Bei den sekundären Kardiomyopathien wird das Herz im Rahmen eines systemischen oder generalisierten Krankheitsprozesses mitbetroffen [10].

Die hypertrophe Kardiomyopathie stellt eine genetisch bedingte Hypertrophie der Herzmuskulatur im Bereich der Sarkomere dar [1]. Dank fortschreitender Entwicklung im Bereich der molekulargenetischen Diagnostik konnte man inzwischen verschiedene genetische Faktoren definieren, die eine hypertrophe Kardiomyopathie bedingen. Verantwortlich bei der Mehrzahl der Erkrankungen sind über 150 verschiedene Mutationen in mindestens elf Genen verschiedener Chromosomen, auf denen Proteine der Sarkomere kodiert sind. Dabei dominieren folgende drei Gene: die der  $\beta$ -Myosin-Schwerkette, des kardialen Troponins T und des Myosinbindungs-

proteins C [8]. Die verbleibenden Gene (u.a. Gene des kardialen Troponin I, der Myosin- Leichtkette, sowie der  $\alpha$ -Tropomyosin-,  $\alpha$ -Actin- und  $\alpha$ -Myosin-Schwerkette) sind nur für einen kleinen Anteil der Fälle von HCM verantwortlich. Eine molekulargenetische Aufklärung des krankheitsverursachenden Gens erlaubt jedoch keine Vorhersage des klinischen Phänotyps [11], da der gleiche Genotyp verschiedene Ausprägungen des Phänotyps hervorbringen kann.



**Abbildung 1 Schematische Darstellung der Sarkomerproteine [12]**

(Anm.: Die in Klammern eingefügten Prozentsätze geben die Häufigkeit der Mutationen bei HCM wieder)

Das Risiko von Patienten mit hypertropher Kardiomyopathie einem plötzlichen Herztod zu erliegen, wird auf 1% der Patienten pro Jahr geschätzt [8,13]. In Abhängigkeit vom Erkrankungsalter und bei bedeutsam symptomatischen Patienten kann die jährliche Mortalität 2-6% betragen [1,8].

Häufig kommt es bei diesen Patienten vor Todeseintritt nicht zur Diagnosestellung, da sie oft keine oder unspezifische Symptome, wie z.B. Angina pectoris oder Dyspnoe [13] zeigen und somit der Tod nicht selten die erste erkennbare Manifestation der Erkrankung darstellt. Weitere klinische Symptome können sein: Schwindelattacken, Synkopen, Herzbeklemmungen und Herzrhythmusstörungen in Form von Extrasystolen [14].

Risikofaktoren für einen plötzlichen Herztod bei hypertropher Kardiomyopathie sind 1. Kammerflimmern/ anhaltende ventrikuläre Tachykardien, 2. familiäre Häufung plötzlicher Todesfälle, 3. extreme linksventrikuläre Hypertrophie  $\geq 30\text{mm}$ , 4. Synkopen, 5. multiple nicht anhaltende VT, 6. unzureichender Blutdruckanstieg unter Belastung und 7. ein hoher Fibroseanteil des Myokards [8,11].

Bei Personen mit nur einem Risikofaktor wird die Sterblichkeitsrate auf ca. 1% geschätzt, liegen mindestens zwei Risikofaktoren vor, wird von einer Sterblichkeit von über 3% ausgegangen [11].

Die hypertrophe Kardiomyopathie kann obstruktiv (HOCM) und nicht-obstruktiv (HNOCM) verlaufen. Morphologisch geht die hypertrophe Kardiomyopathie typischerweise mit einer asymmetrischen linksventrikulären Hypertrophie einher. Meist betrifft es vor allem das basisnahe Septum (subaortale Septumhypertrophie), verursacht durch oder assoziiert mit einer Beteiligung des gesamten Mitralklappenapparates u.a. in Form einer systolischen Vorwärtsbewegung des vorderen Mitralklappen-segels. [10,11,15]. Als Folge kann es zur Obstruktion der linksventrikulären Ausflussbahn kommen. Bei allen Fällen mit einer Obstruktion sieht man neben der Septumhypertrophie eine gleichmäßige Hypertrophie der freien Wand des linken Ventrikels [10]. Ebenso tritt eine symmetrische Form der Hypertrophie auf.

Infolge der pathologisch veränderten Anordnung der Kardiomyozyten und der interstitiellen Fibrose können eine inhomogene Erregungsleitung bzw. ein Leitungsblock begünstigt werden und die Kontraktilität behindern [1].

Auch eine ischämische Schädigung des Herzmuskels ist offensichtlich Teil der Ätiologie des plötzlichen Herztodes bei dieser Erkrankung. Es wird davon ausgegangen, dass ein erhöhter intramuskulärer enddiastolischer Druck die Füllung der Koronargefäße behindert [1]. Außerdem kann es bei sehr starker Obstruktion aufgrund der sympathikotonen Erregbarkeit der obstruktiv-hypertrophen Abschnitte insbesondere bei starker körperlicher (z.B. Leistungssport) oder emotionaler Belastung dazu kommen, dass kurzfristig systolisch kein Volumen gefördert wird. Patienten mit einem derartigen Leiden sterben meist an einer der beschriebenen Situationen [14]. Zusätzlich zur Myokardischämie können ventrikeldynamische Veränderungen, sowie arrhythmogene Medikamenteneffekte zu Funktionsstörungen und zum plötzlichen Herztod führen.

In der Altersverteilung der Patienten mit hypertropher Kardiomyopathie zeigt sich, dass die subaortale Septumhypertrophie häufiger bei jüngeren Patienten vorkommt, während bei älteren Menschen eher die konzentrische Form anzutreffen ist [1]. Außerdem versterben die jüngeren Patienten öfter an einem plötzlichen Herztod, Ältere an einer zunehmenden Herzinsuffizienz [10].

#### **1.4 Herztod aus ungeklärter Ursache**

Neben den natürlichen herzbezogenen Ursachen sind plötzliche ventrikuläre Arrhythmien mit darauf folgendem Kammerflimmern auch im Finalzustand herz-unabhängiger Erkrankungen regelmäßig vorhanden. Das Kriterium des plötzlichen unerwarteten Todes wird hier allerdings seltener gegeben sein. In der forensischen Praxis sind vielmehr nicht-natürliche Ursachen wie Commotio cordis, Unfälle mit elektrischem Strom und Intoxikationen im Fall uneindeutiger herz-morphologischer Befunde gerade bei jüngeren Personen stets auszuschließen.

Daneben gibt es aber auch Fälle, bei denen es trotz makroskopischer, histologischer und toxikologischer Untersuchungen nicht möglich ist, eine klare Ursache für den plötzlichen Herztod zu ermitteln. Die Diagnose ‚Plötzlicher Herztod‘ muss dann über den Ausschluss anderer Todesursachen gestellt werden, bei Vorhandensein herztodtypischer, aber unspezifischer Symptome wie Dyspnoe, Thoraxschmerzen und Synkopen. Als Ursache nimmt man auch hier Herzrhythmusstörungen an, die über kein morphologisches Korrelat verfügen.

Von besonderem Interesse ist dies, wenn es junge, anscheinend gesunde Menschen betrifft, deren Todesursache nicht geklärt werden kann, da in diesem Personenkreis ganz überwiegend keine oder nur eine geringe Koronarsklerose vorliegt.

Verstärkt wird diese Problematik dadurch, dass gerade die Altersgruppe der 15- bis 35-Jährigen besonders häufig von ungeklärten plötzlichen Todesfällen betroffen ist und es keine einheitlichen Richtlinien gibt, an denen man sich zur rechtsmedizinischen Klassifizierung der Fälle orientieren kann. So zeigt sich in Studien zu kardialen bzw. vermuteten kardialen Todesursachen u.a. folgendes Beispiel: Obwohl in den meisten Untersuchungen ermittelt, wird z.B. das Herzgewicht nicht angegeben oder es geht aus der Diskussion nicht hervor, inwiefern es sich um eine Orientierung am absoluten oder relativen Herzgewicht handelt.

## 1.5 Fragestellung

Zielstellung dieser Doktorarbeit ist es, in Form einer retrospektiven Studie, anhand von Obduktionsprotokollen und Ermittlungsakten der Berliner rechtsmedizinischen Institute, Todesfälle an plötzlichem Herztod von Betroffenen zwischen dem 15. und 35. Lebensjahr zu untersuchen und nach ihren Ursachen zu klassifizieren.

Studien, die sich mit Todesfällen jüngerer Erwachsener an plötzlichem Herztod aufgrund von Kardiomyopathie und ungeklärter Ursachen beschäftigen, werden hinsichtlich ihrer Ein- und Ausschlusskriterien, der durchgeführten diagnostischen Maßnahmen wie Labor, Histologie und deren Ergebnisse miteinander verglichen. Sie dienen als Vergleichsmaterial für die Ergebnisse der Untersuchung der Sektionsakten, sowie der Beantwortung der Frage, wie die Wissenschaft mit dem Thema des plötzlichen Herztodes bei Erwachsenen aufgrund der hypertrophen Kardiomyopathie oder ungeklärter Ursachen umgeht und ob es analog dem ‚Sudden-infant-death-syndrom‘ ein entsprechendes Modell bei Erwachsenen gibt.

## **2 Material und Methodik**

### **2.1 Fallmaterial**

Die Grundlage für die vorliegende retrospektive Auswertung sind 11.535 Obduktionsprotokolle, aus dem Rechtsmedizinischen Institut Campus Benjamin Franklin (n= 2883), dem Rechtsmedizinischen Institut Campus Charité Mitte (n= 2787), sowie dem Landesinstitut für gerichtliche und soziale Medizin Berlin (n= 5865). Betrachtet wird der 5-Jahreszeitraum vom 1.Januar 2000 bis 31.Dezember 2004.

Dabei gilt besondere Beachtung den Fällen, die nachweislich oder vermutet akut an kardialen Ursachen verstorben sind.

Die Sektionsakten enthalten, soweit bei Erstellung verfügbar, den Polizeibericht mit Totenschein, die Befragung von Familie und Zeugen, das Obduktionsprotokoll, sowie wenn durchgeführt die Auswertung von Histologie und Toxikologie.

### **2.2 Einschlusskriterien**

Einschlusskriterien für die Fallauswahl waren

- a) die Zugehörigkeit zur Altersgruppe 15 bis 35 Jahre,
- b) 1. eine morphologisch nachweisbare natürliche Todesursache, die den plötzlichen Herztod bedingen kann,  
2. war kein morphologisches Substrat vorhanden, musste die Diagnose ‚Plötzlicher Herztod‘ nach dem Ausschlussprinzip (s.o.) gestellt werden können,
- c) die Angabe des Herzgewichtes,
- d) Angaben zu Körpergewicht und Körperlänge zur Berechnung des BMI.

Ausschlusskriterium war der toxikologische Nachweis einer zum Tode führenden Drogen- oder Alkoholintoxikation.

Ausgeschlossen wurden außerdem stark fäulnisveränderte Leichen.

## **2.3 Literatur**

Des Weiteren wurde in der MEDLINE-Datenbank für medizinische Publikationen nach Artikeln recherchiert, die sich mit Studien zu dem Thema ‚Plötzlicher Herztod‘ beschäftigten.

Verwendete Suchwörter waren: sudden unexpected, unexplained cardiac death, hypertrophic cardiomyopathy.

Kriterien für die Artikel, die im Rahmen der Literaturrecherche zum Thema plötzlicher Herztod untersucht wurden, waren

- a) eine Berücksichtigung der Altersgruppe 15 bis 35 Jahre,
- b) eine Auswertung der Todesursachen,
- c) Angaben zu den durchgeführten Untersuchungen wie Toxikologie und Histologie bzw.
- d) allgemein Studien, Reviews und Publikationen zur hypertrophen Kardiomyopathie.

Ausgeschlossen werden mussten Artikel, die sich nur auf wissenschaftlich bereits weitestgehend eindeutig geklärte Todesursachen wie die koronare Herzkrankheit bezogen.

## **2.4 Anmerkungen zur Auswertung**

### **2.4.1 Untersuchte Fälle**

Angesichts des verfügbaren Materials und unter Berücksichtigung der verschiedenen Definitionen für den ‚Plötzlichen Herztod‘, wurde für die Datenerfassung dieser Doktorarbeit die Zeitspanne, zwischen dem Auftreten erster Symptome, die einen baldigen Todeseintritt vermuten lassen und dem Todeseintritt, zunächst auf 6h erweitert und im Weiteren nach unten angepasst. War keine Person anwesend, die einen schnellen Todeseintritt bezeugen konnte, musste entsprechend der Aussagen in den Ermittlungsakten nachgewiesen sein, dass der Betroffene mindestens 24h vorher symptomlos war und es keine Hinweise für einen baldigen Todeseintritt gab.

Toxikologische und histologische Untersuchungen konnten nur berücksichtigt werden, wenn sie tatsächlich im Rahmen der Sektion vom Obduzenten veranlasst wurden. Die entsprechenden Ergebnisse wurden übernommen.

Ergänzende Untersuchungen konnten aufgrund der gegebenen Mittel und Möglichkeiten im Rahmen der Doktorarbeit nicht durchgeführt werden.

Eine Zuordnung zu den Fallgruppen ‚koronarer Herztod‘ (Fallgruppe A), ‚Hypertrophie des Herzens und hypertrophe Kardiomyopathie‘ (Fallgruppe B), ‚andere kardiale Ursachen‘ (Fallgruppe C) und ‚Tod aus ungeklärter Ursache‘ (Fallgruppe D) erfolgte gemäß der im Rahmen der Sektion bzw. in ergänzenden Untersuchungen, wie z.B. der Histologie, gestellten Diagnosen. Untergliedert wurden die Fälle in die Altersgruppen 20 Jahre und jünger, 21 bis 30 Jahre und älter als 30 Jahre.

#### **2.4.2 Beurteilung des Herzgewichtes**

Da das Gesamtherzgewicht beim Gesunden mit dem Körpergewicht und der Körpergröße korreliert und somit ein erhöhtes Herzgewicht bzw. eine Hypertrophie neben Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems auch auf einem erhöhten Körpergewicht beruhen kann, spielt der Body-Mass-Index (BMI) zur Charakterisierung der Fälle eine Rolle. Er wird nach folgender Formel berechnet:  $\text{Gewicht in kg} / (\text{Größe in m})^2$ .

Mit steigendem Körpergewicht nimmt der BMI zu. Bei Werten bis  $18,5 \text{ kg/m}^2$  liegt Untergewicht vor, zwischen  $18,5 - 24,9 \text{ kg/m}^2$  Normalgewicht, bei  $25 - 29,9 \text{ kg/m}^2$  Übergewicht, bei  $30 - 34,9 \text{ kg/m}^2$  Adipositas I. Grades, Werte bis  $39,9 \text{ kg/m}^2$  bedeuten Adipositas des II. Grades und Werte oberhalb von  $40 \text{ kg/m}^2$  Adipositas des III. Grades.

Um Herzgewicht und Körpergewicht ins Verhältnis zu setzen, gibt es das relative Herzgewicht, das aus dem Quotienten des absoluten Herzgewichtes in Gramm dividiert durch das Körpergewicht in Kilogramm berechnet und in Prozent angegeben wird. Der Normwert für das relative Herzgewicht beträgt für Frauen 0,49 % und für Männer 0,52 % [2].

Eine weitere Variante die Beziehung zwischen Körper- und Herzgewicht darzustellen, sind die Richtwerte nach Zschoch [10].

Demnach sollte ein Herz bei

- einem Normgewichtigen ca. 1/175 des Körpergewichtes,
- einem Untergewichtigen ca. 1/150 des Körpergewichtes und
- einem Übergewichtigen ca. 1/200 des Körpergewichtes

betragen.

Wiegt das Herz weniger als so errechnet, ist eine Hypertrophie unwahrscheinlich. Bei einem Wert von 50 g über dem errechneten Normgewicht, kann man von einer Hypertrophie ausgehen.

### **2.4.3 Erläuterung zur Bestimmung der Dauer des Todeseintrittes**

Entsprechend der Definitionen des plötzlichen Todes wurde versucht mit Hilfe von Totenscheinen und Zeugenaussagen die Dauer bis zum Todeseintritt zu rekonstruieren. Unterschieden wurden die Fälle zum einen, ob es vor dem Todeseintritt zu Symptomen wie Atemnot, Unwohlsein oder Schwindel kam, die auf eine akute Veränderung des Gesundheitszustandes und einem möglicherweise eintretenden Tod hätten hinweisen können. Zum anderen, nach der Dauer vom Beginn dieser eventuell aufgetretenen Beschwerden bis zum Todeseintritt.

Die Zeitangaben richteten sich dabei ausschließlich nach Zeugenaussagen. Wurden keine Beschwerden bei dem Verstorbenen beobachtet, galt die Zeitspanne vom letzten Kontakt mit dem Verstorbenen bis zu dem Auffinden der Leiche.

## **3 Ergebnisse**

### **3.1 Epidemiologische Daten**

Von den 11.535 in Form von Obduktionsprotokollen zu Verfügung stehenden Todesfällen erfüllten 158 Fälle die Einschlusskriterien des kardial bedingten oder ungeklärten - aber natürlichen – Todes im Alter von 15 bis 35 Jahren. Nach Ausschluss derjenigen Fälle, bei denen aufgrund fortgeschrittener Fäulnisveränderungen eine Beurteilung der Todesursache erschwert und nicht möglich war (n = 34) bzw. zweier Fälle, bei denen die Angabe zum Herzgewicht fehlte, gingen 122 der 158 Fälle (weiblich n = 35, männlich n = 87) in die Auswertung ein.

Bei weiteren 23 Fällen (weiblich n = 5; männlich n = 18) handelte es sich um Todesfälle mit der Todesursache ‚Krampfanfall‘ und ‚Stoffwechsellentgleisung‘, die einen möglichen Zusammenhang zum plötzlichen Herztod zeigen sollten. Somit gingen insgesamt 145 Fälle in die nähere Auswertung ein.

#### **3.1.1 Todesursachen**

Von den 145 Fällen waren, bezogen auf die Todesursache, 29 Fälle durch eine KHK, 17 Fälle durch eine Hypertrophie oder hypertrophe Kardiomyopathie, 40 Fälle durch andere kardiale Ursachen, sowie 36 Fälle durch ungeklärte Ursachen begründet. 15 Verstorbene erlitten einen Krampfanfall als Todesursache, in acht Fällen diagnostizierte man eine Stoffwechsellentgleisung.

Zu den kardialen Erkrankungen zählten unter Ausschluss der koronaren Herzkrankheit und der Hypertrophie des Herzens bzw. hypertrophen Kardiomyopathien, die dilatativen und sonstigen Kardiomyopathien (n = 7), die Myokarditis (n = 19), nicht-arteriosklerotische Pathologien der Koronarien (n = 1), Klappenfehler inklusive eines schwereren Herzfehlers mit Klappendefekt (n = 3), sowie Störungen des Erregungsbildungs- und –leitungssystems und andere (n = 10).

Tabelle 2 Verteilung der Todesursachen im Gesamtkollektiv

Todesursache	Fall- gruppe	Fallzahl (%) [prozentualer Anteil von 145 Fällen]	Altersgruppen in Jahren		
			15-20	21-30	31-35
Koronar	A	29 (20 %)	-	6	23
Hypertrophie/ hypertrophe Kardiomyopathie	B	17 (11,7 %)	4	7	6
Weitere kardiale Todesursachen	C	40 (27,6 %)	9	19	12
unklar	D	36 (24,8 %)	5	11	20
Krampfanfall		15 (10,3%)	1	8	6
Stoffwechsellentgleisung		8 (5,5%)	-	1	7

Besondere Beachtung im Rahmen der kardialen Ursachen des plötzlichen Todes galt der Hypertrophie und hypertrophen Kardiomyopathie, so dass dieser Todesursache neben der koronaren Herzkrankheit eine eigene Fallgruppe zugeordnet wurde.

Im Gesamtuntersuchungsgut fiel bei 23 Verstorbenen (♀ n= 6, ♂ n= 17) in der makroskopischen Untersuchung eine deutliche Hypertrophie des Herzens auf bzw. wurde als Todesursache eine Kardiomyopathie diagnostiziert. Diese 23 Fälle einer primär nicht näher bestimmten Kardiomyopathie setzten sich zusammen aus 17 Fällen (♀ n= 2, ♂ n= 15) einer Hypertrophie/hypertrophen Kardiomyopathie und sechs Fällen einer dilatativen Kardiomyopathie (die alkoholische Kardiomyopathie subsummiert). Bei einem Fall handelte es sich um eine Kardiomyopathie bei systemischen Carnitinmangel.

Somit waren insgesamt 12 % aller untersuchten Fälle (n= 17 von 145) im Rahmen einer Herzhypertrophie bzw. aufgrund einer hypertrophen Kardiomyopathie verstorben.

Bezogen auf alle in der Todesursachenstatistik von Berlin erfassten Todesfälle (traumatisch, nicht-traumatisch, Intoxikation etc.) in der Altersgruppe der 15- bis 35-Jährigen (n= 2.395; siehe Tab. 12 Seite 57 [16]) entsprachen diese 17 Fälle einem Anteil von 0,7 %. Bezogen auf alle das Herz-Kreislaufsystem betreffenden Todesursachen in dieser Altersgruppe (n= 176; siehe Tab. 12 Seite 57 [16]) einen Anteil von 10 %.

### 3.1.2 Erkrankungen im Nebenbefund

In acht dieser 17 untersuchten Fälle mit Herzhypertrophie und hypertropher Kardiomyopathie war eine Herzerkrankung bekannt, in vier Fällen konnte sie von Angehörigen ausgeschlossen und in fünf Fällen konnten keine Angaben gemacht werden. Bei einem der Fälle mit bekannter Herzerkrankung, war auch eine Herzerkrankung in der Familie bekannt.

