

Aus der Medizinischen Klinik des Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf
Abteilung für Kardiologie
Elektrophysiologie, Angiologie, Intensivmedizin
Lehrkrankenhaus der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Direktor: Prof. Dr. med. E.G. Vester

**Erste Erfahrungen im Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren
bei Patienten mit nicht beobachtetem Herz-Kreislauftstillstand im Krankenhaus**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der
Medizin

Der Medizinischen Fakultät der Heinrich-Heine-Universität
Düsseldorf

vorgelegt von

Alexandra Kübler

2007

Als Inauguraldissertation gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

gez.: Univ.-Prof. Dr. med. Dr. rer. nat. Bernd Nürnberg
Dekan

Referent: Prof. Dr. med. Vester

Korreferent: Prof. Dr. med. Strauer

Für meine Eltern in Dankbarkeit!

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Definition und Epidemiologie des plötzlichen Herztodes	1
1.2. Pathophysiologie des plötzlichen Herztodes	1
1.2.1. Ventrikuläre Tachyarrhythmien bei Myokardinfarkt	2
1.3. Klinische Manifestation	2
1.3.1. Kardiovaskuläre Risikofaktoren	3
1.4. Definition ventrikulärer Tachyarrhythmien	3
1.4.1. Prognose und Therapie bei Kammerflimmern	4
1.5. Kardiale Ursachen und ihr pathophysiologisches Korrelat	6
1.5.1. Arteriosklerotische Ereignisse	6
1.5.2. Kardiomyopathie/Klappenvitium	7
1.5.3. Reizleitungsstörungen	7
1.5.4. Nicht-morphologische Veränderungen	8
1.5.5. Risiko des plötzlichen Herztodes in Abhängigkeit von der Grunderkrankung	8
1.6. Defibrillation	9
1.6.1. Frühdefibrillation	12
1.6.2. „First Responder“	12
1.6.3. „Public Access Defibrillation“	12
1.7. Geschichte der Therapie des plötzlichen Herztodes	13
1.8. Initiative „Düsseldorfer gegen den plötzlichen Herztod“	14
1.9. Verwendung von automatisierten externen Defibrillatoren im innerklinischen Betrieb	14
2. Ziel der vorliegenden Arbeit	17
3. Material und Methoden	18
3.1. Das Evangelische Krankenhaus Düsseldorf	18
3.1.1. Schulungsprogramm	19
3.1.2. Rechtliche Grundlage	20
3.2. Anforderungen an den Benutzer	22
3.3. Richtlinien zum Geräteeinsatz	22

3.4.	Funktionen und Merkmale des LIFEPAK CRplus als halbautomatischer externer Defibrillator	22
3.4.1.	Defibrillationselektroden	23
3.4.2.	Fortlaufende Überwachung	24
3.4.3.	Bewegungserkennung	24
3.4.4.	Datenverwaltung	24
3.4.5.	Batterieoptionen	24
3.4.6.	Automatischer Selbsttest	25
3.4.7.	Bereitschaftsanzeige	25
3.4.8.	Äussere Bedienelemente des LIFEPAK CRplus	25
3.4.9.	Innere Bedienelemente des LIFEPAK CRplus	26
3.5.	Betrieb des halbautomatisierten externen Defibrillators	27
3.5.1.	Sondersituationen beim Anbringen der Elektroden	30
3.5.2.	Sprachaufforderungen des halbautomatisierten externen Defibrillators	30
3.5.3.	Erster Analysezyklus	32
3.5.4.	„Schockabgabe empfohlen“	34
3.5.5.	„Keine Schockabgabe empfohlen“	35
3.5.6.	Herz-Lungen-Wiederbelebungszeit (HLW-Zeit)	35
3.5.7.	Nach der Herz-Lungen-Wiederbelebungszeit	36
3.5.8.	Schockenergie	36
3.5.9.	Transfer des Patienten an ein anderes Gerät	36
3.6.	Übersicht zum Speichern und Abrufen von Daten	37
3.6.1.	Übersicht zur Datenspeicherung	37
3.6.2.	Patientenprotokolle	38
3.6.3.	Bericht Ereignisprotokolle	38
3.6.4.	Zusammenfassung Ergebnisprotokolle	39
3.7.	Technische Unterstützung und Wartung	43
3.8.	Biphasische Defibrillation	43
3.9.	Statistische Methoden	44
4.	Ergebnisse	45
4.1.	Patientenkollektiv	45
4.2.	Grunderkrankung und Nebenerkrankungen der Patienten	45

4.3.	Initialer Rhythmus	47
4.4.	Reanimationsursachen	51
4.5.	Reanimations-Outcome	52
5.	Diskussion	54
6.	Zusammenfassung	61
7.	Literatur	63
8.	Lebenslauf	

Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Plötzlicher Herztod in Abhängigkeit von der Grunderkrankung
- Tabelle 2: Empfehlungsklassifikation der American Heart Association (AHA)
- Tabelle 3: Empfehlungsgrade zur Defibrillation nach AHA und ILCOR
- Tabelle 4: Leistungen des LIFEPAK CRplus
- Tabelle 5: Leistungen des LIFEPAK CRplus bei Patienten mit implantiertem Herzschrittmacher
- Tabelle 6: Dauer der einzelnen Phasen einer biphasischen Defibrillation je nach Patientenimpedanz
- Tabelle 7: Fachliche Unterteilung der Grunderkrankungen
- Tabelle 8: Relevante Nebenerkrankungen
- Tabelle 9: Ereignisse pro Fachabteilung
- Tabelle 10: Initialer Rhythmus
- Tabelle 11: Post-Schock-Rhythmus
- Tabelle 12: Reanimationsursache

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1: Beziehung Überlebenswahrscheinlichkeit/Zeit
- Abbildung 2: Überlebensrate je nach Therapie
- Abbildung 3: Biphasische Wellenform
- Abbildung 4: Flussdiagramm Basisreanimation
- Abbildung 5: LIFEPAK CRplus
- Abbildung 6: Äussere Bedienelemente
- Abbildung 7: Innere Bedienelemente
- Abbildung 8: Innere Bedienelemente nach Öffnung des Elektrodenpaketes
- Abbildung 9: Defibrillator öffnen/EIN-AUS
- Abbildung 10: Kleidung vom Brustkorb entfernen
- Abbildung 11: Elektrodenpaket öffnen
- Abbildung 12: Elektroden abziehen
- Abbildung 13: Elektrodenpositionierung
- Abbildung 14: Beispiel Ergebnisprotokoll
- Abbildung 15: Beispiel Zusammenfassung Ergebnisprotokoll I
- Abbildung 16: Beispiel Zusammenfassung Ergebnisprotokoll II
- Abbildung 17: Beispiel einer EKG-Analyse mit initialem Rhythmus, Schockabgabe und post-Schock-Rhythmus

Abkürzungsverzeichnis

AED	Automatisierter externer Defibrillator
AHA	American Heart Association
AOK	Allgemeine Ortskrankenkasse
ARVD	Arrhythmogene rechtsventrikuläre Erkrankung
BLS	Basic-Life-Support
COPD	Chronic obstructive pulmonary disease
CPR	Cardiopulmonale Reanimation
CPSS	Continuous Patient Surveillance System
EKG	Elektrokardiogramm
HLW	Herz-Lungen-Wiederbelebung
ILCOR	International Liaison Committee on Resuscitation
IrDa	Infrared Data Association
LED	Light emitting diode
min.	Minute
MPG	Medizinproduktegesetz
OP	Operationssaal
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PC	Personal Computer
QRS	Kammererregungsausbreitung
QT-Zeit	Zeit der elektrischen Kammerystole
s	Sekunde
StGB	Strafgesetzbuch
ST-Strecke	Erregungsrückbildung
VF	Ventricular Fibrillation
VVI	Ventrikel-Demand Schrittmacher

1. Einleitung

1.1. Definition und Epidemiologie des plötzlichen Herztodes

Der plötzliche Herztod ist definiert als ein unerwarteter natürlicher Tod, der innerhalb einer Stunde nach Beginn einer klinischen Symptomatik oder unbeobachtet auftritt.

In den westlichen Industrienationen stellt der plötzliche Herztod als Folge verschiedener kardialer Erkrankungen ein klinisch relevantes Problem dar. Allein in Deutschland versterben jährlich ca. 100 000 – 120 000 Menschen außerhalb von Krankenhäusern an einem plötzlichen Versagen der Herzfunktion ⁽¹⁰⁾. Dabei besteht insbesondere bei Patienten mit bekannter koronarer Herzerkrankung ein erhöhtes Risiko, wobei in dieser Subpopulation der plötzliche Herztod 50 % aller Todesursachen ausmacht. Als Ursache konnten anhand von langzeit-elektrokardiographischen Aufzeichnungen in der überwiegenden Zahl tachykarde Herzrhythmusstörungen wie ventrikuläre Tachykardien oder Kammerflimmern gesichert werden ⁽²⁾.

Diese malignen ventrikulären Tachyarrhythmien finden sich in ca. 80% der Fälle ⁽¹¹⁾. Seltener sieht man eine Asystolie oder Bradykardie. Zum Zeitpunkt der Wiederbelebung wird in 75% Kammerflimmern beschrieben, eine ventrikuläre Tachykardie bei 10 % und eine Asystolie/Bradykardie bei 15 % der Patienten ⁽¹²⁾.

1.2. Pathophysiologie des plötzlichen Herztodes

In der Regel werden unter dem Begriff „plötzlicher Herztod“ alle natürlichen Todesursachen kardiovaskulärer Genese, die unerwartet und relativ schnell nach Auftreten der ersten Symptome eingetreten sind, subsummiert ⁽¹⁾.

Bei Erwachsenen tritt in bis zu 80% aller Fälle beim plötzlichen Herztod initial eine Arrhythmie in Form einer schnellen ventrikulären Tachyarrhythmie oder polymorphen ventrikulären Tachykardie auf. Anschließend kommt es zu konsekutivem Kammerflimmern. Dieser Zustand geht nach wenigen Minuten sekundär in eine Asystolie über ^(2,3).

Eine primäre Asystolie oder pulslose elektrische Aktivität sind im Rahmen primär kardialer Todesursachen vergleichsweise seltene Ereignisse.

Infolge der unkoordinierten elektrischen Aktivität kommt keine hämodynamisch wirksame Füllung und Entleerung der Ventrikel zustande, so dass als Folge ein Sistieren des Blutkreislaufs und somit eine Sauerstoffminderversorgung der lebenswichtigen Organe eintritt ⁽¹³⁾.

Der Herz-Kreislaufstillstand mit akuter Reduktion der Förderleistung des Herzens kann aber auch durch andere Ursachen wie z.B. eine fulminante Lungenembolie, eine Perikardtamponade, ein akutes Herzmuskelversagen bei Myokardinfarkt, eine hochgradige Aortenstenose oder eine Aortenruptur bedingt sein.

1.2.1. Ventrikuläre Tachyarrhythmien bei Myokardinfarkt

Die koronare Herzerkrankung ist die häufigste zugrunde liegende Krankheit für das Auftreten einer ventrikulären Rhythmusstörung. Kammerflimmern wird zu etwa 50 % durch eine kardiale Minderdurchblutung ausgelöst, in der anderen Hälfte liegen pathologisch anatomische Schädigungen zugrunde, wie z.B. Narbenbildung nach einem Herzinfarkt oder eine Kardiomyopathie ⁽¹⁴⁾.

Der plötzliche Herztod ist die häufigste Todesursache beim akuten Myokardinfarkt vor Eintreffen des Notarztes. Wie die großen Primärpräventionsstudien Madit I und II, Companion und SCD-HeFT zeigten, steigt in der chronischen Phase nach einem Myokardinfarkt das Risiko einen plötzlichen Herztod zu erleiden mit dem Auftreten einer linksventrikulären Funktionsstörung, insbesondere bei einer Erniedrigung der linksventrikulären Auswurffraktion unter 35%, und komplexer ventrikulärer Extrasystolen ^(46, 47, 48, 49). Bei 25% aller Patienten mit koronarer Herzerkrankung ist der plötzliche Herztod die Erstmanifestation der Erkrankung ⁽¹²⁾.

1.3. Klinische Manifestation

Zwei klinische Manifestationen können bei Patienten unterschieden werden. Die größere Gruppe erleidet den Herz-Kreislaufstillstand ohne Prodromi. Diese Form ist meistens nicht mit einem akuten Myokardinfarkt vergesellschaftet. Die zweite Gruppe bekommt den Herz-Kreislaufstillstand im Rahmen eines akuten Myokardinfarktes und bietet daher häufig Prodromi wie Thoraxschmerzen, Dyspnoe oder Synkopen unmittelbar vor dem Ereignis ⁽¹²⁾.

Die Patienten der Gruppe „ohne Prodromi“ haben nach Wiederbelebung ein hohes Rezidivrisiko mit einer Gesamtmortalität von bis zu 30-40% nach zwei Jahren. In der Gruppe der Patienten mit akutem Myokardinfarkt besteht nach erfolgreicher Wiederbelebung ein deutlich geringeres Rezidivrisiko.