Bei den Todesfällen mit ungeklärter Ursache war in drei Fällen bei den Verstorbenen bereits im Vorfeld eine Erkrankung am Herzen bekannt (n= 2 Herzrhythmusstörungen, n= 1 pathologische Veränderung des Klappenapparates), bei fünf verstorbenen Personen wurde dies durch Angehörige bzw. Zeugen verneint.

Bei zwei Verstorbenen bestand ein arterieller Hypertonus; in sechs Fällen konnte dieser aber durch Angehörige ausgeschlossen werden.

Des Weiteren ergab die Befragung der Angehörigen und anwesenden Personen verschiedene weitere Erkrankungen. In sieben Fällen litten die Verstorbenen an Epilepsie, zwei weibliche Verstorbene hatten eine Essstörung in Form einer Anorexia nervosa, drei verstorbene Personen litten an Asthma sowie eine Person an Schizophrenie.

In drei Fällen war ein Diabetes mellitus bekannt. Bei fünf Verstorbenen wurde dies verneint.

### 3.1.3 Fallgruppen

#### 3.1.3.1 Fallgruppe A

Tabelle 3 Übersicht der Fallgruppe ‚koronarer Herztod‘

a-	Alter in a	Geschlecht	HG in g	KG in kg	BMI	Klassen des BMI	Relatives Herzgewicht in %	Herz- gewicht n. Zschoch in g
1	33	männlich	480	92	28,4	Übergewicht	0,52	460
2	35	männlich	400	69	23,1	Normalgewicht	0,58	394
3	34	männlich	330	68	24,4	Normalgewicht	0,49	389
4	26	männlich	370	90	27,8	Übergewicht	0,41	450
5	30	männlich	320	88	28,1	Übergewicht	0,36	440
6	33	männlich	<b>630</b>	110	32,5	Adipositas I.	<b>0,57</b>	<b>550</b>
7	34	männlich	470	86	27,8	Übergewicht	0,55	430
8	25	männlich	390	60	19,8	Normalgewicht	0,65	343
9	35	männlich	350	78	28,3	Übergewicht	0,45	390
10	35	männlich	<b>510</b>	86	26,5	Übergewicht	<b>0,59</b>	<b>430</b>
11	32	männlich	420	70	21,8	Normalgewicht	0,60	400
12	33	männlich	400	78	29,7	Übergewicht	0,51	390
13	29	männlich	275	58	19,2	Normalgewicht	0,47	331
14	33	männlich	420	77	24,9	Normalgewicht	0,55	440
15	32	männlich	385	72	23,8	Normalgewicht	0,53	411
16	35	männlich	470	92	29,0	Übergewicht	0,51	460
17	30	männlich	<b>620</b>	124	36,6	Adipositas II.	0,50	620
18	33	männlich	<b>540</b>	77	24,6	Normalgewicht	<b>0,70</b>	<b>440</b>
19	33	männlich	<b>511</b>	132	37,0	Adipositas II.	0,39	660
20	32	männlich	452	71	21,2	Normalgewicht	0,64	406
21	32	männlich	385	79	26,7	Übergewicht	0,49	395
22	31	männlich	381	88	31,2	Adipositas I.	0,43	440
23	34	männlich	446	98	27,1	Übergewicht	0,46	490
24	34	männlich	<b>830</b>	94	24,2	Normalgewicht	<b>0,88</b>	<b>537</b>
25	35	weiblich	320	61	24,1	Normalgewicht	0,52	349
26	33	weiblich	410	126	42,6	Adipositas III.	0,33	630
27	34	weiblich	340	68	25,3	Übergewicht	0,50	340
28	35	weiblich	250	54	21,1	Normalgewicht	0,46	309
29	28	weiblich	380	124	41,0	Adipositas III.	0,31	620

## 3.1.3.2 Fallgruppe B

Tabelle 4 Übersicht über die Fallgruppe ‚Herzhypertrophie/hypertrophe Kardiomyopathie‘

b-	Alter in a	Geschlecht	HG in g	KG in kg	BMI	Klassen des BMI	Linke Ventrikel- stärke in mm	relatives Herz- gewicht in %	Herz- gewicht n. Zschoch in g
1	17	männlich	370	69	20,4	Normalgewicht	19	0,54	394
2	19	männlich	410	75	24,5	Normalgewicht	19	0,55	429
3	19	männlich	410	63	22,3	Normalgewicht	17	<b>0,65</b>	<b>360</b>
4	20	männlich	<b>557</b>	71	21,7	Normalgewicht	31	<b>0,78</b>	<b>406</b>
5	24	männlich	490	82	25,9	Übergewicht	14	0,6	<b>410</b>
6	24	männlich	<b>610</b>	135	34,9	Adipositas I.	14	0,45	675
7	24	männlich	<b>630</b>	147	38,3	Adipositas II.	k.A. <sup>*3</sup>	0,43	735
8	25	männlich	340	63	17,1	Untergewicht	13	0,54	420
9	30	weiblich	410	53	19,2	Normalgewicht	18	<b>0,77</b>	<b>303</b>
10	30	männlich	450	92	26,3	Übergewicht	18	0,49	460
11	32	männlich	<b>515</b>	76	22	Normalgewicht	20	<b>0,68</b>	<b>434</b>
12	32	männlich	<b>564</b>	97	29,3	Übergewicht	20	0,58	<b>485</b>
13	34	männlich	<b>575</b>	63	22,1	Normalgewicht	27	<b>0,91</b>	<b>360</b>
14	34	männlich	<b>880</b>	112	29,5	Übergewicht	14	<b>0,79</b>	<b>560</b>
15	35	männlich	<b>720</b>	76	23,2	Normalgewicht	17	<b>0,95</b>	<b>434</b>
16	35	männlich	<b>730</b>	108	37,8	Adipositas II.	20	<b>0,68</b>	<b>540</b>
17	22	weiblich	<b>500</b>	150	51,9	Adipositas III.	17	0,33	750

\*<sup>3</sup> k.A. keine Angabe

## 3.1.3.3 Fallgruppe C

Tabelle 5 Übersicht der Fallgruppe mit sonstigen kardialen Todesursachen

C-	Alter	Geschlecht	Todes- ursache <sup>*4</sup>	HG in g	KG in kg	BMI	Klassen des BMI	Relatives Herzgewicht in %
1	35	weiblich	I	280	62	23,6	Normalgewicht	0,45
2	23	weiblich	I	450	62	20,2	Normalgewicht	0,73
3	21	weiblich	I	470	70	26,0	Übergewicht	0,67
4	33	weiblich	I	664	70	24,8	Normalgewicht	0,95
5	19	weiblich	I	737	78	25,5	Übergewicht	0,94
6	25	männlich	I	352	74	23,4	Normalgewicht	0,48
7	27	männlich	I	593	71	21,0	Normalgewicht	0,84
8	21	weiblich	II	238	56	22,4	Normalgewicht	0,43
9	22	weiblich	II	250	55	17,8	Untergewicht	0,45
10	20	weiblich	II	283	67	22,1	Normalgewicht	0,42
11	26	weiblich	II	290	63	22,9	Normalgewicht	0,46
12	33	weiblich	II	333	63	20,3	Normalgewicht	0,53
13	18	männlich	II	186	24	10,4	Untergewicht	0,78
14	21	männlich	II	280	73	22,5	Normalgewicht	0,38
15	19	männlich	II	322	68	21,5	Normalgewicht	0,47
16	28	männlich	II	400	75	23,1	Normalgewicht	0,53
17	23	männlich	II	400	74	20,3	Normalgewicht	0,54
18	34	männlich	II	400	87	24,4	Normalgewicht	0,46
19	23	männlich	II	404	72	26,1	Übergewicht	0,56
20	18	männlich	II	410	107	34,9	Adipositas I	0,38
21	23	männlich	II	410	76	24,0	Normalgewicht	0,54
22	35	männlich	II	430	92	25,8	Übergewicht	0,47
23	33	männlich	II	460	82	28,7	Übergewicht	0,56
24	24	männlich	II	470	80	24,4	Normalgewicht	0,59
25	25	männlich	II	472	77	21,3	Normalgewicht	0,61
26	32	männlich	II	520	100	31,2	Adipositas I	0,52
27	22	männlich	III	336	78	22,1	Normalgewicht	0,43
28	34	männlich	IV	500	98	28,0	Übergewicht	0,51
29	29	männlich	IV	590	100	29,9	Übergewicht	0,59
30	30	männlich	IV	1.049	59	18,0	Untergewicht	1,78
31	34	weiblich	V	200	57	28,3	Übergewicht	0,35
32	33	weiblich	V	220	44	17,2	Untergewicht	0,50
33	20	weiblich	V	380	66	22,6	Normalgewicht	0,58
34	18	männlich	V	336	67	22,1	Normalgewicht	0,50
35	17	männlich	V	337	62	19,1	Normalgewicht	0,54
36	25	männlich	V	407	77	21,8	Normalgewicht	0,53
37	34	männlich	V	430	102	31,8	Adipositas I.	0,42
38	33	männlich	V	485	72	22,0	Normalgewicht	0,67
39	20	männlich	V	593	63	22,6	Normalgewicht	0,94
40	30	männlich	V	600	68	19,7	Normalgewicht	0,88

\*4  
 I Dilative und sonstige Formen der Kardiomyopathie  
 II Myokarditis  
 III Koronarpathologie  
 IV Klappenfehler  
 V Störungen des Erregungsbildungs- und -leitungssystems u.a.

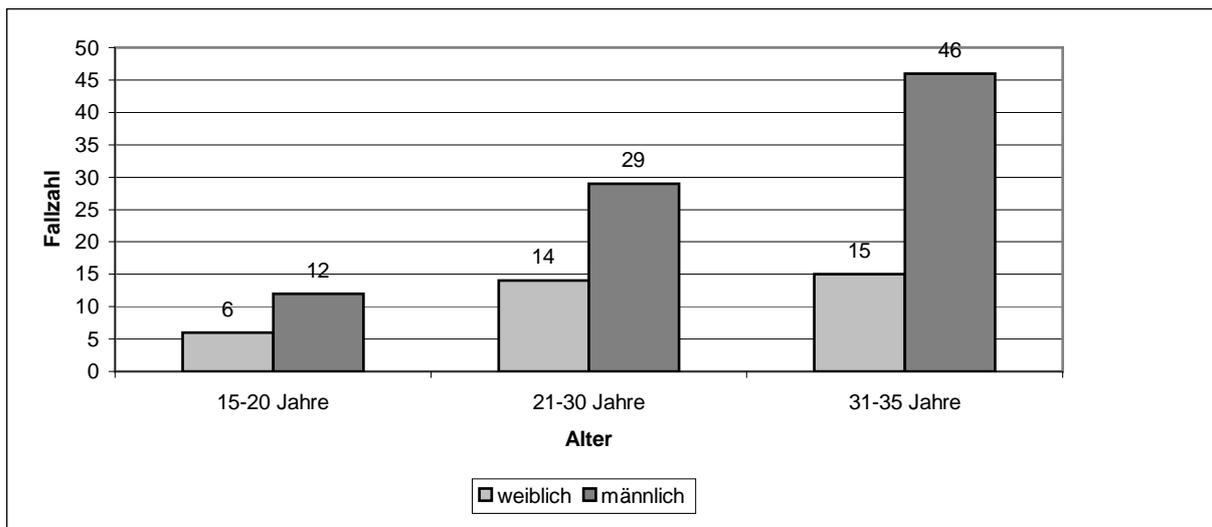
## 3.1.3.4 Fallgruppe D

Tabelle 6 Übersicht der Fallgruppe ‚ungeklärte Todesursache‘

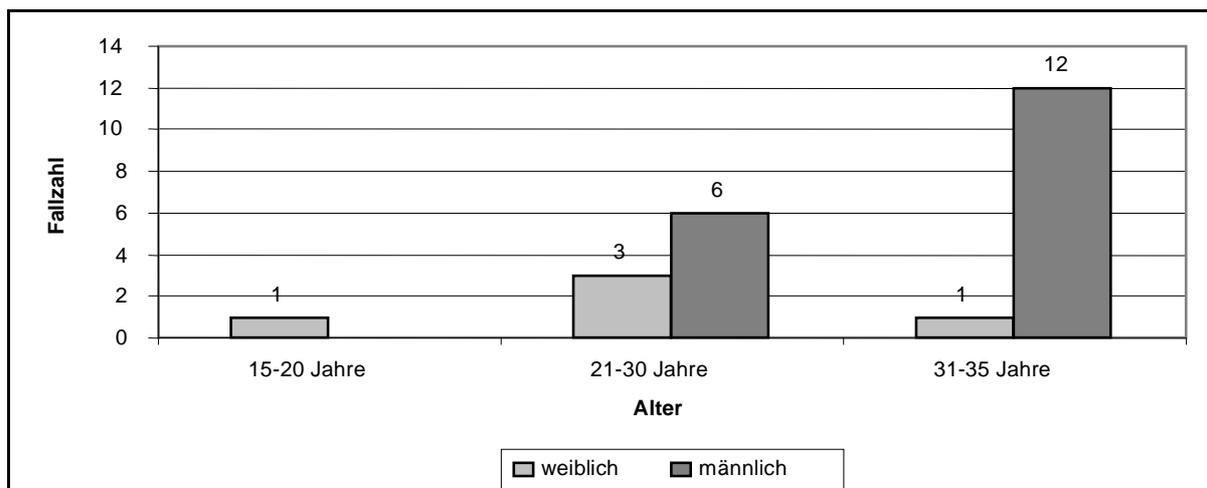
d-	Alter in a	Geschlecht	HG in g	KG in g	BMI	Klassen des BMI	Relatives Herz- gewicht in %	Herz- gewicht n. Zschoch in g	Neben- diagnosen
1	21	weiblich	257	63	21,8	Normalgewicht	0,41	360	
2	26	weiblich	194	47	17,7	Untergewicht	0,41	313	Epilepsie
3	35	weiblich	300	57	20,7	Normalgewicht	0,53	326	Alkohol. Fettleber
4	16	weiblich	272	58	20,8	Normalgewicht	0,47	331	Asthma
5	23	weiblich	215	64	22,4	Normalgewicht	0,34	366	Diab.m.
6	31	weiblich	250	57	21,7	Normalgewicht	0,44	326	
7	21	weiblich	265	50	18,8	Normalgewicht	0,53	286	Anorexie
8	34	weiblich	240	57	19,5	Normalgewicht	0,42	326	
9	32	männlich	455	68	22,0	Normalgewicht	0,67	389	Schizo- phrenie
10	35	männlich	435	104	35,2	Adipositas II.	0,42	520	
11	34	weiblich	345	77	28,3	Übergewicht	0,45	385	Epilepsie
12	31	weiblich	413	102	33,3	Adipositas I.	0,40	510	Asthma
13	15	weiblich	284	71	23,2	Normalgewicht	0,40	406	
14	32	männlich	385	52	19,8	Normalgewicht	<b>0,74</b>	<b>297</b>	Epilepsie
15	29	männlich	320	51	18,3	Untergewicht	0,63	340	Alkohol. Fettleber
16	34	männlich	270	56	18,9	Normalgewicht	0,48	320	Alkohol. Fettleber
17	31	männlich	460	83	25,3	Übergewicht	0,55	415	Asthma
18	31	männlich	310	60	21,0	Normalgewicht	0,52	343	
19	34	männlich	413	77	27,0	Übergewicht	0,54	385	
20	22	männlich	480	87	23,4	Normalgewicht	0,55	497	
21	35	männlich	410	77	24,0	Normalgewicht	0,53	440	
22	33	männlich	384	71	19,9	Normalgewicht	0,54	406	
23	15	männlich	350	68	21,0	Normalgewicht	0,51	389	
24	34	weiblich	290	46	19,1	Normalgewicht	0,63	263	Epilepsie
25	24	weiblich	220	56	19,2	Normalgewicht	0,39	320	Anorexie
26	17	weiblich	290	84	30,5	Adipositas I.	0,35	420	
27	28	weiblich	400	118	38,5	Adipositas II.	0,34	590	
28	28	männlich	230	41	14,2	Untergewicht	0,56	273	Epilepsie
29	20	männlich	390	72	22,7	Normalgewicht	0,54	411	Epilepsie
30	32	männlich	480	80	26,1	Übergewicht	<b>0,60</b>	<b>400</b>	Alkohol. Fettleber
31	33	männlich	380	82	27,7	Übergewicht	0,46	410	Alkohol. Fettleber
32	32	männlich	420	82	23,7	Normalgewicht	0,51	469	Epilepsie Diab.m.
33	35	männlich	330	60	21,8	Normalgewicht	0,55	343	Diab.m.
34	23	männlich	320	64	20,7	Normalgewicht	0,50	366	
35	34	männlich	480	90	27,5	Übergewicht	0,53	450	
36	21	männlich	340	73	23,8	Normalgewicht	0,47	417	

### 3.2 Alters- und Geschlechtsverteilung

Das durchschnittliche Alter aller untersuchten Fälle bei einer Altersspanne von 15 bis 35 Jahre betrug 28 Jahre (♀ 27 Jahre, ♂ 29 Jahre). Sah man sich die Altersgruppen der 15- bis 20-Jährigen, der 21- bis 30-Jährigen und der 31- bis 35-Jährigen an, so zeigte sich folgende Verteilung:



**Abbildung 2 Altersverteilung der Fälle mit unerwarteter kardialer und ungeklärter Todesursache**



**Abbildung 3 Altersverteilung der Todesursachen Krampfanfall und Stoffwechsellentgleisung**

### 3.2.1 Fallgruppe A

Im Gesamtkollektiv verstarben 29 Personen (♀ n= 5, ♂ n= 24) im Alter zwischen 15 und 35 Jahren am koronaren Herztod. Das Durchschnittsalter betrug 32 Jahre (♀ 33 Jahre, ♂ 32 Jahre) bei einer Altersspanne von 22 bis 35 Jahren.

Verglichen mit dem Durchschnittswert des gesamten Untersuchungsgutes (28 Jahre) und bezogen auf die beiden Geschlechter (♀ 27 Jahre, ♂ 29 Jahre), lag dieses Ergebnis deutlich oberhalb des Altersdurchschnittes.

23 Betroffene (77 %) waren älter als 30 Jahre; dies entsprach 31 % (23 von 74) der über 30-Jährigen des gesamten Fallmaterials.

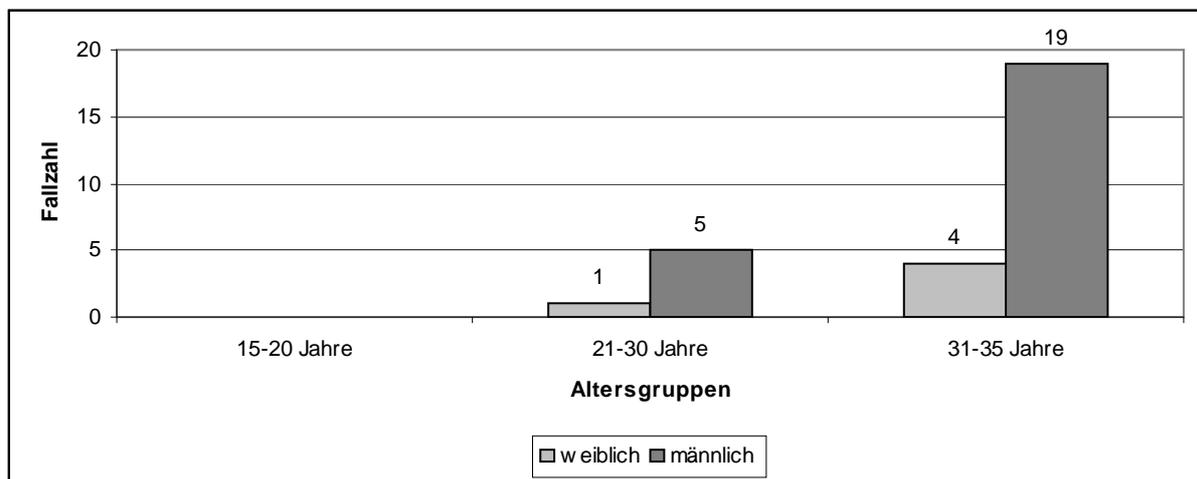


Abbildung 4 Altersgruppen bei koronarer Todesursache

### 3.2.2 Fallgruppe B

Betrachtete man die Fälle mit Hypertrophie des Herzens und hypertropher Kardiomyopathie, betrug das Durchschnittsalter dieser Untergruppe 27 Jahre (♀ 26 Jahre, ♂ 27 Jahre), in der Altersspanne von 17 bis 35 Jahren. Die Untersuchungsgruppe setzte sich zusammen aus 15 männlichen Verstorbenen und zwei weiblichen Verstorbenen.