Von allen außerklinischen Todesfällen durch einen Myokardinfarkt versterben 36% der Patienten innerhalb von zwei Stunden nach Eintritt des Infarktereignisses. Gleichzeitig haben Studien ergeben, dass es durchschnittlich drei Stunden dauert, bis ein Patient mit Infarkt und kontinuierlichen, retrosternalen Schmerzen den Hausarzt oder Notarzt verständigt ⁽¹⁴⁾.

1.3. Kardiovaskuläre Risikofaktoren

Betrachtet man die Statistiken, so erkennt man, dass die Erkrankungen dieses Formenkreises erst seit 1980 zahlenmäßig langsam zurückgehen. Dies ist durch eine in Deutschland noch unzureichende Primärprävention der Risikofaktoren begründet.

Zu den Risikofaktoren zählen Nikotinabusus - bei Frauen insbesondere in Kombination mit der Einnahme von oralen Kontrazeptiva -, arterielle Hypertonie, Hyperlipoproteinämie, Adipositas und Stresssituationen. Besonders schwerwiegend wirken sich die Risikofaktoren Diabetes mellitus, familiär gehäuft auftretende koronare Herzerkrankung und bereits stattgehabtem Myokardinfarkt aus.

Nach erfolgreicher Wiederbelebung ist die Diagnose und suffiziente Behandlung einer organischen Herzerkrankung, besonders der koronaren Herzerkrankung, von entscheidender Bedeutung zur Minimierung des Rezidivrisikos. Gleichzeitig ist eine optimale medikamentöse Einstellung der kardiovaskulären Risikofaktoren erforderlich.

1.4. Definition ventrikulärer Tachyarrhythmien

Kammerflimmern und ventrikuläre Tachykardien stellen in 80% die häufigste Form des Herzstillstandes dar. Bei hochfrequenten Kammertachykardien, bei denen keine scharfe Trennung von QRS-Komplex und ST-Strecke/T-Welle möglich ist, spricht man von Kammerflattern mit einer Frequenz von 250 – 350/min. Ist keinerlei De- und

Repolarisation der Kammern identifizierbar, wird dieses als Kammerflimmern – in der Regel mit einer Frequenz von über 350/min - bezeichnet ⁽¹³⁾. Die anhaltende ventrikuläre Tachykardie ist definiert als Rhythmusstörung mit einer Frequenz von 100-250/min und besteht über eine Dauer von mindestens 30 Sekunden. In Abhängigkeit von ihrem Entstehungsort, ihrer Frequenz und der mechanischen Funktion des Herzmuskels kann eine ventrikuläre Tachykardie über einen längeren Zeitraum toleriert werden. Gegebenenfalls kann sie spontan terminieren. Im Gegensatz dazu stellen Kammerflattern und Kammerflimmern auf Grund der ungeordneten Erregung des Herzmuskels Ereignisse dar, die sich in der Regel allenfalls in der Asystolie selbst terminieren und zur raschen hämodynamischen Dekompensation und zum Tod führen ^(2,3).

1.4.1. Prognose und Therapie bei Kammerflimmern

Ohne sofortiges Einsetzen von Reanimationsmaßnahmen inklusive elektrischer Defibrillation führt Kammerflimmern innerhalb weniger Minuten zum Tode. Bei der Reanimation von Patienten mit Kammerflimmern kommt der Frühdefibrillation in Hinsicht auf die Überlebenschance eine entscheidende Bedeutung zu. Durch Defibrillation ist es möglich, Kammerflimmern in einen Herzrhythmus mit Auswurfleistung zu überführen. Pro Minute, in der der Zustand des Herzstillstandes andauert, verringert sich die Chance, den Patienten erfolgreich zu reanimieren, proportional um 7 - 10 % (Abb. 1). Das bedeutet, dass etwa 10 min. nach Eintreten des Herzkreislaufstillstandes bei dem Patienten kaum noch eine Überlebenschance besteht bzw. das Risiko ein neurologisches Defizit zurückzubehalten überproportional ansteigt ^(15,16).

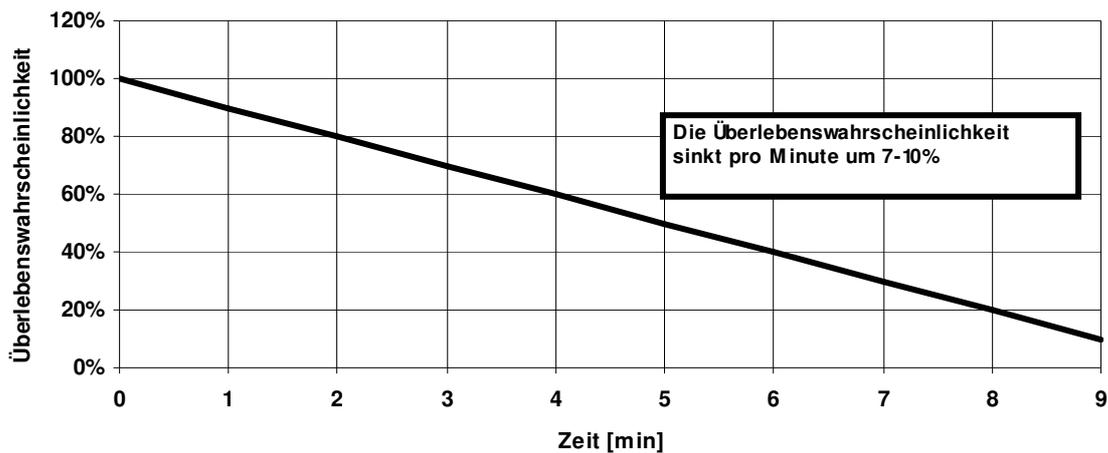


Abbildung 1: Beziehung zwischen der Überlebenswahrscheinlichkeit nach stattgehabtem Kammerflimmern bei plötzlichem Herztod und dem Intervall zwischen Kollaps und Defibrillation (32).

Das oben genannte Zeitfenster der Wiederbelebbarkeit des Organismus kann durch eine korrekte Basisreanimation im Sinne einer kardiopulmonalen Reanimation verlängert werden. Durch externe Herzdruckmassage und externe Beatmung kann über eine gewisse Zeit eine Restperfusion von 10 – 30% der lebenswichtigen Organe aufrechterhalten werden (12). Ohne Defibrillation führt die kardiopulmonale Reanimation bei ventrikulären Tachykardien jedoch nicht zur Wiederherstellung stabiler Kreislaufverhältnisse. Nur ein wiedereinsetzender Spontankreislauf kann das Überleben des Organismus sicherstellen. Zur Überbrückung der Zeit bis zum Eintreffen des Defibrillators ist jedoch eine frühzeitige kardiopulmonale Reanimation unerlässlich (17).