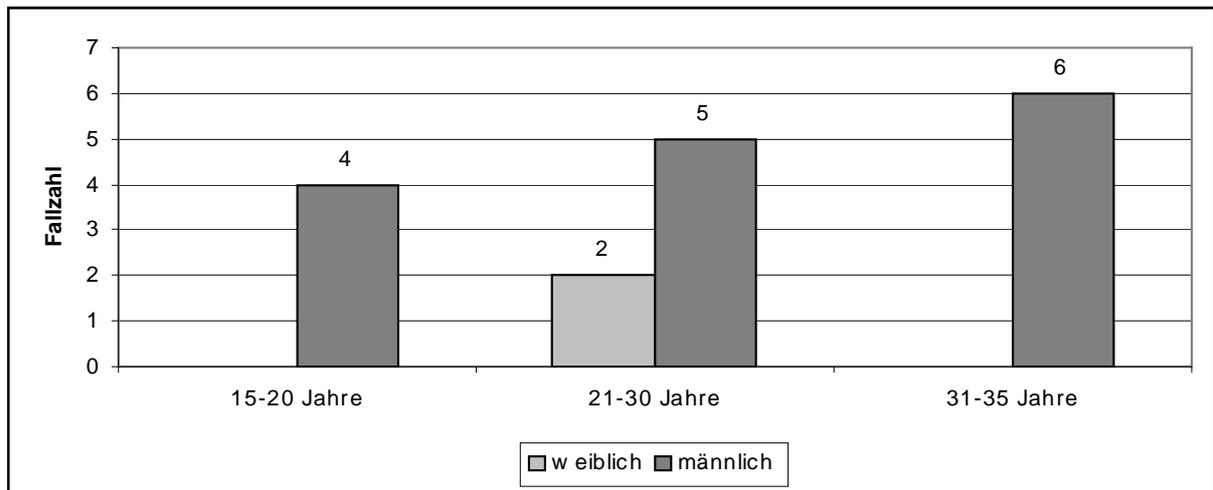


Abbildung 5 Altersverteilung der Fallgruppe 'Hypertrophie/Hypertrophe Kardiomyopathie'

### 3.2.3 Fallgruppe C

Die 40 Fälle der Fallgruppe mit kardialer Todesursache setzten sich zusammen aus 13 Frauen und 27 Männern.

Das Durchschnittsalter betrug 26 Jahre bei einer Altersspanne von 17 bis 35 Jahren. Bezogen auf die Geschlechter, betrug das Durchschnittsalter ebenfalls 26 Jahre. Dabei teilten sich die Altersgruppen wie folgt auf:

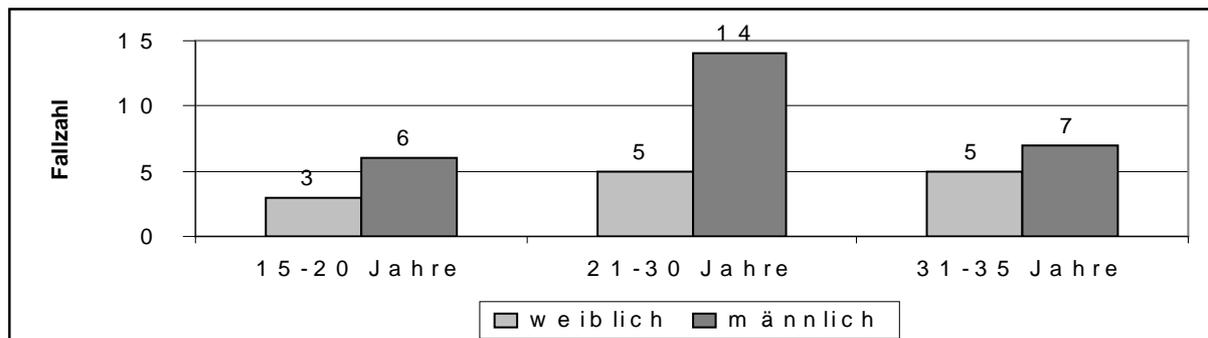
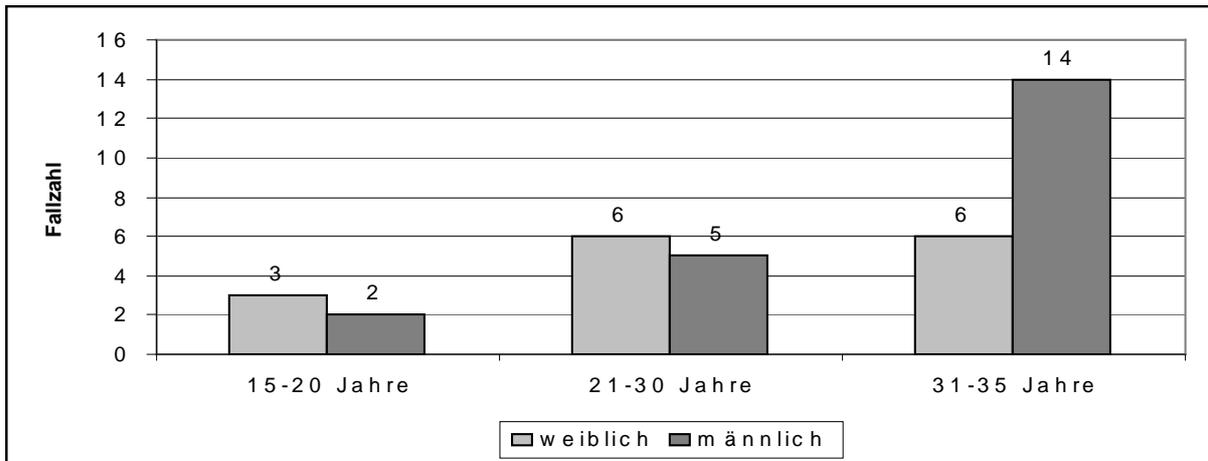


Abbildung 6 Altersverteilung der Fallgruppe des kardial bedingten Todes

### 3.2.4 Fallgruppe D

Die Fallgruppe der ungeklärten Todesursache teilte sich auf in 15 weibliche Verstorbene und 21 männliche Verstorbene. Das Durchschnittsalter dieser Gruppe betrug 28 Jahre (♀ 26 Jahre, ♂ 29,6 Jahre). Auf die verschiedenen Altersgruppen

bezogen, verteilte sich die Untersuchungsgruppe wie in folgender Abbildung dargestellt:



**Abbildung 7 Altersverteilung der Fallgruppe mit ungeklärter Todesursache**

### 3.3 Herz- und Körpergewicht

Das durchschnittliche Herzgewicht aller selektierten Fälle betrug 409 g (♀ 329 g, ♂ 439 g); der geringste Wert lag bei 194 g und der höchste bei 1049 g. Das kritische Herzgewicht von 500 g wurde im Untersuchungsgut in 27 Fällen (♀ n = 3, ♂ n = 24) erreicht bzw. überschritten.

Bei den Männern lag das Herzgewicht meist zwischen 300 und 499 g (70 %), bei den Frauen zwischen 200 und 299 g (53 %).

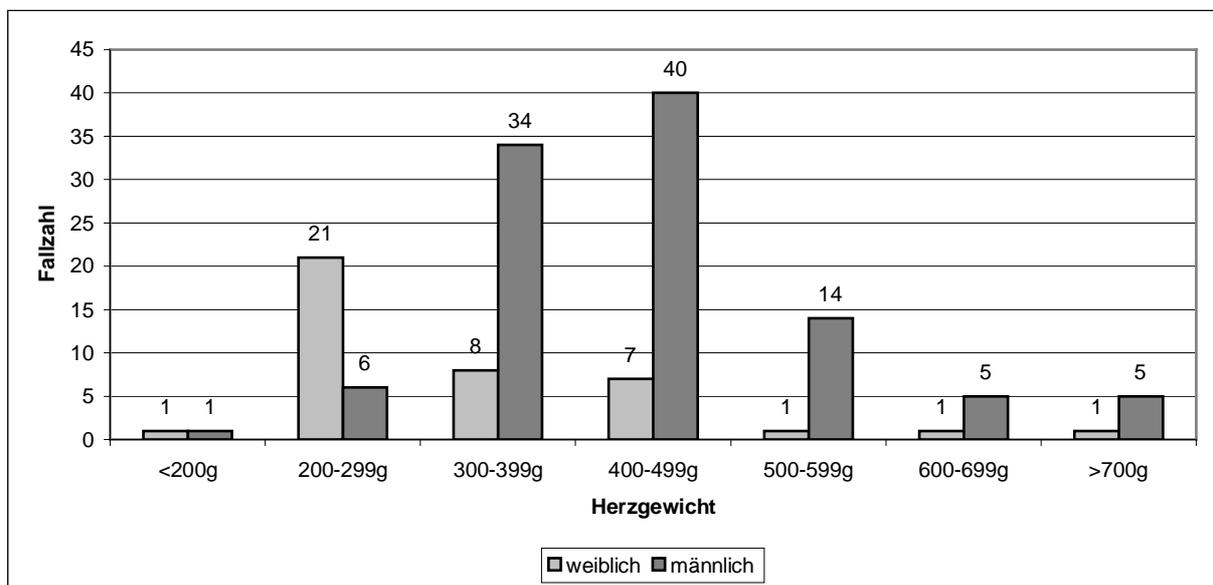


Abbildung 8 Verteilung des Herzgewichtes im Gesamtkollektiv

Wurden die Todesfälle mit der Todesursache ‚Krampfanfall‘ und ‚Stoffwechselentgleisung‘ ausgeschlossen, betrug das durchschnittliche Herzgewicht 417 g (♀ 333 g, ♂ 451 g) und das kritische Herzgewicht wurde in 25 Fällen erreicht bzw. überschritten (♀ n = 3, ♂ n = 22).

Das Körpergewicht im Gesamtuntersuchungsgut betrug durchschnittlich 77,4 kg (♂ 79,4 kg; ♀ 72,2 kg).

Die Verteilung des BMI in allen untersuchten Fällen zeigt Abb. 9 Seite 30.

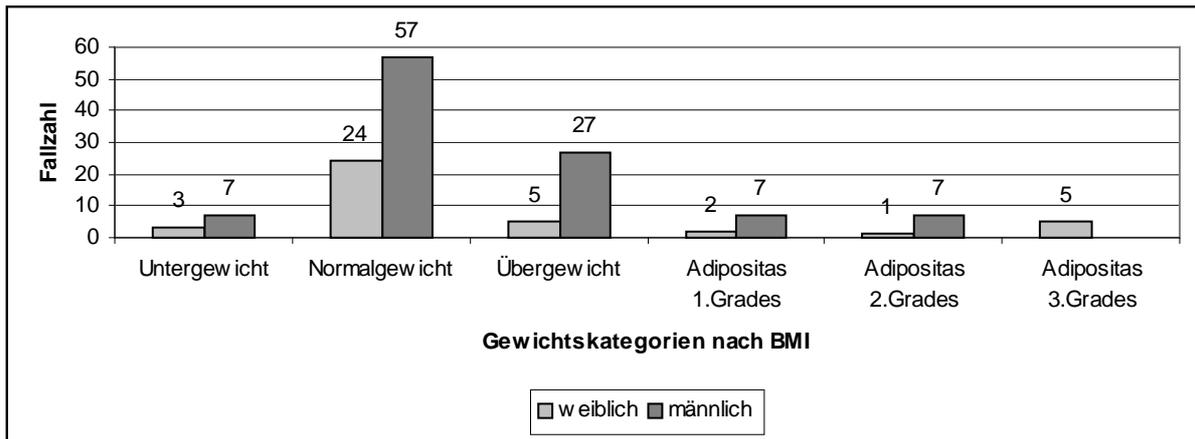


Abbildung 9 Verteilung des BMI im Gesamtuntersuchungsgut

Bei der prozentualen Verteilung von Normal- und Übergewicht im gesamten untersuchten Fallmaterial ergaben sich damit folgende Werte:

Tabelle 7 Verteilung von Normal- und Übergewicht/ Adipositas im Gesamtkollektiv

	♀ (n = 40)	♂ (n = 105)
Normalgewicht	60 %	54 %
Übergewicht	12,5 %	26 %
Adipositas Grad 1 - 3	20%	13 %

Bezogen auf das Untersuchungsgut betrug das relative Herzgewicht im Durchschnitt 0,48 % für Frauen und 0,56 % für Männer. Bei Ausschluss der Todesfälle mit der Todesursache ‚Krampfanfall‘ und ‚Stoffwechsellentgleisung‘ erhöhten sich die Werte für die Frauen auf 0,49 % und für die Männer auf 0,58 %.

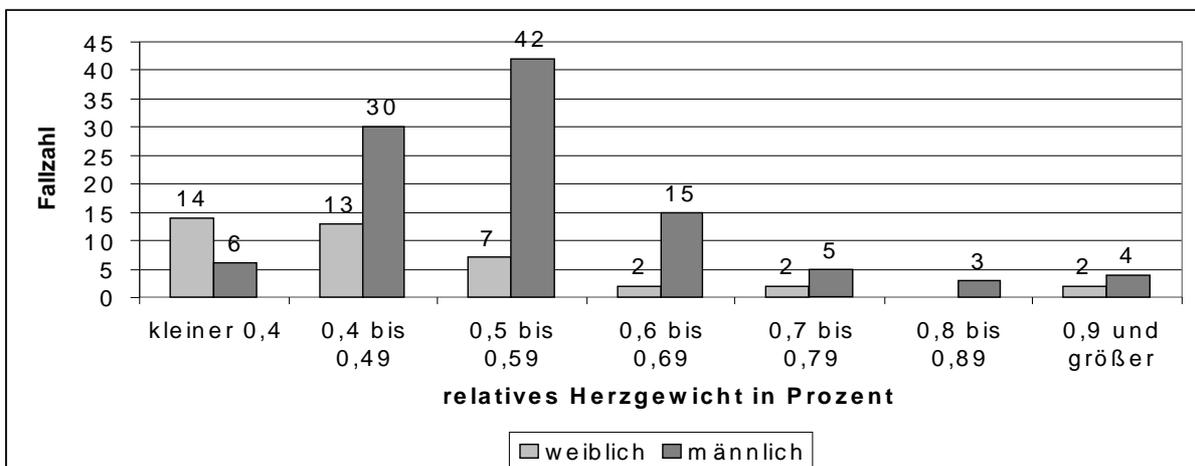


Abbildung 10 Verteilung des relativen Herzgewichtes im Gesamtuntersuchungsgut

Absolut wurde der Normwert des relativen Herzgewichtes von 0,49 % [2] bei den Frauen in 13 von 40 Fällen (33 % des weiblichen Anteils des Untersuchungsgutes) überschritten, davon in sechs Fällen (15 % des weiblichen Anteils des Untersuchungsgutes) um mehr als 0,1 %. Bei den Männern wurde der Normwert des relativen Herzgewichtes von 0,52 % [2] in 57 von 105 Fällen (54 % des männlichen Anteils des untersuchten Obduktionsgutes) überschritten. In 21 Fällen (20 % des männlichen Anteil des untersuchten Obduktionsgutes) um mehr als 0,1 %.

Stellte man dieses Ergebnis dem BMI gegenüber, zeigte sich z.B. bei diesen 13 Frauen, die das relative Herzgewicht überschritten hatten, ein Fall von Untergewicht, neun Fälle von Normalgewicht (davon  $n=4$  um  $>0,1\%$ ) und drei Fälle mit leichtem Übergewicht (davon  $n=2$  um  $>0,1\%$ ). So dass die Ursache für das erhöhte Herzgewicht nicht in allen Fällen unbedingt auf ein erhöhtes Körpergewicht zurückzuführen war.

### 3.3.1 Fallgruppe A

Das durchschnittliche Herzgewicht des Teilkollektives der Fallgruppe A betrug 431 g (♀ 340 g, ♂ 449 g); der niedrigste Wert lag bei 250 g und der höchste bei 830 g.

Das kritische Herzgewicht von 500 g wurde in sechs Fällen (♂  $n=6$ ) (= 22 % der Fälle mit einem Herzgewicht  $\geq 500$  g des Gesamtkollektives) erreicht bzw. überschritten.

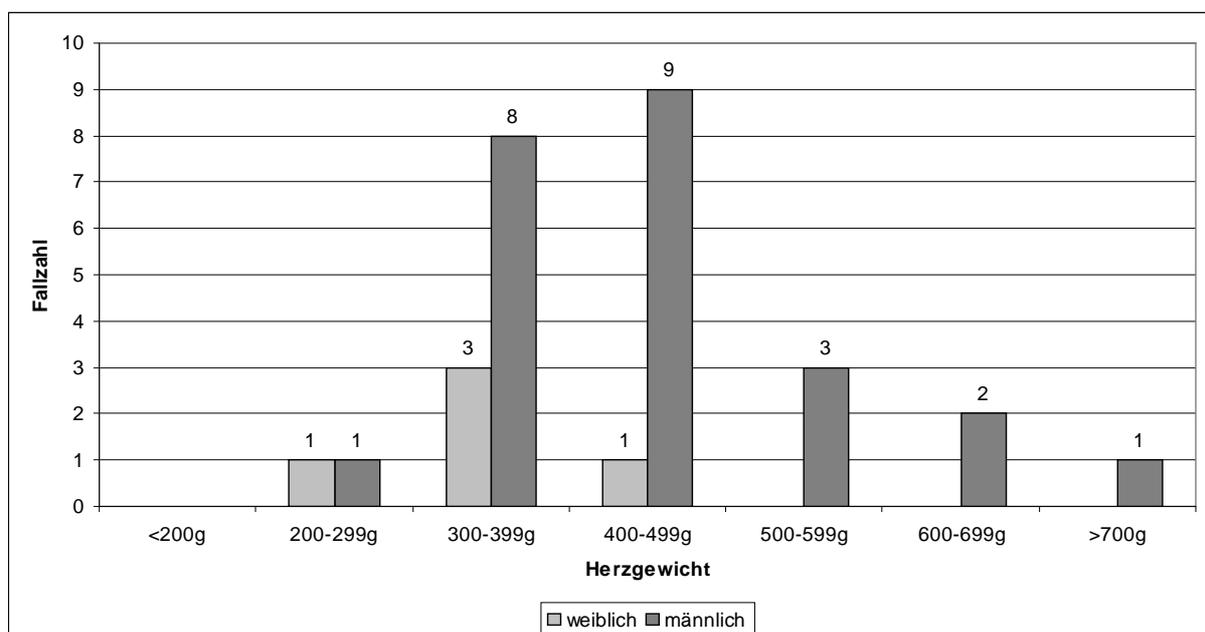
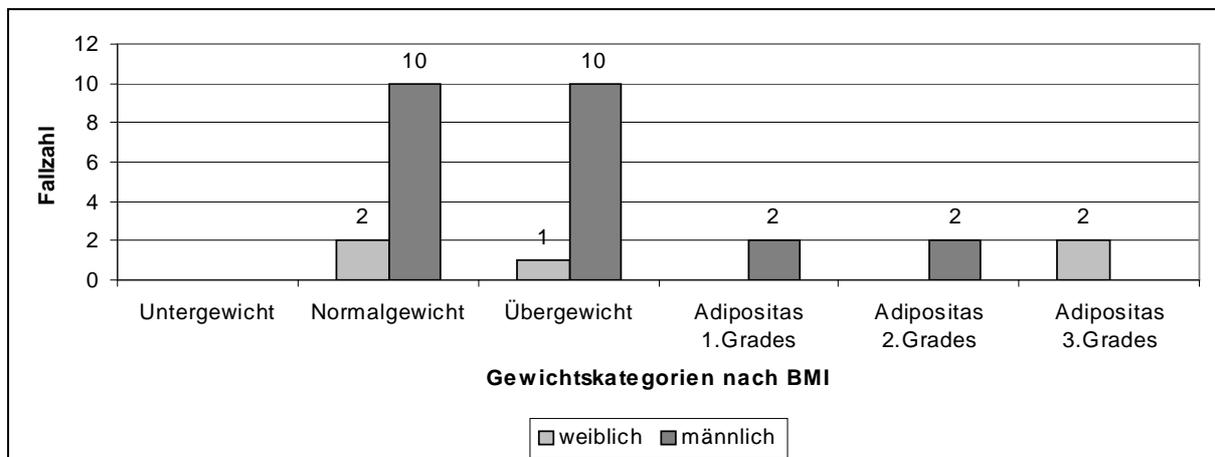


Abbildung 11 Verteilung des Herzgewichtes in der Fallgruppe 'koronarer Herztod'

Das durchschnittliche Körpergewicht lag mit 85 kg (♀ 101 kg, ♂ 86 kg) deutlich oberhalb des Durchschnittwertes des Gesamtkollektivs (77 kg).



**Abbildung 12 Verteilung des BMI in der Untergruppe ‚koronarer Herztod‘**

Für das relative Herzgewicht ergaben sich als Durchschnittswerte 0,51 % für die Frauen und 0,52 % für die Männer. Betrachtete man gesondert die sechs Fälle mit einem Herzgewicht ab 500 g (siehe Tabelle 3), zeigte sich, dass in vier Fällen der Normwert des relativen Herzgewichtes überschritten wurde und das Herzgewicht mehr als 50 g über dem Richtwert nach Zschoch (siehe Erläuterungen Seite 16f.) liegt. Bei den anderen beiden Fällen könnte bei unauffälligem Herzgewicht nach Zschoch auch ein erhöhtes Körpergewicht Ursache für das erhöhte Herzgewicht gewesen sein.