Bei Patienten mit beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand und dem Initialbefund von Kammerflimmern im EKG sind 70 – 90% potentiell durch Defibrillation wiederbelebbar und können dieses Ereignis auch ohne neurologische Schäden überleben (17).

In Anbetracht des schmalen Zeitfensters von etwa 10 Minuten ist das Zusammenspiel der einzelnen Maßnahmen der Überlebenskette von größter Bedeutung.

In der folgenden Abbildung ist die prozentuale Überlebensrate in Bezug auf die ergriffene wiederbelebende Maßnahme dargestellt. Bei verspätet einsetzender Defibrillation wird eine Überlebensrate von bis zu 2% beschrieben. Wird auch bei verspäteter Defibrillation im Vorfeld eine Herzlungenwiederbelebung durchgeführt, steigt die Überlebenswahrscheinlichkeit auf bis zu 8% an. Wenn entsprechend früh – unter 8 Minuten – eine Defibrillation angewandt wird, verzeichnet sich ein Anstieg der Über-

lebensrate auf bis zu 20 %. Bei möglichst frühem Beginn der Basismaßnahmen der kardiopulmonalen Reanimation, d.h. Beatmung und Herzdruckmassage, früher Defibrillation und medikamentöser Stabilisierung durch den Notarzt ist eine Überlebensrate von bis zu 30-40% möglich (Abb. 2) (18).

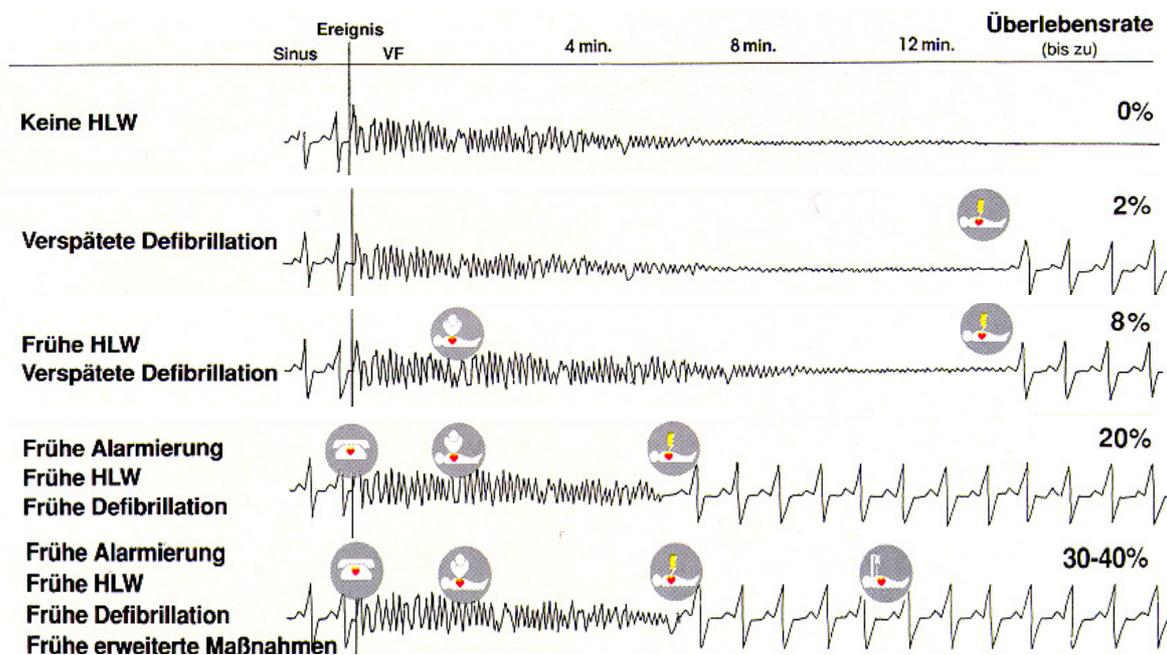


Abbildung 2: Überlebensrate je nach Therapie (18)

1.5. Kardiale Ursache und ihr pathologisches Korrelat

Kardiale Ursachen können nach ihrem pathologischen Korrelat unterschieden werden und sind in hohem Maße altersabhängig.

1.5.1. Arteriosklerotische Ereignisse

Patienten, die älter als 40 Jahre sind, weisen als häufigste diagnostizierte kardiale Veränderung eine Koronasklerose auf (4).

Zum plötzlichen Herztod kommt es hierbei z.B. aufgrund eines akut auftretenden Vasospasmus oder einer Thrombosierung auf dem Boden eines bereits vorbestehenden atherosklerotischen Plaques. Ein akuter Koronarverschluss kann durch die Auslösung von tödlichen ventrikulären Arrhythmien oder - selten - Asystolien, aber auch durch den ischämisch bedingten Zelluntergang mit kardialen Pumpversagen und elektromechanischer Entkopplung zum plötzlichen Herztod führen (1).

1.5.2. Kardiomyopathie / Klappenvitium

Unter den kardialen, nicht artherosklerotischen Ursachen dominieren bei weitem Kardiomyopathien und Herzklappenveränderungen. Eine primäre und sekundäre hypertrophe Kardiomyopathie wird häufig in Verbindung mit einer Koronarsklerose diagnostiziert und ist ein Hinweis auf ein erhöhtes Risiko, einen plötzlichen Herztod zu erleiden (5).

Dilatative Kardiomyopathien werden bei 10 – 15 % der Patienten, die über 40 Jahre alt sind, festgestellt, wobei hier verschiedene Formen der idiopathischen dilatativen Kardiomyopathie eingeschlossen sind. Bei Patienten unter 40 Jahren, die einen plötzlichen Herztod unmittelbar bei körperlichen Belastung erleiden, wird post mortem oft eine hypertrophe Kardiomyopathie mit oder ohne Obstruktion festgestellt (6).

Eine hohe Prävalenz weist weiterhin die Aortenklappenstenose auf, die bei Patienten jenseits des 70. Lebensjahres die häufigste Herzklappenerkrankung darstellt.

Bei dem im Erwachsenenalter jedoch weiter verbreiteten Mitralklappenprolaps hat der Patient dagegen ein deutlich niedrigeres Risiko, einem plötzlichen Herztod zu erliegen (7). Durch einen signifikanten, hämodynamisch wirksamen Mitralrückfluss kann sich jedoch progredient eine linksventrikuläre Dilatation entwickeln, auf Grund derer dann wiederum maligne Tachykardien ausgelöst werden können (8).

Auch kongenitale Abnormitäten, wie beispielsweise das Wolff-Parkinson-White-Syndrom, die arrhythmogene rechtsventrikuläre Erkrankung (ARVD), postoperative Stadien angeborener Herzkrankheiten (operierte Fallot-Tetralogie oder Transposition der großen Gefäße) oder das Syndrom des langen und kurzen QT-Intervalls (Long/Short-QT-Syndrom) oder andere Kanalopathien wie das Brugada-Syndrom, können in seltenen Fällen Ursache eines plötzlichen Herztodes zumeist bei jungen Menschen sein.

1.5.3. Reizleitungsstörungen

Neben einer Reihe von möglichen Ursachen für bradykarde Herzrhythmusstörungen, wie z.B. einer auftretenden Hypoxie, gehört insbesondere der AV-Block zu den möglichen Ursachen eines Herz-Kreislaufstillstandes. Eine daraus resultierende Asystolie hat dabei eine meist schlechte Prognose und führt dazu, dass die Patienten häufig trotz intensiver Reanimationsmaßnahmen nicht mehr defibrillierbar sind (9).

Die hier zugrunde liegende Pathologie ist in der Regel eine schwere Störung des Reizleitungssystems, meist ischämischer Genese, möglicherweise auch durch überschießende Unterdrückung der Reizleitung nach Auftreten von intermittierenden ventrikulären Arrhythmien. Eine plötzlich auftretende Asystolie wird in seltenen Fällen auch mit dem Gebrauch von negativ dromotropen Medikamenten in Zusammenhang gebracht, die sowohl bereits existierende Reizleitungsabnormitäten potenzieren als auch lebensrettende Ersatzrhythmen unterdrücken können (9).

Rheumatische Herzerkrankungen, die in den nicht-industrialisierten Ländern noch eine hohe Prävalenz zeigen, und Herzmuskelentzündungen können ebenfalls Ursache für eine maligne ventrikuläre Arrhythmie sein. Sie sind jedoch eher mit Störungen des Reizleitungssystems und konsekutiven Blockbildern vergesellschaftet als mit primären ventrikulären Arrhythmien (10).

1.5.4. Nicht morphologische Veränderungen

Nur bei einem kleinen Anteil der Überlebenden eines Herz-Kreislaufstillstandes (5–10 %) kann keine morphologische Veränderung am Herzen identifiziert werden. Pathophysiologisch müssen in diesen Fällen andere Ursachen, wie schwere Elektrolytabnormitäten (Hyper-/Hypokaliämie, Hypomagnesiämie), akute Stoffwechsell- gleisungen (Hypoglykämie), eine Überdosierung arrhythmogener Medikamente (Antiarrhythmika, Antidepressiva, Antihistaminika) oder auch ein Drogenmissbrauch (Kokain, Amphetamine) als Ursache angenommen werden (11,12).

1.5.5. Risiko des plötzlichen Herztodes in Abhängigkeit von der Grunderkrankung

Bezogen auf die oben erwähnten weiteren kardialen Grunderkrankungen, welche epidemiologisch im Vergleich zur koronaren Herzerkrankung einen geringeren Stellenwert einnehmen, besteht insbesondere bei Patienten mit dilatativer Kardiomyopathie ein hohes Risiko einen plötzlichen Herztod zu erleiden (Tabelle 1) (28).

Risikogruppe	Jährliches Risiko (%)
Überlebende eines plötzlichen Herzstillstandes	10 - 30
Dilatative Kardiomyopathie	10
1. Jahr nach Herzinfarkt	5
Hypertrophe Kardiomyopathie	1 – 3
„Long-QT“-Syndrom	1 – 3
Erwachsene Gesamtbevölkerung	0,22
Herzinsuffizienz bzw. Z.n. Myokardinfarkt und EF < 35%	10-20

Tabelle 1: Risiko des plötzlichen Herztodes in Abhängigkeit von der Grunderkrankung (43) und nach Daten der Primärpräventionsstudien Madit, SCD-HeFT und Companion (46 – 49)

1.6. Defibrillation

Historisch wird das Konzept der Defibrillation von Kammerflimmern durch Stromstöße auf die tierexperimentellen Arbeiten von Prevost und Batelli im Jahr 1899 zurückgeführt (29). Experimentell wurde die Defibrillation mittels Gleichstrom 1934 von Hooker weiterentwickelt, allerdings von Beck 1947 erstmals intraoperativ bei einer Intervention am offenen Herzen klinisch erfolgreich zur Terminierung von Kammerflimmern eingesetzt (45).

Die erste transthorakale Defibrillation beim Menschen wurde 1956 von Zoll berichtet und die systematische Auswertung erfolgte durch Lown und Mitarbeiter.

Für eine erfolgreiche Defibrillation benötigt man einen kurzdauernden elektrischen Stromstoß von hoher Intensität, der über großflächige Elektroden durch die intakte Brustwand auf das Herz appliziert wird. Die Herausforderung besteht darin, genügend Strom zum Beenden des Kammerflimmerns abzugeben, gleichzeitig aber das Risiko der kardialen Schädigung zu minimieren. Unter elektrischem Strom versteht man die Bewegung elektrischer Ladungen. Die Einheit der Stromstärke ist 1 Ampere. Bewegt sich elektrische Ladung von einem Feldpunkt höheren Potentials zu einem mit niedrigerem Potential, verliert sie dabei die potentielle Energie, wobei die durchlaufene Potentialdifferenz als Spannung bezeichnet wird. Die Einheit der potentiell verlorenen Energie ist 1 Wattsekunde = 1 Joule.

Der Anwender wählt am Defibrillator die Energie (Joule), der abgegebene Strom (Ampere) führt zur Defibrillation. Weiterhin ist der abgegebene Strom abhängig vom transthorakalen Widerstand (Ohm). Dieser transthorakale Widerstand ist abhängig von der angewandten Energie, Elektrodengröße, Kontaktmaterial zwischen Haut und

Elektroden, Anzahl und zeitlicher Abstand vorangegangener Schocks, Phase der Beatmung, Distanz zwischen den Elektroden und dem Anpressdruck.

Bei einem Herzstillstand sind schnellstmöglich ausreichend starke Schocks abzugeben (bei monophasischen Geräten 200-200-360J und bei biphasischen Geräten 150-150-200J ⁽⁵²⁾), da die Überlebenschancen, wie oben beschrieben, pro Minute um 7-10 % abnimmt ⁽²¹⁾. Die externe Defibrillation mit monophasischen Schockformen hat sich seit mehr als 40 Jahren bewährt.