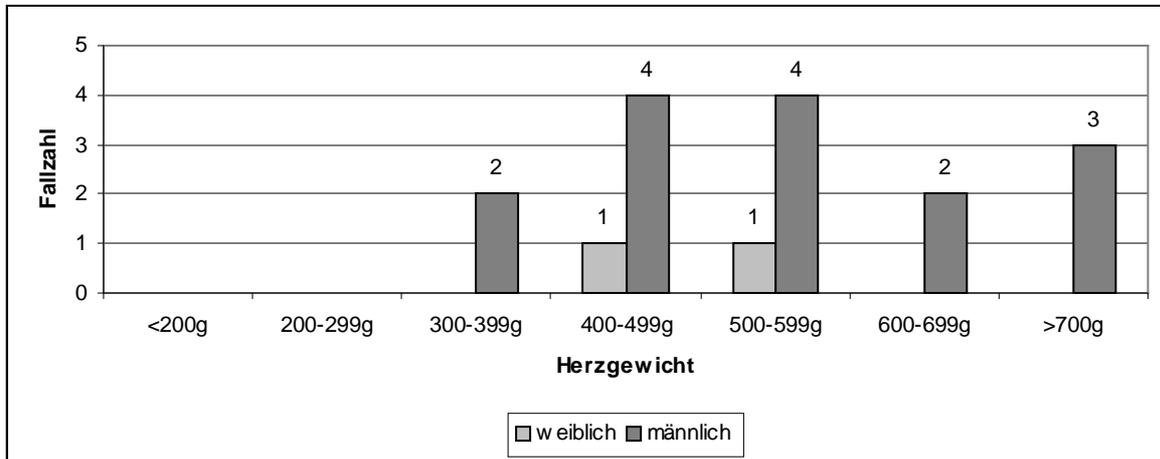
### 3.3.2 Fallgruppe B

Das durchschnittliche Herzgewicht der Fälle von Hypertrophie und hypertropher Kardiomyopathie lag mit 539 g oberhalb des kritischen Herzgewichtes von 500g. Tatsächlich erreicht bzw. überschritten wurde das Gewicht von 500 g in zehn von 17 Fällen (63 %; 37 % aller Fälle mit einem Herzgewicht  $\geq$  500 g). Das größte Herzgewicht in dieser Gruppe betrug 880 g.

Die männlichen Verstorbenen dieses Teilkollektivs wiesen ein durchschnittliches Körpergewicht von 88,6 kg auf; die zwei weiblichen Verstorbenen hatten ein

Körpergewicht von 53 kg und 150 kg. In acht von 17 Fällen waren die Personen übergewichtig bis Adipositas Grad 3.

Für das relative Herzgewicht ergab sich eine Überschreitung des Normwertes (Männer 0,52 %; Frauen 0,49 %) in 13 von 17 Fällen, in acht Fällen um mehr als 0,1 Prozent.



**Abbildung 13 Herzgewicht der Fälle mit hypertrophem Herzen**

In sechs der Fälle mit erhöhtem relativem Herzgewicht um mehr als 0,1 Prozent, lag bei den Betroffenen ein BMI im Bereich des Normalgewichtes vor. Ein Fall wies Übergewicht auf, bei einem Fall bestand Adipositas Grad 2.

Bei den vier Verstorbenen mit einem im Verhältnis zum Körpergewicht nicht erhöhtem Herzgewicht lag Übergewicht bis Adipositas Grad 3 vor.

Bei der Berechnung der Herzgewichte nach Zschoch waren die Richtwerte in zehn Fällen um 50 g und mehr überschritten. Diese Fälle hatten auch alle ein erhöhtes relatives Herzgewicht.

### 3.3.3 Fallgruppe C

Das durchschnittliche Herzgewicht der Untergruppe der weiteren kardialen Todesursachen ergab 424 g (♀ 369 g, ♂ 451 g). Das Maximum lag bei 1049 g.

Gliederte man die Gruppe nach den einzelnen Todesursachen, so betragen die Durchschnittswerte für das Herzgewicht (siehe auch Tab. 8 Seite 34):

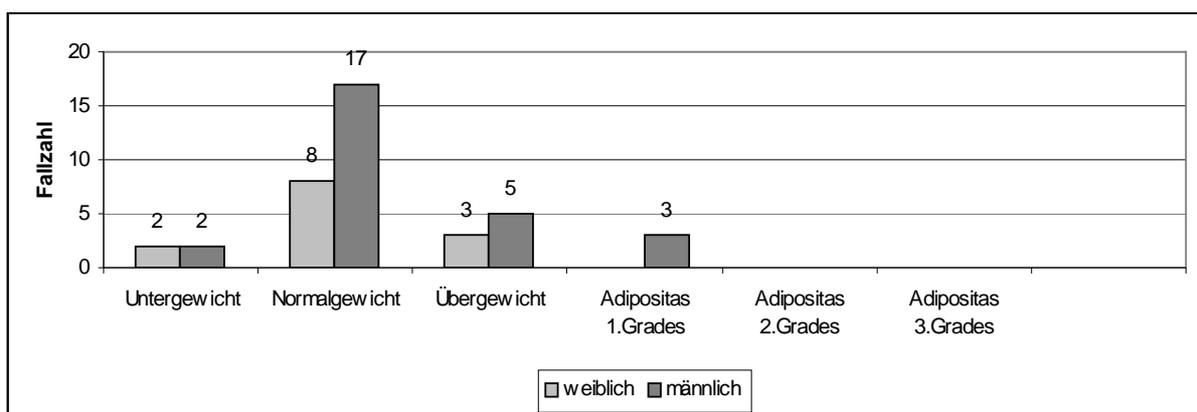
336 g (nicht arteriosklerotische Pathologie der Koronarien, n = 1),  
 366 g (Myokarditis),  
 399 g (andere Störungen inklusive Störungen des  
 Erregungsbildungs- und -leitungssystems),  
 507 g (dilataive und sonstige Kardiomyopathie) und  
 713 g (Klappenfehler) .

**Tabelle 8 Verteilung des Herzgewichtes der weiteren kardialen Todesursachen**

	< 200g	200-299g	300-399g	400-499g	500-599g	600-699g	> 700g
Myokarditis	1	5	2	10	1	-	-
Klappenfehler	-	-	-	-	2	-	1
Dilatative u. sonstige Kardiomyopathie	-	1	1	2	1	1	1
Koronarpathologie	-	-	1	-	-	-	-
Erregungsleitungs- und -bildungssystem u.a.	-	2	3	3	1	1	-

Das mittlere Körpergewicht der Untergruppe des kardial bedingten Todes befand sich bei 72 kg (♀ 63 kg, ♂ 77 kg).

Für den BMI ergab sich damit die in Abb. 14 dargestellte Verteilung:



**Abbildung 14 Verteilung der Gewichtsklassen nach dem BMI in der Fallgruppe ‚andere kardiale Ursachen des plötzlichen Todes‘**

Das relative Herzgewicht betrug bei den Frauen im Durchschnitt 0,57 %, bei den Männern 0,61 %. Überschritten wurde der Normwert bei den weiblichen Verstorbenen

in sieben Fällen, in vier Fällen um mehr als 0,1 Prozent. Bei den männlichen Verstorbenen war der Normwert in 16 Fällen überschritten, in sechs Fällen um mehr als 0,1 Prozent.

### 3.3.4 Fallgruppe D

Das durchschnittliche Herzgewicht in dieser Untergruppe lag mit 341 g (♀ 282 g, ♂ 383 g) deutlich unterhalb des kritischen Herzgewichtes von 500 g. Auch bei der individuellen Betrachtung des Herzgewichtes, lag dieses in keinem Fall oberhalb von 500 g. Siehe dazu auch Abbildung 15.

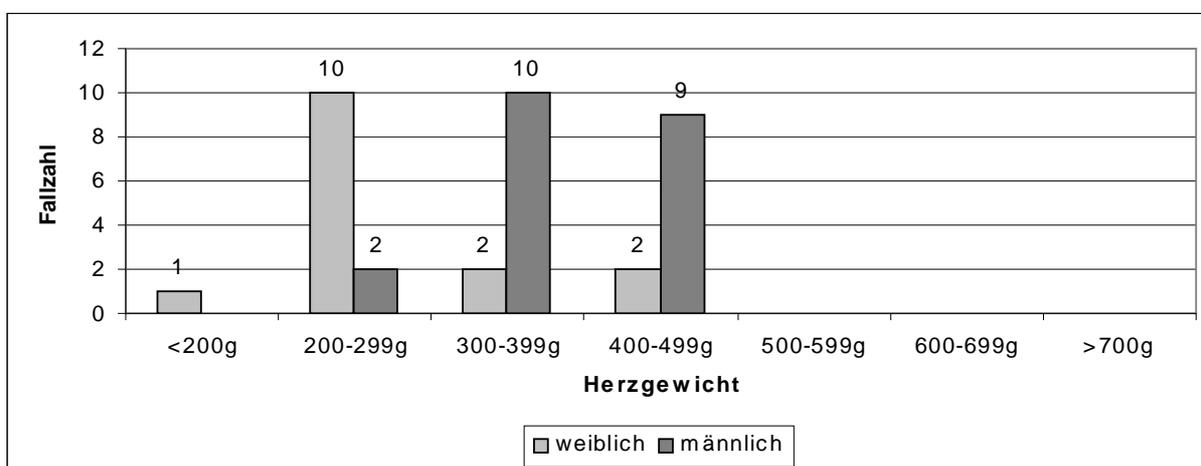
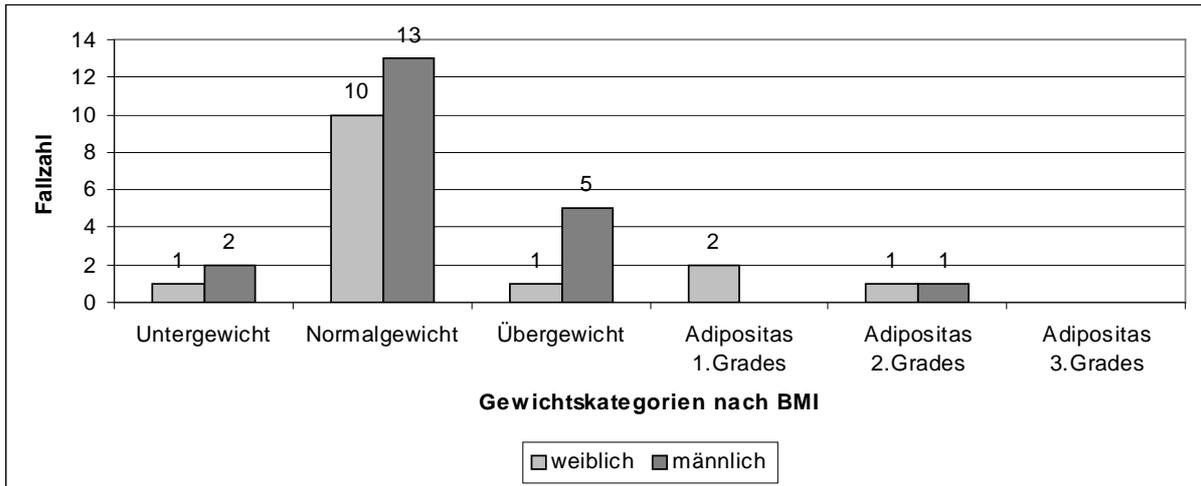


Abbildung 15 Verteilung des Herzgewichtes in der Fallgruppe 'ungeklärte Todesursache'

Das durchschnittliche Körpergewicht dieser Fallgruppe betrug 69,6 kg (♀ 67,1 kg, ♂ 71,3 kg).

Für den Body-Mass-Index ergab sich die in Abb. 16 Seite 36 dargestellte Verteilung.



**Abbildung 16** Verteilung der Fallgruppe 'ungeklärte Todesursache' nach den Gewichtsklassen des BMI

Das durchschnittliche relative Herzgewicht der 15 weiblichen Verstorbenen betrug 0,43 %. Der allgemeine Normwert 0,49 % [2] wurde in drei Fällen überschritten, in einem davon um mehr als 0,1 Prozent.

Bei den männlichen Verstorbenen betrug das durchschnittliche relative Herzgewicht 0,54 % und der Normwert 0,52 % [2] wurde in 13 von 21 Fällen überschritten, in drei davon um mehr als 0,1 Prozent.

### 3.4 Makroskopische und mikroskopische Untersuchungsergebnisse

Besondere Beachtung im Rahmen der Todesursache galt den makroskopischen Untersuchungsergebnissen der Organe der Verstorbenen. Entsprechend dem Thema des plötzlichen Herztodes, vor allem denen des Herz- Kreislaufsystems.

In 33 Fällen brachte die makroskopische Untersuchung an den Herzen keine pathologischen Befunde. Bei diesen Fällen wurden nach histologischer Untersuchung folgende Diagnosen gestellt:

**Tabelle 9** Todesursachen bei makroskopisch unauffälligen Herzen

Todesursache	Fallzahl
unklar	18
kardial bedingt	3
Krampfanfall	7
Stoffwechselentgleisung	5

Bei den kardial bedingten Todesursachen handelte es sich in zwei Fällen um eine Myokarditis und in einem Fall um einen plötzlichen Herztod bei toxischer Herzmuskelschädigung.

29 verstorbene Personen zeigten eine einengende Koronarsklerose, wobei 26 (Fallgruppe A ‚koronare Todesursache‘) von ihnen an deren Folgen verstorben sind. Die Todesursachen der drei anderen Fälle mit Koronarsklerose waren ein Krampfanfall, ein Todesfall mit dilatativer Kardiomyopathie (siehe Seite 41) und ein Fall mit unklarer Todesursache.

In 77 Fällen lag eine generalisierte Arteriosklerose vor, wobei sie in 73 Fällen geringgradig und in vier Fällen höhergradig war. Keine Anzeichen einer Arteriosklerose zeigten 57 Verstorbene. In elf Fällen gab es keine Angaben. Die Verteilung dieser makroskopischen Befunde innerhalb der verschiedenen Fallgruppen zeigt Tab. 10.

**Tabelle 10 Arteriosklerose im gesamten untersuchten Fallmaterial**

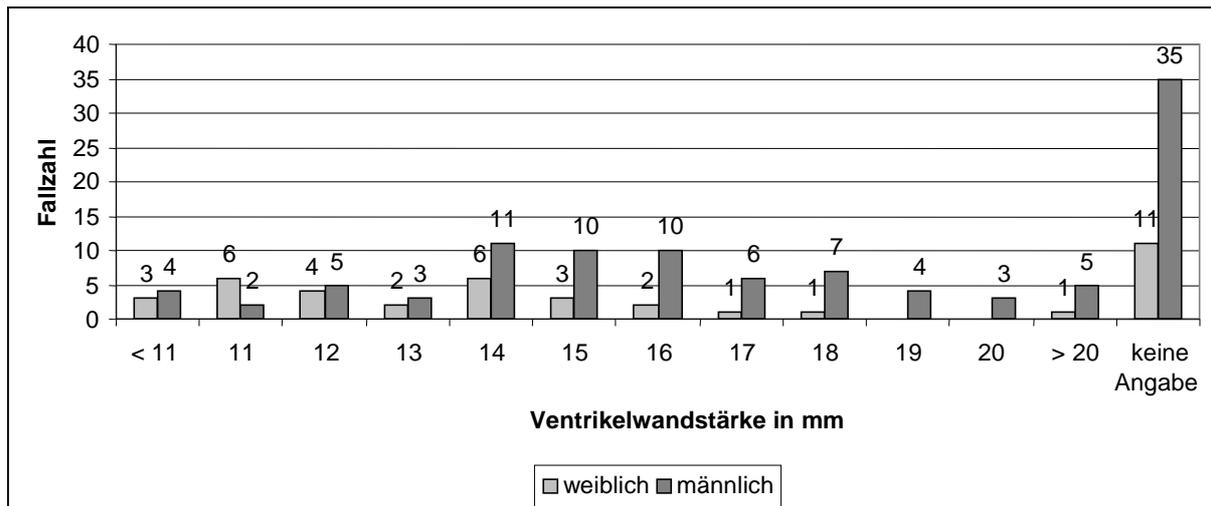
	<b>höhergradig</b>	<b>geringgradig</b>	<b>Keine Arteriosklerose</b>	<b>Keine Angaben</b>
gesamt	4	73	57	11
FG A	4	21	3	1
FG B	-	8	7	2
FG C	-	16	18	6
FG D	-	16	20	-
Stoffwechsel- u. Krampfleiden	-	12	9	2

Als Zeichen abgelaufener nicht todesursächlicher Infarkte, zeigten sich in 29 Fällen bei der makroskopischen Untersuchung Schwielen, Narben oder alte Infarktgebiete. Von diesen 29 Personen verstarben 18 an den Folgen einer stenosierenden Koronarsklerose (Fallgruppe A).

Des Weiteren zeigten sich in neun Fällen Zeichen einer Entzündung (n= 7 Todesursache Myokarditis; n= 2 unklar),

Bei einigen Herzen zeigten sich Veränderungen des Myokards in Form von Hypertrophie und Dilatation. In 36 Fällen war das Myokard beider Ventrikel hypertroph, in drei Fällen nur rechts und in 14 Fällen betraf es nur den linken Ventrikel. Zeichen einer Dilatation zeigte das Myokard von 53 Herzen, dabei in zehn Fällen nur rechts und in drei Fällen auf den linken Ventrikel beschränkt.

Eine Messung der Wandstärke des linken Ventrikels erfolgte an 99 Herzen der Verstorbenen. Die durchschnittliche Ventrikelwandstärke betrug 15 mm bei einem Wertebereich von 6 mm bis größer 20 mm. Bei sechs Herzen war die Wanddicke stärker als 20 mm. Die genaue Verteilung ist in Abb. 17 Seite 39 dargestellt. Zur Vereinfachung wurden Werte kleiner als 11 mm zusammengefasst. Die Wanddicke der hypertrophen Herzen zeigt Abb. 18 Seite 40.



**Abbildung 17 Wandstärke des linken Ventrikels im gesamten Untersuchungsgut**

Des Weiteren zeigte die makroskopische Untersuchung der Herzen von neun Verstorbenen Veränderungen an den Herzklappen.

Nebenbefundlich wurde in neun Fällen ein schlitzförmig geöffnetes ovales Fenster dokumentiert.

Extrakardial betrachtete man Leber, Nieren, Nebennieren und Pankreas um krankhafte Veränderungen an diesen Organen als Todesursache auszuschließen.

### 3.4.1 Fallgruppe A

In 28 von 29 Fällen mit koronarer Herzkrankheit wurden im Sektionsprotokoll Angaben zur Arteriosklerose der Körpergefäße gemacht. Die Verteilung des Schweregrades und der Vergleich mit den anderen Fallgruppen zeigt Tab. 10 Seite 38.

In den vier Fällen der höhergradigen Arteriosklerose bestand in einem Fall ein Übergewicht, in den anderen drei Fällen eine Adipositas Grad 1, 2 und 3.

Insgesamt wurde in diesem Teilkollektiv bei 27 Fällen eine einengende Koronarsklerose dokumentiert. Die zwei anderen Fälle zeigten den makroskopischen Hinweis auf mehrfach stattgefundene Herzinfarkte.

In vier Fällen war eine Herzerkrankung bereits vor dem Todeseintritt bekannt. 17 Fälle (inklusive von drei Fällen ohne Anzeichen einer Arteriosklerose) zeigten

Narben, Schwielen und alte Infarktgebiete, als Nachweis für abgelaufene koronare Ereignisse, die deutlich vor dem Todeseintritt lagen.

Im gesamten Teiluntersuchungsgut waren an allen Herzen makroskopisch keine Entzündungen sichtbar. An einem Herzen bestand ein Klappenfehler in Form eines Aortenklappenfehlers.

Extrakardial zeigten sich keine krankhaften Veränderungen der Organe.

### 3.4.2 Fallgruppe B

Unter der Annahme einer normalen Wandstärke des linken Ventrikels von  $10,9 \pm 2$  mm [17] wurde diese von allen Herzen der verstorbenen Personen dieser Fallgruppe überschritten. Der Mittelwert lag bei 17,5 mm.

In fünf Fällen betrug die Wanddicke 20 mm und mehr (31 mm und 27 mm). In einem Fall fehlten die Angaben zur Wanddicke (siehe Abb. 18).

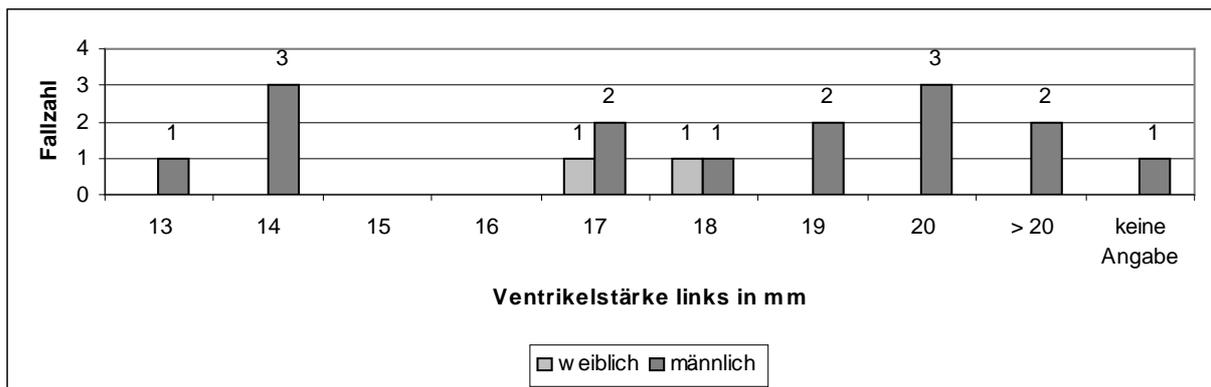


Abbildung 18 Häufigkeiten der Wanddicke des linken Ventrikels

Bei 12 von 17 Herzen zeigte sich eine biventrikuläre Hypertrophie. Zusätzlich fand sich bei diesen 12 Herzen in fünf Fällen eine biventrikuläre Dilatation und in zwei Fällen eine rechtsventrikuläre Dilatation. Fünf Herzen zeigten eine linksventrikuläre Hypertrophie.

Sieben der untersuchten Herzen zeigten als Zeichen der kardialen Vorschädigung Narben, Schwielen bzw. alte Infarktgebiete, die jedoch nicht als todesrelevant angesehen wurden.

An keinem Herzen fanden sich Zeichen einer Entzündung, so dass zumindest makroskopisch eine prä-mortale unentdeckte Myokarditis, Endokarditis etc. als plötzliche Todesursache ausgeschlossen werden konnte.