Als neue Schockform bringt die biphasische Schockform eine Verbesserung der Schockwirksamkeit bei gleicher Energie mit verringertem Risiko einer schockbedingten kardialen Schädigung durch eine geringere Stromangabe ^(30,31). Bei dieser Form der Schockabgabe kann ein bis zu 40% geringerer Spitzenstrom im Vergleich mit den monophasischen Defibrillatoren erreicht werden. Der Spitzenstrom ist erreicht, wenn der Strom maximal ist (Abb. 3). Zu diesem Zeitpunkt ist das Risiko einer myokardialen Schädigung am höchsten.

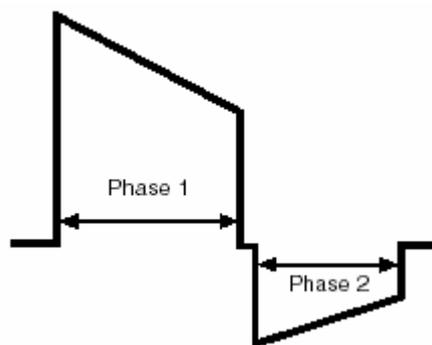


Abbildung 3: biphasische Wellenform

Bei der Defibrillation wird ein kurzer Stromstoß hoher Energie an das Herz abgegeben. Durch den elektrischen Strom – also das Fließen von Elektronen – kann eine Arrhythmie terminiert werden. Der rhythmisierende Effekt kommt dadurch zustande, dass der breitflächig einwirkende Strom die zwischen den kreisenden Erregungen vorhandenen erregbaren Myokardbezirke synchron reizt und damit in einen refraktären Zustand versetzt, um eine anschließende physiologische Depolarisation zu ermöglichen ⁽⁴⁴⁾.

Zur Wiederbelebung eines Patienten mit einer durch Defibrillation terminierbaren Tachyarrhythmie sind neben der Defibrillation auch noch andere Unterstützungsmaßnahmen erforderlich. Situationsabhängig gehören dazu unter anderem:

- Kardiopulmonale Reanimation (CPR)
- Zusätzliche Verabreichung von Sauerstoff
- Pharmakologische Maßnahmen (bei Durchführung der weiterführenden Reanimationsmaßnahmen)

Die Erfolgchance für eine Reanimation liegt umso höher, je kürzer der Zeitraum zwischen Beginn der zu einem Kreislaufstillstand führenden Herzrhythmusstörung (Kammerflimmern, pulslose Kammertachykardie) und der Abgabe des Defibrillationsimpulses ist. Je länger also das Kammerflimmern andauert, desto geringer ist die Chance einer Konversion in den Sinusrhythmus und desto wahrscheinlicher ist das Auftreten einer Asystolie.

Die American Heart Association hat die folgenden vier Punkte als wesentliche Elemente zur erfolgreichen Behandlung nach einem Herzstillstand identifiziert:

- Früherkennung
- Frühe kardiopulmonale Reanimationsmaßnahmen (CPR) durch das Erste-Hilfe-Personal oder Umstehende
- Frühzeitige Defibrillation
- Frühzeitliche notärztliche Unterstützungsmaßnahmen

Der Allgemeinzustand des Patienten kann entscheidenden Einfluß auf den Erfolg einer Defibrillation haben, so dass eine erfolglose Reanimation keinen zuverlässigen Indikator für die Funktionsfähigkeit des Defibrillators darstellt. Beeinflussende Faktoren sind die oben bereits erwähnten Einflüsse auf den transthorakalen Widerstand sowie die Grunderkrankung und Nebenerkrankungen der Patienten.

Bei der Abgabe der Defibrillationsimpulse kann es bei dem Patienten zu mehr oder weniger stark ausgeprägten Muskelzuckungen kommen. Die Stärke dieser Muskelreaktionen kann jedoch nicht als zuverlässiges Maß für die abgegebene Energie der Leistung des Gerätes betrachtet werden. Einzig entscheidend ist die EKG-Änderung zur Entscheidung einer erneuten Schockabgabe mit gegebenenfalls höherer Energie zur Durchbrechung des Kammerflimmerns.

1.6.1. Frühdefibrillation

Während die „klassische“ Defibrillation durch Ärzte zu erfolgen hat, wird die Frühdefibrillation als Intervention durch nicht-ärztliche Rettungskräfte verstanden (21, 23, 24). Auch bei dieser Therapieform wird ein Stromstoß über Flächenelektroden, die auf dem Brustkorb platziert werden, abgegeben. Durch dieses Konzept wird es nicht-ärztlichem Personal ermöglicht, eine lebensnotwendige Defibrillation durch automatisierte externe Defibrillatoren durchzuführen (21, 25, 26).

1.6.2. „First Responder“

Die Anwendung automatisierter externer Defibrillatoren durch nicht-medizinisches und nicht-ärztliches, geschultes Personal (Einbeziehung von Personenkreisen, die auf Grund ihrer Aufgabenstellung als Erstretter in Frage kommen, und die auf Grund ihrer Tätigkeit selbst Augenzeuge eines plötzlichen Herz-Kreislaufstillstandes werden können, wie zum Beispiel Rettungsdienste, Pflegepersonal im Krankenhaus, Sicherheitspersonal, Polizisten, Feuerwehrleute, Begleitpersonen von Flugzeugen oder Schiffen bzw. Aufsichtspersonal in öffentlichen Einrichtungen) wird als „First Responder“-Defibrillation bezeichnet (24).

1.6.3. „Public-Access-Defibrillation“

Die Anwendung automatisierter externer Defibrillatoren durch jedermann wird als „Public-Access-Defibrillation“ bezeichnet. Dieses Konzept geht von der Bereitstellung automatisierter externer Defibrillatoren an Orten mit hohem Personenaufkommen aus, ohne dass für deren Anwendung die potentiellen Bediener besonders geschult werden. Im Fall eines Herz-Kreislaufstillstandes durch Kammerflimmern sollen die automatisierten externen Defibrillatoren von zufällig anwesenden Personen angewendet werden, also hauptsächlich von völlig untrainierten Laien.

1.7. Geschichte der Therapie des plötzlichen Herztodes

Die Behandlung ventrikulärer tachykarder Rhythmusstörungen konzentrierte sich in den letzten 25 Jahren zunächst auf die medikamentöse, antiarrhythmische Therapie sowie den Einsatz von monophasischen und später biphasischen externen Defibrillatoren, welche durch den Arzt/Notarzt zu bedienen waren.