In einem Fall war das ovale Fenster noch geöffnet, in einem weiteren lag ein Klappenfehler vor.

Die Ergebnisse der Untersuchung auf Arteriosklerose gibt Tab. 10 Seite 38 wieder.

Extrakardial zeigten sich in einigen Fällen Veränderungen an der Leber: Leberverfettung (n= 2), Leberzirrhose (n= 2), Lebervergrößerung (n= 1). In fünf Fällen zeigte sich eine Blutstauung der Leber, wie sie jedoch auch als akutes Ereignis bei Todeseintritt im Rahmen des akuten Rechtsherzversagens mit Rückstau in den Körperkreislauf auftritt.

### **3.4.3 Fallgruppe C**

Da in dieser Fallgruppe mehrere, zum Teil sehr verschiedene Erkrankungen des Herzens zusammengefasst wurden, zeigte sich bei der makroskopischen Untersuchung ein sehr heterogenes Bild an pathologischen Befunden.

Das Vorhandensein einer Arteriosklerose der großen Gefäße des Blutkreislaufes wurde in 24 Fällen beurteilt. Das Ergebnis ist in Tab. 10 Seite 38 zusammenfassend dargestellt.

Der einzige Fall mit Koronarsklerose zeigte alte Narbengebiete abgelaufener Myokardinfarkte, verstarb jedoch an den Folgen einer vermutlich durch Alkoholabusus bedingten dilatativen Kardiomyopathie mit deutlich erhöhtem Herzgewicht (720 g) bei Ventrikelwandstärken von 6 cm (links) und 4 cm (rechts).

Veränderungen in Form einer Hypertrophie zeigte die makroskopische Untersuchung von 11 Herzen, davon in neun Fällen beidseitig und in zwei Fällen auf den linken Ventrikel beschränkt. Eine Dilatation der Ventrikel zeigten 17 Herzen, davon 14 Fälle beidseitig, zwei Fälle im rechten Ventrikel und ein Fall im Bereich des linken Ventrikels.

Krankhafte Veränderungen an den Herzklappen zeigten sich bei sechs Herzen. Dabei handelte es sich v.a. um die Folgen abgelaufener Entzündungen am Herzen bzw. um den Zustand nach Endokarditis. Hauptsächlich betroffen war die Aorten- und Mitralklappe. Bei einem Verstorbenen zeigte die histologische Untersuchung zudem den Verdacht auf (Vd. a.) eine Infektion mit dem human immunodeficiency virus (HI-Virus), in einem weiteren Fall bestand chronischer Betäubungsmittelgebrauch.

Zeichen für einen abgelaufenen Infarkt in Form von Narben und Schwielen zeigten die Herzen von zehn Verstorbenen. Zeichen einer Entzündung waren bei sieben Herzen sichtbar. Bei fünf Verstorbenen fand sich ein schlitzförmig geöffnetes ovales Fenster.

In drei Fällen zeigte die makroskopische Untersuchung keine pathologischen Veränderungen des Herzens. Die Diagnosen Myokarditis (n= 2) und toxische Herzmuskelschädigung (n= 1) wurden mit Hilfe der Histologie gestellt.

Eine bekannte, nicht näher definierte Herzerkrankung wurde in 21 Fällen (38 %) angegeben. In 12 Fällen (21 %) wurde sie durch Angehörige ausgeschlossen.

#### **3.4.4 Fallgruppe D**

Den Befund der Arteriosklerose zeigt Tab. 10 Seite 38 im Vergleich mit den anderen Fallgruppen.

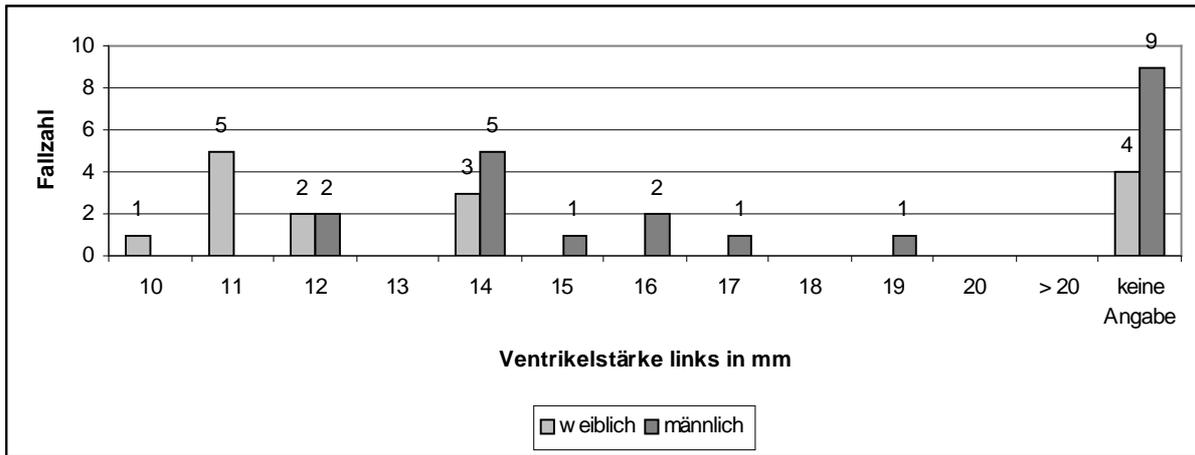
In einem Fall ergab die Untersuchung des Herzens eine nicht todesrelevante Koronarsklerose, ein weiteres Herz wies Zeichen eines alten Infarktes auf.

Eine linksventrikuläre Hypertrophie fand sich bei den Herzen von zwei Verstorbenen, in einem Fall betraf die Hypertrophie den rechten Ventrikel und in fünf Fällen zeigte sich eine biventrikuläre Hypertrophie.

Eine Dilatation trat in einem Fall linksventrikulär, in vier Fällen rechtsventrikulär und in weiteren vier Fällen biventrikulär auf.

Davon sind bei fünf Herzen Hypertrophie und Dilatation kombiniert.

Die Werte für die Wanddicke des linken Ventrikels von 23 untersuchten Herzen lagen zwischen 10 und 19 mm, der Durchschnittswert betrug 13,4 mm.



**Abbildung 19 Wandstärken des linken Ventrikels bei Todesfällen mit ungeklärter Todesursache**

In zwei Fällen ergab die makroskopische Untersuchung Anzeichen für Entzündungen im Herzmuskel. Das ovale Fenster war bei den Herzen von zwei Verstorbenen schlitzförmig geöffnet. Außerdem zeigten sich an zwei Herzen pathologische Befunde im Bereich der Klappen in Form einer Verkürzung der Sehnenfäden und Verdickung der Klappensegel.

Zur Klärung der Todesursache wurde in elf Fällen zusätzlich eine histologische Untersuchung veranlasst. Dabei fand sich neben Normalbefunden bei einem Teil der Verstorbenen eine leichte Bindegewebsvermehrung des Myokards bzw. eine leichte Hypertrophie der Ventrikel, jedoch nicht in todesursächlichem Ausmaß.

### 3.5 Toxikologische Untersuchungsergebnisse

In 92 % (134 von 145) der Fälle wurden toxikologische Untersuchungen durchgeführt.

Ein Nachweis auf Ethanol als Hinweis auf den Genuss von alkoholischen Getränken vor dem Todeseintritt wurde in 133 Fällen durchgeführt.

26 % der Fälle (n= 34) hatten ein positives Testergebnis. Der Anteil der Frauen betrug 18 % (n= 6). Die Ergebnisse einschließlich der Verteilung der Promillewerte wurden in Tabelle 11 dargestellt.

**Tabelle 11 Ergebnisse des Nachweises auf Ethanol aller untersuchten Fälle**

Promillebereich		Kein Nachweis	0,1 ‰	0,2 – 0,5 ‰ minimal	0,5 – 0,9 ‰ leicht	1 – 1,4 ‰ mittel	1,5 – 1,9 ‰ stark	2 – 2,9 ‰ Sehr stark	> 3 ‰ Hochgradig
gesamt	133	99	10	10	3	3	5	2	1
FG A	26	18	1	3	-	1	3	-	-
FG B	14	11	1	-	-	-	1	-	1
FG C	35	27	2	3	-	2	-	1	-
FG D	35	28	1	4	1	-	1	-	-
Stoffwechsel- u. Krampfleiden	23	15	5	-	2	-	-	1	-

Im gesamten Untersuchungsgut konnte mit Hilfe der Auswertung von Zeugenaussagen bei 31 Verstorbenen (21 %) ein regelmäßiger Alkoholgenuss eruiert werden. 42 % von ihnen hatten einen positiven Alkoholttest. Davon acht Fälle mit einem Promillewert von 1,0 Promille und mehr.

Beim Nachweis von Medikamenten waren vor allem Medikamente zur Therapie herzbezogener Erkrankungen von Bedeutung, sowie Medikamente zur Behandlung von Erkrankungen, die im Zusammenhang mit einem plötzlichen Herztod stehen könnten, wie z.B. Epilepsie und Schizophrenie.

Nachgewiesen wurden Metaboliten von Medikamenten in 29 der 134 Fällen (22 %). Dabei handelte es sich im einzelnen um Antiepileptika (n= 4), Antidepressiva (n= 2),

Antiarrhythmika (n= 4), Psychopharmaka (n= 3) und sonstige Medikamente (n= 16), die nicht im oben erwähnten Zusammenhang standen.

Da die Medikamentenkonzentration bzw. der Wirkstoffspiegel in allen Fällen gemäß der Einschlusskriterien in therapeutischen Dosen vorlag, ist nicht von dem Versuch einer Intoxikation auszugehen. Tatsächlich war in allen vier Fällen mit nachgewiesenem Antiepileptikum ein Krampfleiden bekannt gewesen. In drei von vier Fällen des nachgewiesenen Antiarrhythmikums bestand bei den Betroffenen eine Herzerkrankung.

Bei den nachgewiesenen Drogen handelte es sich hauptsächlich um Abbauprodukte des Cannabis (Tetrahydrocannabinols) und des Ecstasy (Metamphetamins), aber auch denen des Kokains. Auch in diesen Fällen lagen die nachgewiesenen Konzentrationen unterhalb einer tödlichen Dosis, so dass ein direkter Zusammenhang mit dem Todeseintritt ausgeschlossen werden konnte.

Insgesamt erfolgte in 13 Fällen (9 %) ein positiver Nachweis von Drogenabbauprodukten. Von diesen Fällen konnte im Rahmen der Ermittlungen in sechs Fällen ein regelmäßiger Drogengebrauch bestätigt werden, in zwei Fällen wurde er verneint.

### **3.5.1 Fallgruppe A**

In 26 von 29 Fällen gab es Angaben zur Durchführung einer toxikologischen Untersuchung.

Die Ergebnisse der Untersuchung auf Ethanol sind in Tab. 11 Seite 44 aufgeführt.

Bei zwei der drei Verstorbenen mit nachgewiesener starker Alkoholkonzentration, war ein regelmäßiger Alkoholenuss bekannt. Im dritten Fall wurde dies verneint.

Metaboliten von Medikamenten bzw. Drogen wurden in neun Untersuchungen nachgewiesen. Dabei handelte es sich in drei Fällen um Psychopharmaka, in einem Fall um ein Antiarrhythmikum und in drei Fällen sonstige nicht näher eingeordnete Medikamente. In zwei Fällen zeigten sich Rückstände von Kokain.

Den Ein- und Ausschlusskriterien entsprechend lagen alle Konzentrationen unterhalb einer tödlichen Dosis.

In einem Fall des Nachweises von Kokain war bei dem Betroffenen ein längerer Drogenmissbrauch bekannt, jedoch lag die Aufnahme des Kokains einige Stunden vor dem Todeseintritt und es zeigte sich makroskopisch eine stark thrombosierte Koronarsklerose. Bei dem zweiten Fall war bereits eine Herzerkrankung mit Implantation eines Schrittmachers bekannt, so dass der nicht chronische Gebrauch von Kokain auch in diesem Fall als Todesursache eher unwahrscheinlich war.

### **3.5.2 Fallgruppe B**

Eine toxikologische Untersuchung des Blutes und/oder des Urins der Verstorbenen auf Ethanol und Rückstände von Drogen wurde in 15 Fällen durchgeführt.

Die Ergebnisse für den Nachweis auf Ethanol wurden zusammenfassend in Tab. 11 Seite 44 dargestellt.

Mittels der Angaben aus den polizeilichen Berichten ließ sich in zwei Fällen auf einen chronischen Alkoholabusus schließen, darunter der Fall mit der hochgradigen Blutalkoholkonzentration.

In keiner der Proben der verstorbenen Personen wurden Metaboliten von Medikamenten nachgewiesen.

Ebenfalls aus den polizeilichen Berichten ließ sich entnehmen, dass drei der verstorbenen Männer regelmäßig Drogen konsumierten. Die toxikologische Untersuchung ergab bei einem von ihnen und einer weiteren Person aus der Fallgruppe einen positiven Nachweis auf Drogenrückstände.

### **3.5.3 Fallgruppe C**

Bei 35 der 40 Todesfälle aus dieser Fallgruppe wurden toxikologische Untersuchungen durchgeführt.

Die Ergebnisse des Ethanolnachweises wurden zusammen mit den Ergebnissen der anderen Fallgruppen in Tab. 11 Seite 44 dargestellt.

In 26 Fällen wurden keine Medikamente nachgewiesen. Bei neun Verstorbenen fanden sich Abbauprodukte von Antiarrhythmika (n= 3) und sonstigen Medikamenten (n= 6).

Abbauprodukte von Drogen zeigten die toxikologischen Untersuchungen von drei Verstorbenen.

### **3.5.4 Fallgruppe D**

Bei 35 der 36 Verstorbenen mit ungeklärter Todesursache wurde zusätzlich eine toxikologische Untersuchung durchgeführt.

Der Nachweis auf Ethanol ergab das in Tab. 11 Seite 44 dargestellte Ergebnis.

Bei dem Verstorbenen mit der Alkoholkonzentration im Bereich von 1,5-1,9 Promille (Bewertung: stark) war ein langjähriger Alkoholabusus bekannt, so dass diese stark erhöhte Konzentration nicht als todesursächlich erachtet wurde.

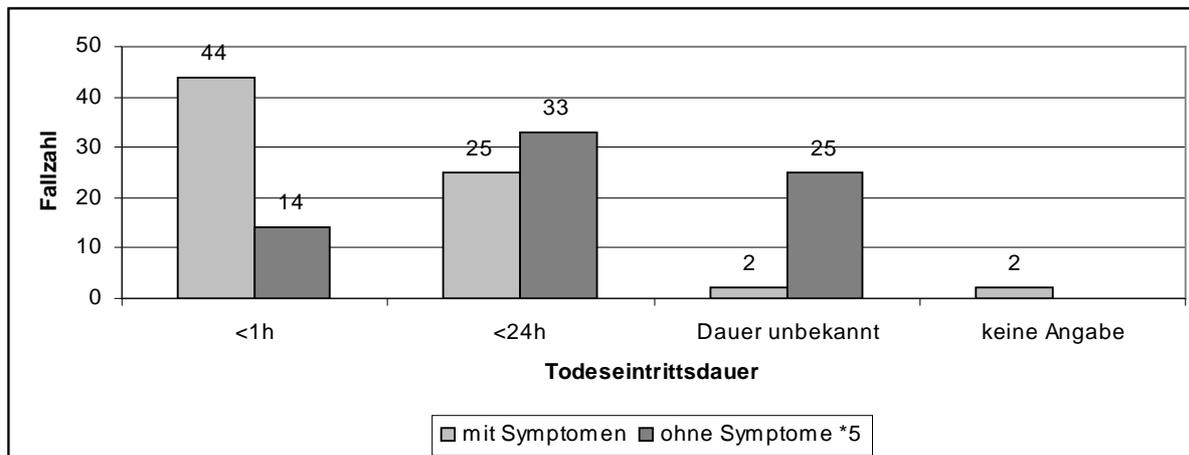
Insgesamt war bei neun Verstorbenen ein Alkoholabusus bekannt, davon zeigten jedoch nur drei weitere Proben eine minimale Alkoholkonzentration bei Todeseintritt.

Der toxikologische Nachweis auf Medikamentenmetaboliten fiel bei 25 Proben negativ aus. In den Proben von zwei Verstorbenen fanden sich Rückstände eines Antidepressivums, sowie in vier Fällen Rückstände sonstiger anderer Medikamente. Bei vier Verstorbenen enthielten die Proben Cannabinoidmetaboliten.

Außerdem wurden bei sechs Verstorbenen auch virologische Untersuchungen durchgeführt, deren Ergebnisse in allen Fällen den Verdacht auf eine Infektion mit dem HI-Virus ausschlossen.

### 3.6 Auftreten von Symptomen und Zeitdauer bis zum Todeseintritt

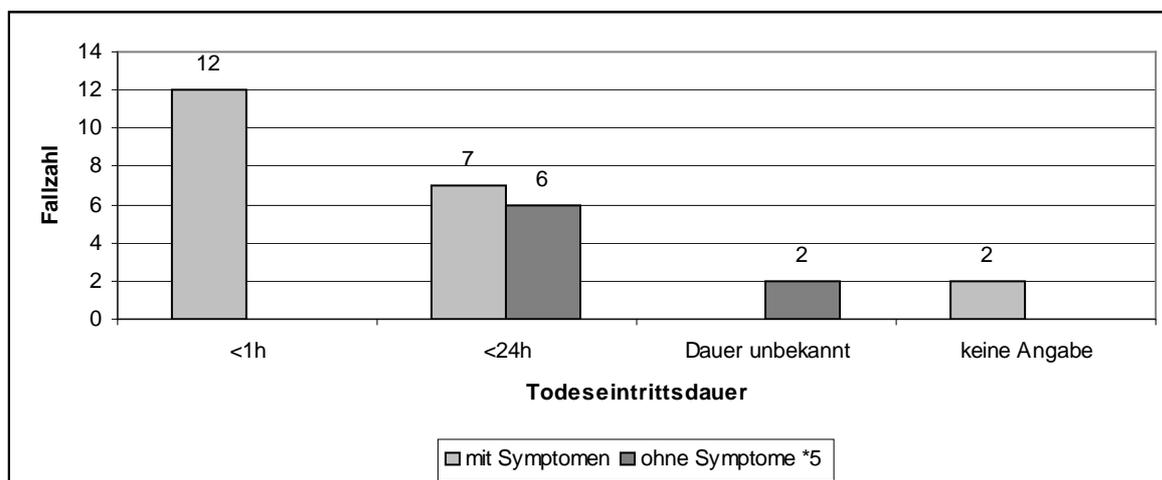
Die entsprechenden Ergebnisse sind in Abb. 20 dargestellt. Zum Verständnis siehe dazu bitte auch die Erläuterungen Kapitel 2.4.3 Seite 17.



**Abbildung 20 Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt**

\*<sup>5</sup> Symptome konnten durch Zeugen nicht bestätigt werden; dies schließt ein Vorhandensein von ‚herztodtypischen‘ Symptomen jedoch nicht aus.

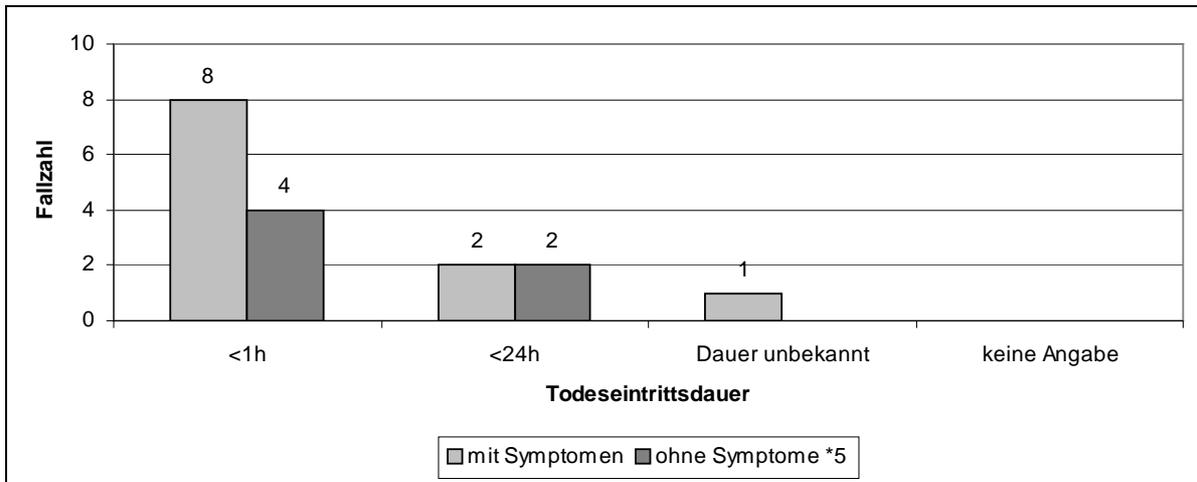
#### 3.6.1 Fallgruppe A



**Abbildung 21 Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚koronarer Herztod‘**

\*<sup>5</sup> Symptome konnten durch Zeugen nicht bestätigt werden; dies schließt ein Vorhandensein von ‚herztodtypischen‘ Symptomen jedoch nicht aus.

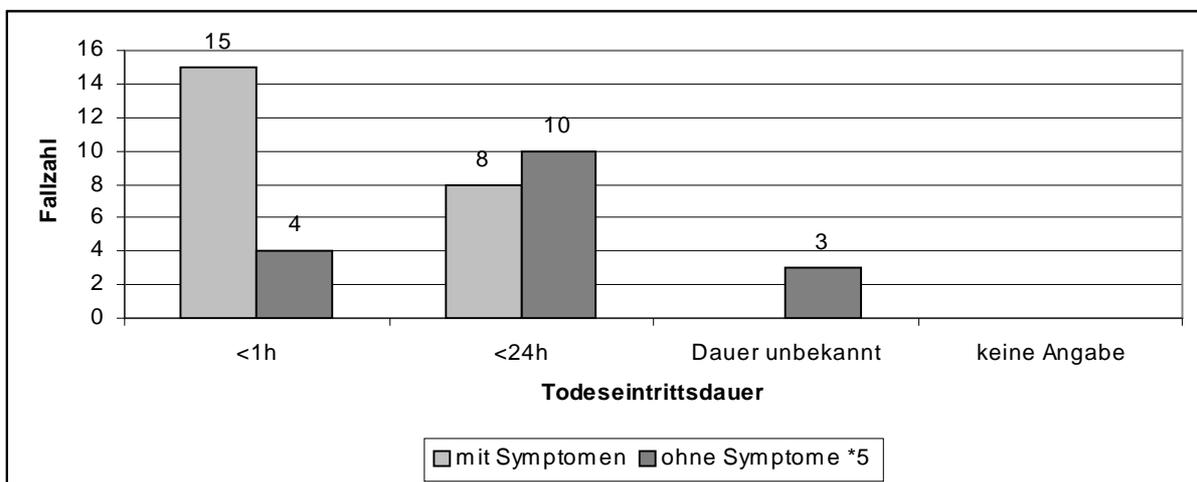
### 3.6.2 Fallgruppe B



**Abbildung 22** Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚Hypertrophie/ hypertrophe Kardiomyopathie‘

\*<sup>5</sup> Symptome konnten durch Zeugen nicht bestätigt werden; dies schließt ein Vorhandensein von ‚herztodtypischen‘ Symptomen jedoch nicht aus.

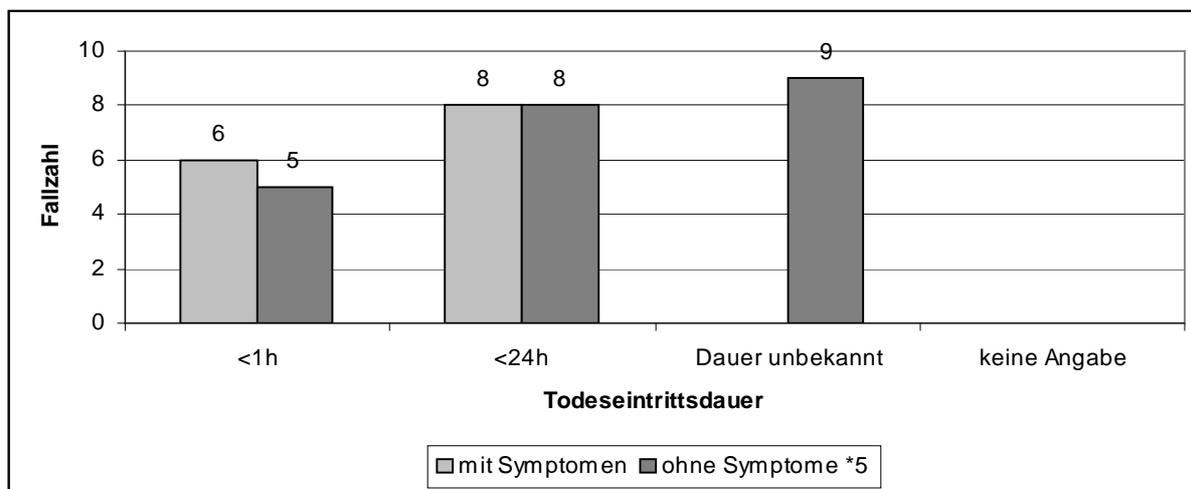
### 3.6.3 Fallgruppe C



**Abbildung 23** Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚andere kardiale Ursachen des Todes‘

\*<sup>5</sup> Symptome konnten durch Zeugen nicht bestätigt werden; dies schließt ein Vorhandensein von ‚herztodtypischen‘ Symptomen jedoch nicht aus.

### 3.6.4 Fallgruppe D



**Abbildung 24** Häufigkeitsverteilung der Verstorbenen mit herztodtypischen Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚ungeklärte Todesursache‘

\*<sup>5</sup> Symptome konnten durch Zeugen nicht bestätigt werden; dies schließt ein Vorhandensein von ‚herztodtypischen‘ Symptomen jedoch nicht aus.

### **3.7 Fundort**

Angaben zum Fundort der Verstorbenen gab es in 141 Fällen. Die Fundorte wurden unterschieden nach Wohnungen und Öffentlichkeit.

In 104 Fällen wurden die verstorbenen Personen in einer Wohnung aufgefunden. Von diesen 104 Fällen befanden sich 57 Verstorbene in bzw. auf ihren Betten bzw. anderen entsprechend zum Schlafen genutzten Möbelstücken, 24 Personen lagen auf dem Wohnungsboden, davon 11 Verstorbene im Badezimmer. Drei weitere Personen wurden tot in der Badewanne aufgefunden, bei denen Ertrinken als Todesursache ausgeschlossen wurde.

Weitere 32 verstorbene Personen wurden an verschiedenen Orten in der Öffentlichkeit, wie z.B. Straße, Parkplatz, Sportplatz etc. aufgefunden. Fünf Leichen wurden aus öffentlichen Gewässern geborgen, auch hier war nicht Ertrinken ursächlich für den Todeseintritt.

#### **3.7.1 Fallgruppe A**

22 der 29 Verstorbenen dieses Teilkollektives wurden in ihren Wohnungen aufgefunden, davon 13 im Bett, zwei auf dem Boden und vier im Bad. Fünf weitere Betroffene fand man in der Öffentlichkeit. In zwei Fällen fehlten dazu die Angaben.

#### **3.7.2 Fallgruppe B**

Der Fundort der Verstorbenen verteilte sich von der Häufigkeit gleichmäßig auf Wohnungen und Öffentlichkeit.

Acht der verstorbenen Personen wurden in ihren Wohnungen gefunden, davon vier in ihren Betten, zwei auf dem Boden und eine im Badezimmer. Von den acht in der Öffentlichkeit Gestorbenen, ertrank einer in einem öffentlichen Gewässer, wobei die Ursache für das Ertrinken kardialer Genese war.

In einem Fall fehlte die Angabe.

### **3.7.3 Fallgruppe C**

In ihren Wohnungen wurden 24 der Verstorbenen aufgefunden, davon verstarben 13 Personen im Bett und zwei Verstorbene befanden sich im Badezimmer, davon eine Person in der Badewanne. Weitere 14 Personen wurden tot in der Öffentlichkeit aufgefunden. Bei zwei Verstorbenen fehlten die Angaben zum Fundort.

### **3.7.4 Fallgruppe D**

Aus der Fallgruppe mit ungeklärter Todesursache wurden 30 Verstorbene in ihren Wohnungen aufgefunden, davon 16 im Bett liegend und sieben auf dem Wohnungsboden. Drei der 30 in der Wohnung aufgefundenen Toten befanden sich bei Todeseintritt im Badezimmer, einer von ihnen in der Badewanne.

Drei weitere Personen verstarben im öffentlichen Umfeld, drei Verstorbene wurden aus öffentlichen Gewässern geborgen, deren Untersuchung jedoch einen Tod durch Ertrinken ausschloss.

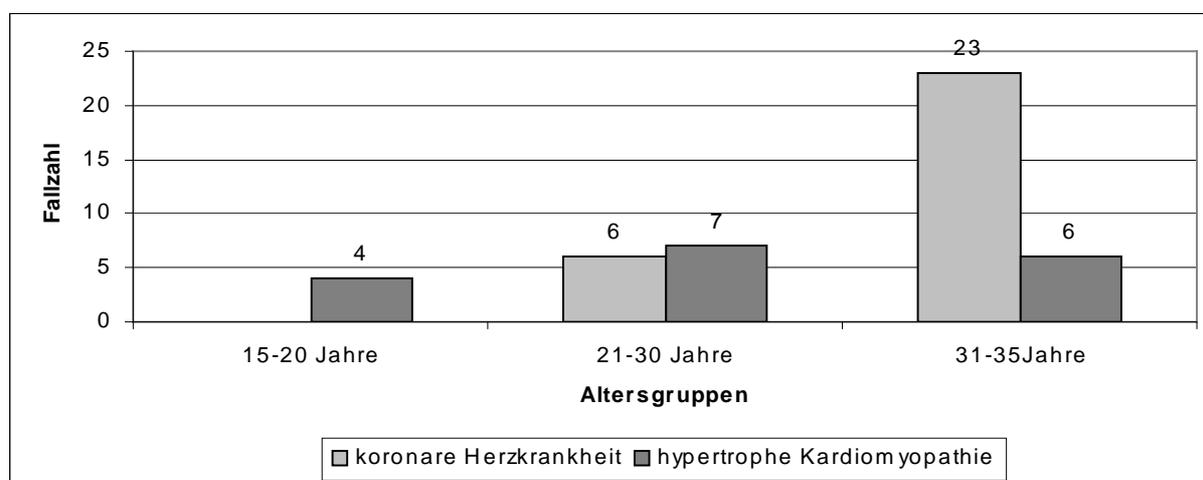
## **4 Diskussion**

### **4.1 Der ‚Plötzliche Herztod‘ in der Literatur und im Vergleich**

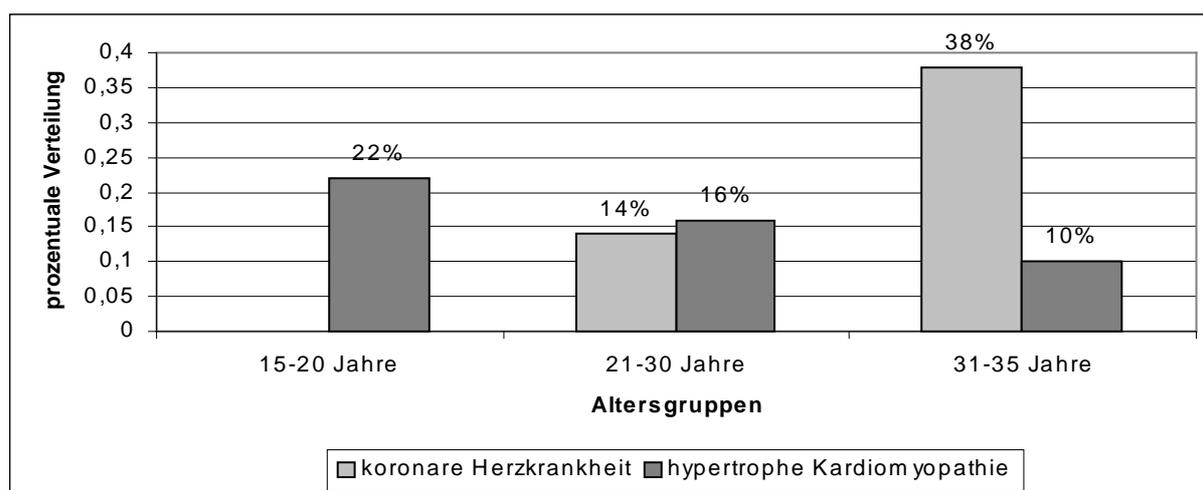
Studien zum Thema ‚Plötzlicher Tod‘ und ‚Plötzlicher Herztod‘, fanden als Ursachen für den plötzlichen Herztod v.a. die koronare Herzkrankheit, die Kardiomyopathien (darunter v.a. die hypertrophe und dilatative Kardiomyopathie), die Myokarditis und angeborene Herzschäden und Koronaranomalien [3-7,18-21]. Dabei war je nach untersuchten Staaten und Landesregionen die Häufigkeit des Auftretens der dem Tode zugrunde liegenden Erkrankungen verschieden, außerdem gab es Unterschiede in der Häufigkeit in den verschiedenen Altersgruppen (siehe dazu auch Tab. 1 Seite 8).

Allen Studien war gemeinsam, dass zusätzlich zur Obduktion toxikologische und histologische Untersuchungen durchgeführt wurden. Die Toxikologie ermöglichte den Ausschluss von Drogen- und Alkoholabusus als Ursache des plötzlichen Todes. Korrelat dieser Arbeit war der Ausschluss von der Untersuchung bei Nachweis einer zum Tode führenden Drogen- und/oder Alkoholintoxikation. Histologische Untersuchungen wurden in Studien bei den Verstorbenen durchgeführt, deren Herzen makroskopisch scheinbar normal waren, d.h. makroskopisch waren keine sichtbaren morphologischen Substrate für die Erklärung der Todesursache vorhanden. Dabei fanden sich auch strukturell normale Herzen, also Herzen, die auch in der Histologie keine Auffälligkeiten des Myokardgewebes und Leitungssystems zeigten [3]. Im Unterschied zu den Studien wurde eine histologische Untersuchung der Fälle der Berliner rechtsmedizinischen Institute routinemäßig nicht durchgeführt, da diese Obduktionen nicht mit dem Hintergrund einer Studie durchgeführt wurden, sondern das primäre Anliegen die Klärung von natürlicher oder unnatürlicher Todesursache bzw. Verschuldung Dritter am Tod war. Das von den Studien untersuchte Alter reichte von einem bis 64 Jahre. Aufgrund dieser großen Spannweite an Altersgruppen ergab sich auch eine breite Streuung der Todesursachen, da erfahrungsgemäß Erkrankungen, wie die hypertrophe Kardiomyopathie eher bei jüngeren Betroffenen auftreten, während die Älteren (> 45 Jahre) v.a. von der koronaren Herzkrankheit betroffen sind [5]. Eine in diese Richtung weisende Verteilung zeigte sich auch im Untersuchungsgut der Berliner

Institute mit einem deutlich jüngeren Durchschnittsalter bei Verstorbenen aufgrund nicht-koronarer Todesursachen gegenüber den eher älteren Betroffenen mit koronarer Ursache des Herztodes. Deutlich sichtbar war dies u.a. am Beispiel der hypertrophen Kardiomyopathie. Die relative Häufigkeit des Auftretens der hypertrophen Kardiomyopathie in den verschiedenen Altersgruppen fiel mit zunehmendem Alter ab, während die koronare Herzkrankheit in der Altersgruppe der unter 20-Jährigen nicht auftrat, und deren absolute wie relative Häufigkeit dann mit zunehmendem Alter anstieg (siehe Abb. 24 und Abb. 25).



**Abbildung 25** Häufigkeit des Auftretens der koronaren Herzkrankheit und der hypertrophen Kardiomyopathie in den verschiedenen Altersgruppen



**Abbildung 26** Prozentuale Verteilung der koronaren Herzkrankheit und hypertrophen Kardiomyopathie bezogen auf die Gesamtfallzahl in den verschiedenen Altersgruppen

In der Untersuchungsgruppe mit der Todesursache ‚Stoffwechsellentgleisung‘ und ‚Krampfanfall‘ zeigte sich eine ähnliche Altersverteilung wie in der Fallgruppe A und D und betrifft damit weniger die Altersgruppe der von hypertropher Kardiomyopathie Betroffenen. Bei der Altersverteilung der untersuchten Fälle unabhängig von der Todesursache zeigte sich eine Verschiebung des Verhältnisses ‚weiblich‘ zu ‚männlich‘ mit zunehmender Altersgruppe zulasten des männlichen Geschlechtes. Insgesamt waren 88 % der Betroffenen männlichen Geschlechtes. Dieses Ergebnis, dass mehr Männer als Frauen vom plötzlichen Tod betroffen sind, bestätigt das Ergebnis von Studien [22].

Außerdem war erkennbar, dass die Altersgruppe der 31- bis 35-jährigen mit 51 % aller Verstorbenen den größten Anteil am Untersuchungsgut bildete (siehe Abb. 2 Seite 25).

Unter den natürlichen Todesfällen in Deutschland beläuft sich der Anteil der plötzlich und unerwartet Verstorbenen auf etwa 10 – 15 %. Relativ gesehen haben Herztodesfälle unter den plötzlich und unerwartet Verstorbenen mit 50 – 75 % den größten Anteil [1]. Unter den älteren Erwachsenen ( $\geq 45$  Jahre) zeigte sich, dass mehr als 90% der Fälle von plötzlichem Tod als Ursache die koronare Herzkrankheit hatten, also kardialer Genese waren [18]. Spitzenwert für die Inzidenz des plötzlichen Herztodes, v.a. als Folge der koronaren Herzkrankheit, war die Altersspanne zwischen dem 45. und 75. Lebensjahr [22,23]. Eine weitere Untersuchung gab einen Spitzenwert für den plötzlichen Herztod bei Verstorbenen unter 35 Jahren zwischen dem 0. bis 5. Lebensjahr, bei Verstorbenen älter als 35 Jahre zwischen dem 75. und 84. Lebensjahr [24]. Demnach wäre die untersuchte Altersgruppe der 15- bis 35-Jährigen nicht überproportional häufig vom plötzlichen Herztod betroffen.

Aufgrund der sympathikotonen Erregung tritt die hypertrophe Kardiomyopathie als Ursache für den ‚Plötzlichen Herztod‘ v.a. bei Sportlern auf, findet sich aber ebenso in der ‚normalen‘ Bevölkerung. Eine amerikanische Studie zum Thema ‚Plötzlicher Tod‘ bei Sportlern ( $\leq 25$  Jahre) zeigte, dass die Ursache für den unerwarteten Todeseintritt in 40 - 50% die hypertrophe Kardiomyopathie war. Insgesamt war die Ursache in bis zu 80% der Fälle kardialer Genese [25]. Demgegenüber steht das Ergebnis einer italienischen Studie, die über einen Zeitraum von 20 Jahren Todesfälle von Sportlern und ‚Nicht-Sportlern‘ (Alter 11-35 Jahre) beobachtet hatte. Demzufolge verstarben bei den Sportlern 2% ( $n= 1$ ) an hypertropher

Kardiomyopathie, bei den Nicht-Sportlern 7,3% (n= 16). Jedoch fand bei den Sportlern im Vorfeld ein Screening auf hypertrophe Kardiomyopathie statt; mit positivem Ergebnis und den daraus folgenden therapeutischen Konsequenzen bei 22 Sportlern, von denen keiner im Beobachtungszeitraum und Follow-up verstarb [26].

Studien gaben für den plötzlichen unerwarteten Tod in der Altersspanne bis 64 Jahre Häufigkeiten von 0,43 bis 11 Todesfälle auf 100.000 Verstorbene im Jahr an [4,7,18,21]. Für den plötzlichen unerwarteten Herztod ergaben sich Werte von einem bis 153 Todesfälle auf 100.000 Verstorbene, jedoch in der Altersspanne 0 bis 84 Jahre [23,24,27]. Der Anteil der hypertrophen Kardiomyopathie als Ursache des plötzlichen Herztodes betrug in der Altersgruppe  $\leq 35$  Jahre 9 % bis 15 % [3,4,6].

Von den 11.535 rechtsmedizinisch untersuchten Todesfällen jeden Alters in Berlin im 5-Jahreszeitraum vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2004 verstarben 86 der 15- bis 35-Jährigen an einem makroskopisch und z.T. histologisch gesicherten plötzlichen Herztod, davon 17 Personen aufgrund einer Hypertrophie des Herzens bzw. hypertrophen Kardiomyopathie. Anhand der Statistik lässt sich sagen, dass in Berlin im untersuchten Zeitraum insgesamt 2.395 Personen im Alter von 15 bis 35 Jahren verstorben waren [16]. Bezogen auf diese Zahl entsprach dies für die rechtsmedizinisch untersuchten Fälle von Hypertrophie und hypertropher Kardiomyopathie einem Anteil von 0,7 % an allen Todesursachen. Bezogen auf die 176 Todesfälle mit Herz-Kreislauf-bedingten Todesursachen in Berlin in der Altersgruppe 15 bis 35 Jahre [16] entsprachen diese 17 Todesfälle einem Anteil von 10 % an den kardialen Todesursachen. Dies entspricht den Werten, die in Studien wiedergegeben wurden.

Da die Kombination unerwarteter plötzlicher Todeseintritt und Alter unter 35 Jahren im Regelfall die Reaktionskette nicht natürlicher oder ungeklärter Tod – Polizei – Staatsanwaltschaft – Obduktion auslösen sollte, könnte davon ausgegangen werden, dass alle entsprechenden Todesfälle im rechtsmedizinischen Untersuchungsgut erfasst wurden. Dass dies jedoch nicht für alle Herztode dieser Altersgruppe zutrifft bzw. ein bedeutender Anteil offenbar nicht unerwartet auftritt, zeigte die Differenz der 176 in der Todesursachenstatistik aufgeführten Verstorbenen und die 86 in dieser Altersgruppe aufgrund Herz- Kreislauf bezogener Todesursachen durchgeführten Obduktionen der rechtsmedizinischen Institute Berlins. Somit ergab sich auf

Grundlage der Zahlen dieser Arbeit ein Anteil der Hypertrophie und hypertrophen Kardiomyopathie an den rechtsmedizinisch untersuchten Herztodesfällen von 20 %. Es wird deutlich, dass sich aufgrund der verschiedenen Herangehensweisen grundsätzlich andere Zahlenwerte ergeben.

Eine weitere Problematik im Vergleich mit den Ergebnissen dieser Arbeit ergab sich, sah man sich die Häufigkeiten des Plötzlichen Herztodes und der hypertrophen Kardiomyopathie in der Todesursachenstatistik von Berlin [16] für den o.g. Zeitraum in der Altersgruppe der 15- bis 35-Jährigen an. Demnach gab es lediglich zwei Fälle von plötzlichem Herztod (ICD-10 I 461), hochgerechnet auf 100.000 Verstorbene dieser Altersgruppe entspräche dies 84 Fällen. Unter allen in der Statistik erfassten Verstorbenen in Berlin gab es 122 Fälle des ‚Plötzlichen Herztodes‘ (Inzidenz 74/100.000). Inzidenzen, wie sie auch in den Studien zu finden waren.