Auf Grund der Studienlage tritt die Frühdefibrillation immer weiter in den Vordergrund. In Pilotstudien in den 80er Jahren wurden Feuerwehrmänner und Rettungskräfte in der Technik der EKG-Rhythmusanalyse und Defibrillation trainiert. Durch eine zusätzliche Optimierung der Einsatzstrategien konnte ein erheblicher Zeitvorteil mit einer Steigerung der Überlebensrate von 12% auf 26% erzielt werden ⁽¹⁹⁾. Die technische Entwicklung automatisierter Rhythmusanalysesysteme für die Erkennung von Kammerflimmern im EKG machten es im weiteren Verlauf möglich, die Indikation zur Defibrillation vom Anwender unabhängig durch so genannte automatisierte externe Defibrillatoren (AED) stellen zu lassen. So wurde es möglich, Rettungsdienstpersonal und Ersthelfer in der Durchführung der Defibrillation zu trainieren, ohne dabei die Diagnosestellung anhand des EKGs und die Indikationsstellung zur Defibrillation intensiv schulen zu müssen ⁽²⁰⁾.

Die Las Vegas Casino-Studie und die Chicago-Airport-Studie, welche im Rahmen der „public access defibrillation“-Programme (PAD-trials) durchgeführt wurden, erlangten besonderen Stellenwert. In der Las Vegas Casino-Studie wurde Sicherheitspersonal als AED-Anwender eingesetzt. Durch eine Kameraüberwachung in weiten Teilen des Casinos konnte eine exakte Analyse der Zeitintervalle vom Kollaps des Patienten bis zum Einsetzen einzelner Therapiemaßnahmen dokumentiert werden. 105 Patienten (71%) boten initial ein Kammerflimmern, welches in 56 Fällen erfolgreich konvertiert werden konnte. Dies entspricht einer Gesamtüberlebensrate von 53%. Im Median vergingen bis zur Basisreanimation 2,9 Minuten, 3,5 Minuten bis zum Anbringen des AED und 4,4 Minuten bis zur ersten Defibrillation. Erfolgte die Defibrillation innerhalb der ersten drei Minuten nach dem Kollapsereignis konnte eine Überlebensrate von 74% verzeichnet werden ⁽⁵⁰⁾.

In der Chicago-Airport-Studie wurde der AED nicht nur durch geschultes Sicherheitspersonal angewendet, sondern auch durch Notfallzeugen. Insgesamt kam es in 26 Fällen zur Anwendung des AED's, wobei 22 Patienten tatsächlich einen Herz-Kreislaufstillstand aufwiesen. Bei 18 Patienten fand sich initial Kammerflimmern

(82%). Elf dieser 18 Patienten (61%) überlebten dieses Ereignis ohne neurologisches Defizit. Sechs der Überlebenden Patienten wurden von einem Notfallzeugen defibrilliert, der niemals vorher ein solches Gerät bedient hatte oder in der Anwendung trainiert gewesen wäre ⁽⁵¹⁾.

1.8. Initiative „Düsseldorfer gegen den plötzlichen Herztod“

Unter der Schirmherrschaft des Oberbürgermeisters der Stadt Düsseldorf Joachim Erwin wurde im Juli 2004 in Zusammenarbeit mit dem Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf, der Firma Medtronic und der AOK, Regionaldirektion Düsseldorf, die Initiative „Düsseldorfer gegen den plötzlichen Herztod“ gegründet.

Im Rahmen dieser Initiative wurde unter anderem das Evangelische Krankenhaus Düsseldorf mit 15 automatisierten externen Defibrillatoren ausgestattet, welche an zentralen Punkten aller Stockwerke installiert wurden. Begleitend wurden die Mitarbeiter des Hauses - medizinisches als auch nicht-medizinisches Personal - sämtlicher Abteilungen in der Nutzung des AEDs in einer 2-stündigen Schulung trainiert. In den Schulungen wurden die Herz-Lungen-Wiederbelebung und die Verwendung eines AED unterrichtet. So besteht die Möglichkeit für alle Stationen und Diagnostikabteilungen innerhalb von 30 Sekunden einen AED zu erreichen und somit meist vor Eintreffen des Reanimationsteams mit erweiterten Reanimationsmaßnahmen, sprich Frühdefibrillation, zu beginnen.

1.9. Verwendung eines AED im innerklinischen Betrieb

Nach den Empfehlungen der amerikanischen Gesellschaft American Heart Association (AHA) und des International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) ist die Defibrillation innerhalb von 3 Minuten nach beobachtetem Herz-Kreislauf-Stillstand für medizinische Einrichtungen ein unumstrittenes Ziel mit dem Empfehlungsgrad I ⁽²¹⁾.

Durch die Einführung von Evidenz- bzw. Empfehlungsgraden können Studien anhand ihrem Aufbau und Anzahl bewertet werden.

Empfehlungsgrade zur Bewertung von Studien (Tabelle 2)

Klasse	Erläuterung
I	Evidenz und/oder allgemeine Übereinkunft, dass eine Therapieform oder eine diagnostische Maßnahme effektiv, nützlich oder heilsam ist
II	Widersprüchliche Evidenz und/oder unterschiedliche Meinungen über Nutzen/Effektivität einer Therapieform oder einer diagnostischen Maßnahme
IIa	Evidenzen/Meinungen favorisieren den Nutzen bzw. die Effektivität einer Maßnahme
IIb	Nutzen/Effektivität einer Maßnahme ist weniger gut durch Evidenzen/Meinungen belegt
III	Evidenz und/oder allgemeine Übereinkunft, dass eine Therapieform oder eine diagnostische Maßnahme nicht effektiv, nicht möglich oder nicht heilsam und im Einzelfall schädlich ist

Tabelle 2: Empfehlungsgrade zur Bewertung von Studien

Einteilung von Evidenzgraden (Tabelle 3)

Grad	Erläuterung
A	Daten aus mehreren ausreichend großen, randomisierten Studien oder Meta-Analysen
B	Daten aus einer randomisierten Studie oder mehreren großen nicht randomisierten Studien
C	Konsensus-Meinung von Experten basierend auf Studien und klinischer Erfahrung

Tabelle 3: Einteilung von Evidenzgraden

Empfehlungsgrade zur Defibrillation (nach AHA und ILCOR) ⁽²¹⁾ (Tabelle 4)

Definition	Empfehlungsgrad
Defibrillation Defibrillation innerhalb von 5 Minuten nach Alarmierung des Rettungsdienstes bei außerhalb des Krankenhauses beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand	I
Defibrillation innerhalb von 3 Minuten nach einem in einer medizinischen Einrichtung beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand	I
Frühdefibrillation durch Rettungsassistenten	Ila
Frühdefibrillation mittels AED durch trainierte Laien	Ila

Tabelle 4: Empfehlungsgrade zur Defibrillation nach AHA und ILCOR

2. Ziel der vorliegenden Arbeit

Wie in der oben dargestellten Tabelle ersichtlich, werden bei den Empfehlungsgraden nur beobachtete Herz-Kreislaufstillstände eingeschlossen und mit einem Empfehlungsgrad I belegt.