Von der Todesursachenstatistik gesondert erfasst, wurden die Fälle an hypertropher Kardiomyopathie (ICD-10 I 421 und I 422). Demnach gab es in Berlin insgesamt 11 Fälle an hypertropher Kardiomyopathie (Inzidenz 7/100.000), davon jedoch nur einen in der Altersgruppe der 15- bis 35-jährigen. Statistisch gesehen entspräche dies einer altersspezifischen Inzidenz von 42/100.000.

**Tabelle 12 Ausschnitt aus der Todesursachenstatistik Berlin 2000 – 2004 [16]**

Jahr	Todesfälle insgesamt	Todesfälle (15-35 J.) insgesamt	Todesfälle (15-35 J.) Kreislaufsystem	Hypertrophe Kardiomyopathie		Plötzlicher Herztod	
				Insg.	15-35 Jahre	Insg.	15-35 Jahre
2000	33.335	585	46	1	-	21	-
2001	32.826	470	30	3	-	28	1
2002	33.492	521	40	-	-	25	1
2003	33.146	410	26	3	1	31	-
2004	31.792	409	34	4	-	17	-
	164.591	2.395	176	11	1	122	2

Ursache für die Differenz der Fallzahlen des ‚Plötzlichen Herztodes‘ und der hypertrophen Kardiomyopathie im Vergleich der Statistik mit den rechtsmedizinischen Fällen könnte zum Einem sein, dass sich das Statistische Landesamt bei der Zuordnung der Todesfälle an der Einteilung des ICD-10 orientiert. Dabei fällt

jedoch auf, dass sowohl der plötzliche Herztod (ICD- 10 I 461) als Diagnose für den Herzstillstand, wie auch die Ursachen des plötzlichen Herztodes getrennt voneinander aufgelistet werden und im Rahmen der Statistik jeder Todesfall nur einer Diagnose zugeordnet werden kann. Ein Beispiel sei der Myokardinfarkt genannt, der in allen Studien im Rahmen der Koronaren Herzkrankheit als eine der Hauptursachen für den plötzlichen Herztod angeführt wurde. Nach der Todesursachenstatistik ist er jedoch eine vom ‚Plötzlichen Herztod‘ unabhängige Entität.

Dass sich der Fallgruppe B 17 Fälle hypertropher Kardiomyopathie/ Hypertrophie zuordnen ließen, denen in der Todesursachenstatistik nur ein Fall gegenüber steht, ließe sich vielleicht damit erklären, dass es neben der ‚hypertrophen obstruktiven Kardiomyopathie‘ (ICD-10 I 421 ), u.a. außerdem noch die Diagnosen ‚Kardiomyopathie, nicht näher bezeichnet‘ (I 429) und ‚Kardiomegalie‘ (I 517) mit insgesamt weiteren acht Todesfällen gab, hinter denen sich – genau wie beim ‚Plötzlichen Herztod‘ - Fälle einer hypertrophen Kardiomyopathie verbergen könnten.

Schwachpunkt dieser Untersuchung war die retrospektive Betrachtung der Todesfälle und damit die Grundlage, auf der in den Instituten die Obduktionen erfolgten. Eine postmortem festgestellte Hypertrophie des Herzens, wurde in der rechtsmedizinischen Routine selten histologisch und nie genetisch als hypertrophe Kardiomyopathie gesichert, so dass die Diagnosen der Obduktionen z.T. stark abhängig vom jeweiligen Obduzenten und seinen Erfahrungen waren. Somit lässt sich ohne Histologie und Genetik bei den 17 gefundenen Fällen von Herzhypertrophie und hypertropher Kardiomyopathie nicht sicher sagen, ob es sich tatsächlich um eine hypertrophe Kardiomyopathie handelte.

Zusätzlich zeigten Studien, die sich mit der genetischen Ursache der hypertrophen Kardiomyopathie beschäftigten, dass einige Patienten mit einer HCM-spezifischen Mutation von Troponin I vor Todeseintritt durchaus kardiale Symptome präsentierten, makroskopisch jedoch keine Hypertrophie sichtbar war [28]. Dies bedeutete, dass auch hier die Diagnose der hypertrophen Kardiomyopathie als Todesursache einer zusätzlichen histologischen und – wie bei anderen genetisch determinierten Erkrankungen des Herzens – molekularbiologischen Untersuchung bedarf.

Im Weiteren zeigten Studien, dass in den letzten 50 Jahren bis zu 60 % der Diagnosen auf dem Totenschein falsch gestellt wurden [29]. Dabei zeigte sich auch, dass dies besonders Todesfälle betrifft, die sich zu Hause ereignen und damit vor

allem auch die plötzlichen Todesfälle betreffen. Eine Todesursachenstatistik, die auf diesen Diagnosen aufbaut, ist damit für den Vergleich mit anderen Ländern nur begrenzt aussagekräftig.

#### 4.2 Diskussion der Ergebnisse

Bei der vergleichenden Auswertung der Ergebnisse aller Fallgruppen, zeigte sich, dass die Fallgruppe der ‚Herzhypertrophie und hypertrophen Kardiomyopathie‘ mit 539 g das deutlich höchste durchschnittliche Herzgewicht hatte. Der Durchschnittswert des Untersuchungsgutes lag bei 409 g und das niedrigste Durchschnittgewicht hatte die Fallgruppe der ungeklärten Todesfälle mit 341 g. Der ermittelte Durchschnittswert der Herzgewichte des Rechtsmedizinischen Obduktionsmaterials der FU bei den 20- bis 60-Jährigen betrug 346 g [2].

Da die Fallgruppe der Hypertrophie/hypertrophen Kardiomyopathie mit 90 kg auch das höchste durchschnittliche Körpergewicht hatte, stellte sich die Frage, ob das erhöhte Herzgewicht Folge des erhöhten Körpergewichtes ist. Dazu zeigte sich jedoch zum einem im Vergleich mit der koronaren Fallgruppe, dass sich bei einer Differenz des durchschnittlichen Herzgewichtes von 108 g, eine Differenz von nur 5 kg beim durchschnittlichen Körpergewicht ergab. Die Differenz zum durchschnittlichen Körpergewicht des gesamten untersuchten Fallmaterials betrug dagegen 11,2 kg. Folglich konnte nicht allein das erhöhte Körpergewicht dieser Verstorbenen Ursache für das erhöhte Herzgewicht sein.

**Tabelle 13 Die Ergebnisse der verschiedenen Fallgruppen im Vergleich**

Fallgruppe	Fallzahl (n)	♀	♂	Ø Alter in a	Ø KG in kg	Ø Herzgewicht in g
Gesamt	145	40	105	28	77	409
koronar (A)	29	5	24	32	85	431
Hypertrophie/HCM (B)	17	2	15	27	90	539
kardial (C)	40	13	27	26	72	424
unklar (D)	36	15	21	28	70	341
‚Krampfanfall‘	15	5	10	27	84	364
‚Stoffwechsel- entgleisung‘	8	-	8	33	74	367

Verglich man die Todesfälle verursacht durch eine Stoffwechsellentgleisung mit der Fallgruppe D, fiel auf, dass sich Körpergewicht und Herzgewicht nur wenig unterschieden. Im Altersdurchschnitt waren die Verstorbenen der Fallgruppe D jedoch 5 Jahre jünger. Beim Vergleich der an einem ‚Krampfanfall‘ Verstorbenen mit Fallgruppe D ergab sich eine annähernde Übereinstimmung bezüglich des Alters und des Herzgewichtes. Aufgrund des deutlich niedrigeren durchschnittlichen Körpergewichtes, ergibt sich jedoch ein im Durchschnitt höheres relatives Herzgewicht in der Fallgruppe D. Im Ergebnis lässt sich daraus schließen, dass zwischen den Fallgruppen A bis D und den Todesursachen ‚Krampfanfall‘ und ‚Stoffwechsellentgleisung‘ keine allgemeingültigen Parallelen gezogen werden konnten, die einen möglichen Zusammenhang zum ‚Plötzlichen Herztod‘ zeigten.

Betrachtete man dann das relative Herzgewicht, den BMI und das Herzgewicht nach Zschoch (siehe Erläuterung Seite 16f.), zeigte sich bei den Fällen mit der Hypertrophie/ hypertrophen Kardiomyopathie, dass von zehn Verstorbenen mit einem Herzgewicht von 500 g und mehr, in sechs Fällen (Fall b-4, b-11 und b-13 bis b-16) sowohl das relative Herzgewicht erhöht war, d.h.  $> 0,1$  % über dem zugrunde liegenden Normwert [17] lag, als auch das Herzgewicht nach Zschoch um 80 bis 320 g erhöht war (siehe Tab. 4 Seite 22). Definitionsgemäß ist nach Zschoch ab einer Differenz von mehr als 50 g von einer Hypertrophie des Herzens auszugehen. Bei zwei weiteren dieser zehn Fälle (Fall b-6 und b-7) war dagegen das Herzgewicht von über 600 g weder in Bezug auf das relative Herzgewicht noch auf den Richtwert nach Zschoch erhöht. Die beiden Verstorbenen hatten eine Adipositas I. bzw. II. Grades. Diagnostiziert wurde bei diesen Fällen kardiales Versagen bei Herzhypertrophie und Herzdilatation (Fall b-6), sowie primäres Herzversagen bei fraglicher Intoxikation (Fall b-7). Somit lag bei beiden Fällen sicher eine Hypertrophie des Herzens vor, jedoch war als Ursache nicht sicher die hypertrophe Kardiomyopathie zu sehen. Kritisch hinterfragt werden muss, inwieweit die zur Hilfe genommenen Richtwerte bei derart starkem Übergewicht gültig sind. In Fall b-17 war sicherlich die Adipositas III. Grades Ursache für das Herzgewicht von 500 g. Mit einem Herzgewicht von jeweils 410 g, wurde in zwei Fällen von normalgewichtigen Verstorbenen nicht das kritische Herzgewicht überschritten, dennoch ist in einem Fall (Fall b-9) der Richtwert nach Zschoch um 107 g überschritten und das relative Herzgewicht deutlich erhöht. Bei dem zweiten Fall (Fall b-3) lag eine

grenzwertige Überschreitung des Richtwertes von 50 g bei normalem relativen Herzgewicht vor. Diagnose der rechtsmedizinischen Untersuchung war hier eine schwere linksventrikuläre muskuläre Hypertrophie, wie sie auch für die hypertrophe Kardiomyopathie typisch ist.

Die verbleibenden vier Fälle (Fall b-1, b-2, b-5 und b-8) hatten ein unauffälliges Herzgewicht. Die Diagnosen auf dem Sektionsbericht lauteten Vd.a. Herztod, Hirntod nach Kreislaufkollaps, biventrikuläre Herzvergrößerung und akutes Linksherzversagen bei ätiopathogenetisch nicht charakterisierter Kardiomyopathie.

Vergleicht man die Ergebnisse der Fallgruppe B mit denen der ungeklärten Todesursache, zeigte sich bei letzteren, dass das durchschnittliche Herzgewicht nach Zschoch 43 g über dem durchschnittlichen Herzgewicht der Fallgruppe lag. Dagegen lag das durchschnittliche Herzgewicht der hypertrophen Herzen 78 g über dem Richtwert. Dennoch erfüllten bei den ungeklärten Todesfällen die Herzen von zwei Fällen (Fall d-9 und d-30) die zu berechnenden Kriterien der Hypertrophie. Jedoch wurde diese hier nicht als todesursächlich eingestuft.

Da die Zuordnung zu den verschiedenen Fallgruppen u.a. aufgrund der makroskopischen Befunde erfolgte, sind diese Ergebnisse sehr gruppenspezifisch. So gab es außerhalb der Fallgruppe mit den koronaren Todesfällen nur drei weitere Fälle mit einer einengenden Koronarsklerose. Arteriosklerose ließ sich allerdings in allen Fallgruppen beobachten (Tab. 10 Seite 38). 25 Fälle (= 83 % der Fallgruppe) mit koronarer Todesursache hatten eine Arteriosklerose, davon vier Fälle eine höhergradige Arteriosklerose. Weitere Fälle mit einem höhergradigen Befund gab es im gesamten Untersuchungsgut nicht. Bei den Fällen mit kardialer Todesursache hatten 40 % einen geringgradigen Befund und bei weiteren 45 % sah man keine Arteriosklerose. Ein eher in diese Richtung weisendes Ergebnis zeigte sich auch in der Fallgruppe B (47 % geringgradige Arteriosklerose, 41 % keine Arteriosklerose) und bei den Todesfällen mit ungeklärter Todesursache (44 % geringgradige Arteriosklerose, 56 % keine Arteriosklerose).

Eine Hypertrophie zeigte sich bei deutlich mehr Herzen (n= 53), als nur bei den Fällen, die der Fallgruppe B (n= 17) zugeordnet wurden. Dazu zählten u.a. Fälle mit Koronarsklerose (n= 14) und elf weitere Fälle mit kardialen Todesursachen. In diesen Fällen war die Hypertrophie als Folgeerscheinungen der Erkrankungen des Herzens aufgetreten. In acht Fällen mit beschriebener Hypertrophie war die Todesursache

ungeklärt, so dass auch die Ursache für die Hypertrophie ungeklärt war, jedoch ging man im Rahmen der Sektion offenbar nicht von einer primären Hypertrophie aus. Lediglich in zwei Fällen war auch das spezifische Herzgewicht erhöht. Die anderen Herzen waren diesbezüglich unauffällig.

Bei dem Vergleich der vier Fallgruppen bezüglich der Zeitspanne, innerhalb derer wahrscheinlich der Tod eingetreten war, zeigte sich dass Todesfälle mit unbekannter Zeitspanne, die größte Fraktion in der Gruppe der ‚ungeklärten Todesursache‘ bilden. Außerdem wurden bei den Todesfällen mit ungeklärter Todesursache im Vergleich zu den Fällen der anderen Fallgruppen, bedeutend häufiger keine Symptomatik beobachtet. Dies schließt jedoch das Vorhandensein von Symptomen nicht aus.

Demgegenüber hatte die Fallgruppe der ‚hypertrophen Herzen/hypertrophe Kardiomyopathie‘ mit 71 % den verhältnismäßig größten Anteil der Todesfälle, die innerhalb einer Stunde eingetreten waren.

Den Fundort betreffend zeigte sich, dass in der Fallgruppe der koronaren und ungeklärten Todesursache, die deutliche Mehrheit der Betroffenen (76 % Fallgruppe A, 83 % Fallgruppe D) zuhause verstarb. Bei den weiteren kardialen Todesursachen verstarben 60 % in der Wohnung und 35 % in der Öffentlichkeit. Die Häufigkeit in der Fallgruppe B verteilte sich mit jeweils 50 % gleichmäßig.

#### **4.3 Problematik der Messwerte**

Problematisch bei der Auswertung der Studien und dem Vergleich mit dem untersuchten Fallmaterial war u.a. auch die Bewertung eines normalen Herzgewichtes.

Kritisches Herzgewicht liegt vor ab einem Gewicht von 500 g. Ab diesem Wert ist eine ausreichende koronare Versorgung des Herzens nicht mehr gewährleistet, so dass dies zu tödlichen Komplikationen führen kann.

Weit verbreiteter Standard für das relative Herzgewicht ist für Männer der Wert von 0,45 % und für Frauen von 0,40 %. Nahm man jedoch diese Werte als Grundlage, so hatten mehr als 75 % der untersuchten Fälle ein erhöhtes Herzgewicht. Aus diesem Grunde dienten anstelle dessen Werte, die aus Daten von Sektionsberichten des rechtsmedizinischen Institutes der FU in Dahlem ermittelt wurden als Grundlage [2].

Demnach galt für Männer ein relatives Herzgewicht von 0,52 % und für Frauen von 0,49 %. Eine entsprechend ähnliche Problematik zeigte sich bei einer spanischen Studie, die 19 Fälle von plötzlichem unerwarteten Tod untersucht hatte und bei der in 12 Fällen aufgrund der Normwertgrenzen des relativen Herzgewichtes ein erhöhtes Herzgewicht bestand, wobei es sich in keinem dieser Fälle um eine (pathologische) Hypertrophie handelte [21].

Allerdings war das relative Herzgewicht allein kein gut verwertbarer Parameter für die allgemeine Einschätzung einer gesunden Herzgröße, da ein überhöhtes Körpergewicht ein vergrößertes Herz oft als normal groß erscheinen ließ. Aus diesem Grund, wurde für alle untersuchten Fälle auch der Body-Mass-Index berechnet (siehe Seite 16). Dieser zeigte, dass in der Fallgruppe der hypertrophen Kardiomyopathie bei den neun Fällen mit einem Herzgewicht über 500 g, das relative Herzgewicht deutlich erhöht war und das errechnete Herzgewicht nach Zschoch (siehe Seite 16f.) deutlich unterhalb des tatsächlich erreichten Herzgewichtes lag. Bei zwei Fällen mit Adipositas I. und II. Grades waren weder relatives Herzgewicht noch Herzgewicht nach Zschoch auffällig.

Auf der anderen Seite gab es aber auch zwei Verstorbene mit einem nach BMI normalem Gewicht, die mit 410 g nach relativem Herzgewicht und Herzgewicht nach Zschoch ein individuell deutlich erhöhtes Herzgewicht hatten (siehe Tab. 14).

**Tabelle 14 Korrelation von Herz- und Körpergewicht aus der Fallgruppe ‚hypertrophe Kardiomyopathie‘**

Fallnummer b-	Herzgewicht in g	Körpergewicht in kg	BMI Gewichtsklassen	relatives Herz- gewicht in %	Herzgewicht n. Zschoch
3	410	63	Normalgewicht	<b>0,65</b>	<b>360</b>
4	<b>557</b>	71	Normalgewicht	<b>0,78</b>	<b>406</b>
6	<b>610</b>	135	Adipositas I.	0,45	675
7	<b>630</b>	147	Adipositas II.	0,43	735
9	410	53	Normalgewicht	<b>0,77</b>	<b>303</b>
11	<b>515</b>	76	Normalgewicht	<b>0,68</b>	<b>434</b>
12	<b>564</b>	97	Übergewicht	0,58	<b>485</b>
13	<b>575</b>	63	Normalgewicht	<b>0,91</b>	<b>360</b>
14	<b>880</b>	112	Übergewicht	<b>0,79</b>	<b>560</b>
15	<b>720</b>	76	Normalgewicht	<b>0,95</b>	<b>434</b>
16	<b>730</b>	108	Adipositas II.	<b>0,68</b>	<b>540</b>

Neben der Bestimmung des Herzgewichtes ist die Messung der Wandstärke des linken Ventrikels eine weitere Möglichkeit der Einschätzung einer Hypertrophie des Herzens. Jedoch können beide nicht mehr als zuverlässiges Kriterium der Hypertrophie gewertet werden. Die Messung der Wanddicke ist wenig aussagekräftig, da die Wanddicke vom Durchmesser der Ventrikel abhängt und Messfehler das Messergebnis erheblich verfälschen können. In der Literatur gibt es unterschiedliche Angaben zum Normwert der Wanddicke der linken Herzkammer mit Werten bis zu 16 mm [13,20]. Bei Werten oberhalb von 15 mm ist – gerade auch in Bezug auf die in dieser Arbeit gefundenen Ergebnisse – jedoch von einer Zunahme der Wanddicke auszugehen.

Ausgeschlossen von der Untersuchung wurden auch Fälle, in den die Obduktion aufgrund von Fäulnis erschwert war. Dabei musste davon ausgegangen werden, dass die Definition des Fäulnisgrades abhängig war von der Differenzierung und Erfahrung der jeweiligen Obduzenten, so dass sich innerhalb der Institute sowie zwischen den Instituten Unterschiede ergeben konnten, die jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht zu eruieren waren.

#### **4.4 Ursachen für den „Plötzlichen Herztod“ bei strukturell normalen Herzen**

Untersucht wurden auch Fälle, bei denen es für den Herzstillstand keine strukturellen Abnormalitäten, d.h. keine histologischen Auffälligkeiten in tödlichem Ausmaß gab. Daher ist es auch möglich, dass der Grund für diese Todesfälle nicht primär kardial war, jedoch in der Sektion nicht gefunden wurde. Um dies weitestgehend auszuschließen, wurde darauf geachtet, dass Fälle mit Faktoren, die darauf hinweisen, wie z.B. Intoxikation, nicht eingeschlossen wurden.

Ursachen für den plötzlichen Herztod bei strukturell normalen Herzen sind in bis zu 1/3 der Fälle Erkrankungen mit Veränderungen der Erregungsleitung des Herzens, die durch Mutationen in Genen verursacht sind, die Ionenkanäle kodieren; oder auch das Wolff-Parkinson-White-Syndrom, dem ein akzessorisches Nervenbündel zugrunde liegt. Beispiele für Ionenkanalmutationen sind das Long-QT-Syndrom und das Brugada-Syndrom, bei denen Mutationen am Kalium- und/ oder Natriumkanalgen ursächlich sind. Das kongenitale Long-QT-Syndrom ist eine genetisch heterogene Erkrankung, die oft - aber nicht zwingend – mit einer Verlängerung der QT-Zeit im

EKG gekennzeichnet ist. Unterschieden werden 9 Subtypen mit über 200 Mutationen verschiedener Ionenkanalgene auf den Chromosomen 3, 4, 7, 11, 12, 17 und 21. Studien haben gezeigt, dass Patienten mit einem Long-QT-Syndrom Typ 1, unter physischem und psychischem Stress, Synkopen entwickeln. Beim Long-QT-Syndrom Typ 3 treten die Symptome meist in Ruhe, oft im Schlaf auf. Bei 12 % aller Patienten mit Long-QT-Syndrom ist der plötzliche Herztod die erste Manifestation dieser Erkrankung [30].

Dem Short-QT-Syndrom liegen Mutationen an Kaliumkanalgenen zugrunde, die auch mit dem Long-QT-Syndrom assoziiert sind und mit einem verkürzten Aktionspotential einhergehen. Patienten mit einem Short-QT-Syndrom haben ein erhöhtes familiäres Risiko für den plötzlichen Herztod [30].

Patienten mit dem Brugada-Syndrom haben im EKG sattelartige ST-Hebungen bei atypischem Rechtsschenkelblock in den Ableitungen V1 bis V3, die nur intermittierend auftreten und durch die Gabe von Natriumkanal-Blockern demaskiert werden können. Patienten mit einem Brugada-Syndrom weisen regelmäßig Tachyarrhythmien als Ursache für einen plötzlichen Todeseintritt auf [30].

Da diese Krankheitsbilder ihren Ursprung im Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystem des Herzens haben, liegt nicht immer ein morphologisches Substrat, das den plötzlichen Tod erklärt, vor. Um diese Erkrankungen dennoch zu erkennen, ist eine molekulargenetische Diagnostik der DNS des Patienten zur Identifizierung der Mutationen notwendig, wie sie im Rahmen einer rechtsmedizinischen Untersuchung nicht stattfinden können. Bereits vor Manifestation durch den Herztod könnten die Diagnosen z.T. mit dem EKG oder auf molekularer Ebene gestellt werden, wofür es bei jungen Menschen ohne Beschwerden jedoch keine Indikation gibt und die Erkrankung damit unentdeckt bleiben kann. Insgesamt ist die Fallgruppe der ungeklärten Todesursachen dieser Untersuchung jedoch zu klein um allgemeingültige Parallelen zu ziehen, die eine Klassifikation ermöglichen. Auch die Literatur gibt bis heute keine einheitlichen Richtlinien, an denen man sich zur Klassifikation dieser Fälle orientieren kann [30].

Abschließend lässt sich sagen, dass es bereits eine Vielzahl von Studien gibt, die sich mit der Epidemiologie, der Klinik und der Pathophysiologie des plötzlichen unerwarteten Todes bei jungen Erwachsenen beschäftigt haben, dennoch ist es weiterhin ein unklar begrenztes Feld an Todesfällen, bei denen es der Wissenschaft

nicht möglich ist, ihre Ursache oder den Mechanismus zu erklären. Einen ersten Schritt in die richtige Richtung gehen die noch weit gefassten Begriffe des „sudden unexplained death syndrom“ (SUDS) für Todesfälle ohne autoptisch erkennbare Ursache nach dem ersten Lebensjahr oder der „Plötzliche Erwachsenentod“, anlehnend an das „sudden infant death syndrom“ (SIDS), die verdeutlichen, dass es Zusammenhänge geben muss, denen man nachgehen sollte.

Viele Untersuchungen belegen inzwischen, dass vor allem bei ungeklärten Todesfällen, die Ursache in genetisch determinierten kardialen Erkrankungen zu suchen ist, die durchaus mit einem strukturell unauffälligen Herzen einhergehen. Möchte man die Fälle mit Hypertrophie/hypertropher Kardiomyopathie und ungeklärter Todesursache klassifizieren, wären daher neben der Obduktion ergänzende Untersuchungen wie die molekularbiologische Diagnostik notwendig, die damit den Aufwand und die Kosten der Todesursachenfeststellung deutlich erhöhen würden. Vorteile gäbe es jedoch v.a. auf Seiten der Angehörigen. Zum einem gäbe es die Gewissheit über die Todesursache, zum anderen – und klinisch deutlich relevanter – wäre es möglich, Angehörige mit erhöhtem Risiko für den plötzlichen Herztod zu erkennen und adäquat zu behandeln.

## **5 Zusammenfassung**

Eine häufige und bekannte Ursache des ‚Plötzlichen (Herz-)Todes‘ ist die koronare Herzkrankheit. Bei den jüngeren Verstorbenen ( $\leq 35$  Jahre) wird zunehmend auch die hypertrophe Kardiomyopathie, eine autosomal-dominant vererbte Krankheitsgruppe, diskutiert. Verantwortlich sind Mutationen in mindestens elf verschiedenen Genen, die zu Veränderungen im Bereich der Sarkomere führen und mit kardialer Dysfunktion einhergehen. Das Risiko der hypertrophen Kardiomyopathie einem plötzlichen Herztod zu erliegen, wird auf 1 % der Patienten pro Jahr geschätzt [8,13]. In Abhängigkeit vom Erkrankungsalter und bei bedeutsam symptomatischen Patienten kann die jährliche Mortalität 2-6 % betragen [1,8]. Häufig kommt es bei Patienten mit hypertropher Kardiomyopathie vor Todeseintritt jedoch nicht zur Diagnosestellung, da die Patienten oft keine oder unspezifische Symptome präsentieren.

Bleibt die Ursache des plötzlichen Todeseintrittes ungeklärt, ist gerade in dieser Altersgruppe der Ausschluss nicht-natürlicher Ursachen erforderlich.

Um die Frage zu klären, ob Todesfälle mit hypertrophem Herz oder ungeklärter Todesursache als hypertrophe Kardiomyopathie anhand von noch nicht bestehenden Kriterien klassifiziert werden können, wurden die Sektionsakten der rechtsmedizinischen Institute Berlin-Dahlem (FU), Berlin-Mitte (HU) und des Landesinstitutes für soziale und gerichtliche Medizin Berlin im 5-Jahreszeitraum vom 1. Januar 2000 bis 31. Dezember 2004, sowie Studien über den plötzlichen Herztod ausgewertet. Einschlusskriterien für das Untersuchungsgut und die Studien waren die Zugehörigkeit zur Altersgruppe von 15 bis 35 Jahren, der Tod aus kardialer oder ungeklärter natürlicher Ursache und Angaben verschiedener Messwerte, wie das Herz- und Körpergewicht. Mittels Toxikologie musste ausgeschlossen sein, dass Drogen- und Alkoholmissbrauch den Tod herbeiführten. Studien sollten außerdem Angaben zu weiterführenden Untersuchungen, wie z.B. Histologie, machen.

Von 11.535 obduzierten Verstorbenen erfüllten 145 die o.g. Einschlusskriterien. Die Todesursachen waren: koronar bedingt (n= 29), Herzhypertrophie/ hypertrophe Kardiomyopathie (n= 17), andere kardiale Ursachen (n= 40), ungeklärt (n= 36),

Krampfanfall (n= 15), Stoffwechsellentgleisung (n= 8). Eine derartige Verteilung zeigte sich auch in Studien zum ‚Plötzlichen Herztod‘ [3,5,6].

Betrachtete man das Herzgewicht der verschiedenen Gruppen, zeigte sich, dass die Fallgruppe ‚hypertrophe Kardiomyopathie‘ mit 541 g das deutliche höchste Herzgewicht hatte. Gleichzeitig hatte diese Fallgruppe auch das höchste Körpergewicht. Im Vergleich mit der koronaren Fallgruppe sah man jedoch, dass sich das durchschnittliche Körpergewicht nur geringfügig unterschied und es trotzdem einen deutlichen Unterschied beim durchschnittlichen Herzgewicht gab. Die Fallgruppe mit der ungeklärten Todesursache lag bei durchschnittlichem Alter deutlich unterhalb des Durchschnittes bei Körper- und Herzgewicht.

Des Weiteren war das Durchschnittsalter der Todesfälle an koronarer Herzkrankheit deutlich höher, im Fall der Hypertrophie/ hypertrophen Kardiomyopathie niedriger als das Durchschnittsalter der gesamten Untersuchungsgruppe. Makroskopisch bestätigte sich, dass die koronare Fallgruppe deutlich häufiger und schwerer von Arteriosklerose betroffen war. Die anderen Fallgruppen zeigten annähernd gleiche Ergebnisse.

In der Fallgruppe der Hypertrophie/hypertrophen Kardiomyopathie verstarben 71 % der Betroffenen innerhalb einer Stunde. Bei den meisten ungeklärten Fällen war nicht bekannt, ob es im Vorfeld herztodspezifische Symptome gab.

Eine Korrelation der Fallgruppen ‚Krampfanfall‘ und ‚Stoffwechsellentgleisung‘ mit dem ‚Plötzlichen Herztod‘ konnte nicht festgestellt werden.

Als mögliche Ätiologie der ungeklärten Todesursachen wurden in Studien Erkrankungen des Erregungsbildungs- und Erregungsleitungssystems wie das Long-QT-Syndrom oder das Brugada-Syndrom diskutiert, die nicht immer über ein morphologisches Substrat verfügen [26].

Im Vergleich mit der Todesursachenstatistik Berlin zeigte sich, dass ca. 50 % der Herztodesfälle im Alter von 15 bis 35 Jahren im Untersuchungszeitraum nicht rechtsmedizinisch untersucht wurden. Außerdem ergaben Studien, dass in 60 % der Fälle die Diagnosen auf den Totenscheinen nicht stimmten [29]. Aufgrund dessen, sowie der geringen Fallzahl und der nicht standardisierten Untersuchungen ist es nicht möglich, allgemeingültige Parallelen zu ziehen. Aus medizinischer Sicht sollte daher angestrebt werden, entsprechende Todesfälle molekulardiagnostisch zu untersuchen, auch wenn dies mit wesentlich aufwendigeren, zeit- und kostenintensiveren

Untersuchungen verbunden wäre. Schafft man es diese Herztodesfälle zu klassifizieren, kann man auf diese Weise Risikogruppen erkennen, entsprechen therapieren und hat damit die Möglichkeit weiteren Todesfällen vorzubeugen.

## 6 Literaturverzeichnis

- [1] Brinkmann B, Madea B. Plötzlicher Tod im Erwachsenenalter. In: Handbuch gerichtliche Medizin Bd.1. Springer Verlag 2004:974-1005
- [2] Kruse B. Herzgewicht. In: Einfluß der Agonie und anderer Faktoren auf das postmortale Organgewicht (Promotion). Berlin 1998:36
- [3] Corrado D, Basso C, Thiene G. Sudden cardiac death in young people with apparently normal heart. *Cardiovasc Research* 2001;50:399-408.
- [4] Wisten A, Forsberg H, Krantz P, Messner T. Sudden cardiac death in 15-35- year olds in Sweden during 1992-99. *Journal of Internal Medicine* 2002; 252:529-536
- [5] Drory Y, Turetz Y, Hiss Y, et al. Sudden unexpected death in persons <40 years of age (abstract). *Am J Card* 1991;68:1388-1392
- [6] Doolan A, Langlois N, Semsarian C. Causes of sudden cardiac death in young Australians. *MJA* 2004;180:110-112
- [7] Bowker TJ, Wood DA, Davies MJ, et al. Sudden, unexpected cardiac or unexplained death in England: a national survey. *Q J Med* 2003;96:269-279
- [8] Gietzen FH, Schümmelfeder J, Neuser H, et al. Hypertrophische Kardiomyopathie – Myektomie, Schrittmacher, TASH oder ICD?. *Herz* 2005;30:102-10
- [9] Böcker, Denk, Heinz. Allgemeine Kreislaufpathologie. In: Pathologie. 3.Auflage Urban & Fischer Verlag 2004
- [10] Remmele W. Pathologie 1 : Rechtsfragen in der Pathologie, Einführung in die bioptische Diagnostik, Herz und Gefäßsystem, Hämatologie, Milz, Thymus. 2.Auflage Springer Verlag 1998:132-135,143-164
- [11] Pellnitz C, Geier C, Perrot A, et al. Der plötzliche Herztod bei familiärer hypertropher Kardiomyopathie – Identifizierung von Hochrisikopatienten. *Dtsch Med Wochenschr* 2005;130:1150-1154
- [12] Spirito P, Seidman CE, McKenna WJ, et al. The management of hypertrophic cardiomyopathy. *N Engl J Med* 1997;336:775-785
- [13] Elliot P, McKenna WJ. Hypertrophic cardiomyopathy. *Lancet* 2004;363:1881-91

- 
- [14] Wagner J. Hypertroph-obstruktive Myokardiopathie. In: Praktische Kardiologie für Studium, Klinik und Praxis. 2.Auflage Springer Verlag 1992:275-276
- [15] Cecchi F, Olivotto I, Nistri S, et al. Klinischer Behandlungspfad bei hypertrophischer obstruktiver Kardiomyopathie (Abstract). Herz 2006;31
- [16] Todesursachenstatistik 2000 – 2004. Landesamt für Statistik Berlin
- [17] Krakau I, Lapp H. Der Linksherzkatheter In: Das Herzkatheterbuch - Diagnostische und interventionelle Kathetertechniken. 2. Auflage Georg Thieme Verlag 2005:77
- [18] Shen WK, Edwards WD, Hammill SC, et al. Sudden unexpected nontraumatic death in 54 young adults: A 30-year population-based study. Am J Cardiol 1995;76:148–152
- [19] Eckart RE, Scoville SL, Campbell CL, et al. Sudden death in young adults: A 25-year review of autopsies in military recruits. Ann Intern Med. 2004;141:829-834
- [20] Chugh SS, Kelly KL, Titus JL. Sudden cardiac death with apparently normal heart. Circulation. 2000;102:649-654
- [21] Morenti B, Suarez-Mier MP, Aguilera B. Sudden unexplained death among persons 1-35 years old. Forensic Science International 2003;135:213-217
- [22] Zipes DP, Wellens HJJ. Sudden cardiac death. Circulation. 1998;98:2334-2351
- [23] Virmani R, Burke AP, Farb A. Sudden cardiac death. Cardiovascular Pathology 2001;10:211-218
- [24] Chugh SS, Jui J, Gunson K, et al. Current burden of sudden cardiac death: Multiple source surveillance versus retrospective death certificate-based review in a large U.S. community. JACC 2004;44:1268-75
- [25] Firoozi S, Sharma S, Hamid MS, et al. Sudden death in young athletes: HCM or ARVC? In: Symposium: Unexpected cardiac arrest in apparently healthy people. Cardiovascular Drugs and Therapy 2000;16:11-17
- [26] Corrado D, Basso C, Schiavon M, et al. Screening for hypertrophic cardiomyopathy in young athletes. N Engl J Med 1998;339:364-369

- [27] Wisten A, Andersson S, Forsberg H, Krantz P, Messner T. Sudden cardiac death in the young in Sweden: electrocardiogram in relation to forensic diagnosis. *Journal of Internal Medicine* 2004;255:213-220
- [28] Mogensen J, Murphy RT, Kubo T, et al. Frequency and clinical expression of cardiac Troponin I mutations in 748 consecutive families with hypertrophic cardiomyopathy. *JACC* 2004;44:2315-25
- [29] Madea B. Feststellung der Todesursache. In: *Die ärztliche Leichenschau: Rechtsgrundlagen – praktische Durchführung – Problemlösungen*. Springer Verlag 1999:159-165
- [30] Kaufenstein S, Kiehne N, Neumann T, et al. Plötzlicher Herztod bei jungen Menschen durch kardiale Gendefekte. *Dtsch Arztebl Int* 2009;106(4):41-7

## **7 Tabellenverzeichnis**

### *1 Einleitung*

Tabelle 1	Internationale Untersuchungen zum Thema 'Plötzlicher Herztod'.....	8
-----------	--	---

### *3 Ergebnisse*

Tabelle 2	Verteilung der Todesursachen im Gesamtkollektiv .....	19
Tabelle 3	Übersicht der Fallgruppe ‚koronarer Herztod‘ .....	21
Tabelle 4	Übersicht über die Fallgruppe ‚Herzhypertrophie/hypertrophe Kardiomyopathie‘ .....	22
Tabelle 5	Übersicht der Fallgruppe mit sonstigen kardialen Todesursachen.....	23
Tabelle 6	Übersicht der Fallgruppe ‚ungeklärte Todesursache‘ .....	24
Tabelle 7	Verteilung von Normal- und Übergewicht/ Adipositas im Gesamtkollektiv .....	30
Tabelle 8	Verteilung des Herzgewichtes der weiteren kardialen Todesursachen	34
Tabelle 9	Todesursachen bei makroskopisch unauffälligen Herzen .....	37
Tabelle 10	Arteriosklerose im gesamten untersuchten Fallmaterial .....	38
Tabelle 11	Ergebnisse des Nachweises auf Ethanol aller untersuchten Fälle .....	44

### *4 Diskussion*

Tabelle 12	Ausschnitt aus der Todesursachenstatistik Berlin 2000 – 2004 .....	57
Tabelle 13	Die Ergebnisse der verschiedenen Fallgruppen im Vergleich.....	59
Tabelle 14	Korrelation von Herz- und Körpergewicht aus der Fallgruppe ‚hypertrophe Kardiomyopathie‘ .....	63

## 8 **Abbildungsverzeichnis**

### 1 *Einleitung*

Abbildung 1	Schematische Darstellung der Sarkomerproteine [12].....	10
-------------	---	----

### 3 *Ergebnisse*

Abbildung 2	Altersverteilung der Fälle mit unerwarteter kardialer und ungeklärter Todesursache.....	25
Abbildung 3	Altersverteilung der Todesursachen Krampfanfall und Stoffwechselentgleisung.....	25
Abbildung 4	Altersgruppen bei koronarer Todesursache.....	26
Abbildung 5	Altersverteilung der Fallgruppe 'Hypertrophie/Hypertrophe Kardiomyopathie' .....	27
Abbildung 6	Altersverteilung der Fallgruppe des kardial bedingten Todes .....	27
Abbildung 7	Altersverteilung der Fallgruppe mit ungeklärter Todesursache.....	28
Abbildung 8	Verteilung des Herzgewichtes im Gesamtkollektiv .....	29
Abbildung 9	Verteilung des BMI im Gesamtuntersuchungsgut.....	30
Abbildung 10	Verteilung des relativen Herzgewichtes im Gesamtuntersuchungsgut.....	30
Abbildung 11	Verteilung des Herzgewichtes in der Fallgruppe 'koronarer Herztod' .....	31
Abbildung 12	Verteilung des BMI in der Untergruppe ‚koronarer Herztod‘ .....	32
Abbildung 13	Herzgewicht der Fälle mit hypertrophem Herzen.....	33
Abbildung 14	Verteilung der Gewichtsklassen nach dem BMI in der Fallgruppe ‚andere kardiale Ursachen des plötzlichen Todes‘.....	34
Abbildung 15	Verteilung des Herzgewichtes in der Fallgruppe 'ungeklärte Todesursache' .....	35
Abbildung 16	Verteilung der Fallgruppe 'ungeklärte Todesursache' nach den Gewichtsklassen des BMI .....	36
Abbildung 17	Wandstärke des linken Ventrikels im gesamten Untersuchungsgut ..	39
Abbildung 18	Häufigkeiten der Wanddicke des linken Ventrikels .....	40
Abbildung 19	Wandstärken des linken Ventrikels bei Todesfällen mit ungeklärter Todesursache .....	43
Abbildung 20	Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt .....	48

---

Abbildung 21	Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚koronarer Herztod‘ .....	48
Abbildung 22	Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚Hypertrophie/ hypertrophe Kardiomyopathie‘ .....	49
Abbildung 23	Häufigkeitsverteilung des Vorhandenseins von Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe I ‚andere kardiale Ursachen des Todes‘ .....	49
Abbildung 24	Häufigkeitsverteilung der Verstorbenen mit herztodtypischen Symptomen und der entsprechende Zeitraum bis zum Todeseintritt in der Untergruppe ‚ungeklärte Todesursache‘ .....	50

#### *4 Diskussion*

Abbildung 25	Häufigkeit des Auftretens der koronaren Herzkrankheit und der hypertrophen Kardiomyopathie in den verschiedenen Altersgruppen	54
Abbildung 26	Prozentuale Verteilung der koronaren Herzkrankheit und hypertrophen Kardiomyopathie bezogen auf die Gesamtfallzahl in den verschiedenen Altersgruppen .....	54

## ***Danksagung***

Meinem Betreuer Prof. Dr. Helmut Maxeiner bin ich für die Überlassung des Themas, sowie seiner ausdauernden Unterstützung, seiner Kritik und seinen Anregungen bei der Erstellung dieser Arbeit zu sehr großem Dank verpflichtet.

Außerdem danke ich Dr. med. Britta Bockholdt, die eine unkomplizierte und schnelle Hilfe in einer schwierigen Phase darstellte, und gerade zu Beginn dieser Arbeit wertvolle Hinweise zur Erstellung gab. Des Weiteren danke ich den Mitarbeitern der drei rechtsmedizinischen Institute, die mir den Zugang zu allen notwendigen Daten ermöglichten.

Christian und Monika danke ich für ihr unermüdliches Korrekturlesen.

Meinem Freund Sascha, unserem Sohn Tim Alexander und meiner Mutter danke ich für ihre Unterstützung, sowohl das Medizinstudium und als auch diese Arbeit zu meistern.

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen  
Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

## ***Erklärung an Eides Statt***

Hiermit erkläre ich, Diana Burdack, an Eides Statt, dass die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: ‚Der plötzliche Tod 15- bis 35-Jähriger aufgrund hypertropher Kardiomyopathie im rechtsmedizinischen Obduktionsgut Berlin‘ von mir selbst und ohne die unzulässige Hilfe Dritter verfasst wurde, auch in Teilen keine Kopie anderer Arbeiten darstellt und die benutzten Hilfsmittel sowie die Literatur vollständig angegeben sind.

Unterschrift

Berlin, den 25.05.2009