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 34 reanimationspflichtige Patienten im Zeitraum von Juli 2004 bis April 2006 eingeschlossen, bei denen ein nicht beobachteter Herz-Kreislaufstillstand vorlag. Da beobachtete Ereignisse am ehesten in Funktionsabteilungen oder der Ambulanz auftreten und dort Volldefibrillatoren vorhanden sind, kam in diesen Fällen kein AED zum Einsatz.

Das Problem der nicht beobachteten Ereignisse stellt sich in der ungenauen Definierbarkeit des Todeszeitpunktes. Der Empfehlungsgrad I – wie bei beobachteten Ereignissen – mit einer Defibrillation innerhalb der ersten drei Minuten, kann im vorliegenden Patientenkollektiv nicht übernommen werden.

Unter diesen Gesichtspunkten werden in dieser Arbeit die ersten Erfahrungen einer innerklinischen Anwendung des AED bei Patienten mit stattgehabtem nicht beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand präsentiert.

3. Material und Methoden

3.1. Das Evangelische Krankenhaus Düsseldorf

Das Evangelische Krankenhaus Düsseldorf ist ein Krankenhaus der Schwerpunktversorgung und Lehrkrankenhaus der Universitätsklinik Düsseldorf, es liegt im Zentrum der Stadt. Insgesamt werden etwa 1500 Mitarbeiter beschäftigt.

Es stehen 567 Betten verteilt auf 20 Stationen zur Verfügung, welche von folgenden Fachabteilungen genutzt werden: Chirurgische Klinik mit Allgemeinchirurgie, Gefäßchirurgie, Unfallchirurgie und chirurgischer Intensivstation (insgesamt 115 Betten), Medizinische Klinik mit Gastroenterologie, Pneumologie, Infektionskrankheiten, Onkologie, Rheumatologie und internistischer Intensivstation (insgesamt 128 Betten), Kardiologische Klinik mit kardiologischer Intensivstation (insgesamt 44 Betten), Radiologische Klinik mit Nuklearmedizin (12 Betten), Klinik für Anästhesiologie mit operativer Intensiv- und Schmerztherapie, Frauenklinik (89 Betten), Dermatologische Klinik (22 Betten), Klinik für Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde mit plastischer Kopf- und Halschirurgie (57 Betten), Klinik für Kinderheilkunde und Jugendmedizin (80 Betten).

Auf den kardiologischen Stationen mit insgesamt 40 Betten ist eine telemetrische Überwachung möglich. Durch die Telemetrie besteht die Möglichkeit, den Patientin auf einer Normalstation unterzubringen, da kontinuierlich ein EKG-Signal des Patienten an einen Überwachungsmonitor auf der Intensivstation übertragen wird.

Der chirurgischen und internistischen Intensivstation stehen insgesamt 16 Betten mit Monitorüberwachung und Beatmungsmöglichkeit zur Verfügung.

Pro Jahr werden 22 000 Patienten stationär und 25 000 Patienten ambulant behandelt.

Bei Vorfinden eines bewusstlosen Patienten wird folgende Rettungskette aktiviert. Durch das Pflegepersonal der jeweiligen Station/Diagnostikabteilung wird die Pforte informiert, woraufhin ein Herzalarm auf ein Funksystem abgesetzt wird. Ein entsprechendes Empfangsgerät (Pager), welches von den Mitarbeitern mit sich geführt wird, informiert über ein gesondertes Tonsignal über die Situation und gibt den Ort der stattfindenden Reanimation an. Das informierte Reanimationsteam besteht aus einem Intensivmediziner, zwei diensthabenden Internisten, einem Anästhesisten und Anästhesiepfleger sowie der Reanimationseinheit der Notfallambulanz mit 2 Pfl-

gern. Die informierten Personen begeben sich auf dem schnellsten Weg an den Ort des Ereignisses und beginnen mit der kardiopulmonalen Reanimation einschließlich der Frühdefibrillation laut den europäischen Richtlinien der European Resuscitation Council Guidelines (22). Das Team der Ambulanz ist ausgerüstet mit einem Reanimationswagen bestehend aus Defibrillator, Intubationsbesteck, Beatmungsmöglichkeit und Notfallmedikamenten.

Mit Ausnahme spezieller Risikobereiche wie Intensivstation, OP, Herzkatheterlabor, Notfallambulanz und kardiologischer Stationen sind die Stationen nicht regelhaft mit einem Defibrillator ausgestattet und somit auf den Defibrillator des Reanimationswagens der Ambulanz angewiesen. Auf allen Stationen ist jedoch ein Notfallkoffer vorhanden.

3.1.1. Schulungsprogramm

Für die Anwendung der automatisierten externen Defibrillation durch nicht-ärztliches Personal ist eine entsprechende fachliche Qualifikation erforderlich. Die Schulung der potentiellen Anwender erfolgte innerhalb der ersten drei Monate bei insgesamt 700 Angestellten des Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf, wovon 300 Personen zum nicht medizinischen Personal zählten und 400 Personen dem medizinischen Personal angehörten.

Um diese 700 Personen innerhalb von kurzer Zeit in die Bedienung der automatisierten externen Defibrillatoren einzuführen, wurde die von der Bundesarbeitsgemeinschaft für Erste Hilfe vorgegebene Schulungszeit von vier Unterrichtseinheiten à 45 Minuten auf eine zweistündige Schulung gekürzt.

Die zweistündige Schulung erfolgte im Hause und wurde leitliniengerecht durch ärztliches Personal geleitet. Die maximale Teilnehmerzahl betrug 30 Personen. Das Training setzte sich aus einem theoretischen und einem praktischen Teil zusammen, einschließlich einer Schulung der Basisreanimation. Jeder Teilnehmer wurde einzeln in die Bedienung durch ein Übungsgerät eines automatisierten externen Defibrillators eingeführt.

Das Lernziel besteht in der Anwendung des Algorithmus „Frühdefibrillation“ mit einem automatisierten externen Defibrillator und Beherrschen des Gerätes sowie möglicher Störeinflüsse bei der Anwendung als auch in der Beherrschung der Herz-

Lungen-Wiederbelebung. Hier wurde der unten aufgeführte Algorithmus nach den ILCOR Leitlinien 2000 verwendet (Abb. 4).

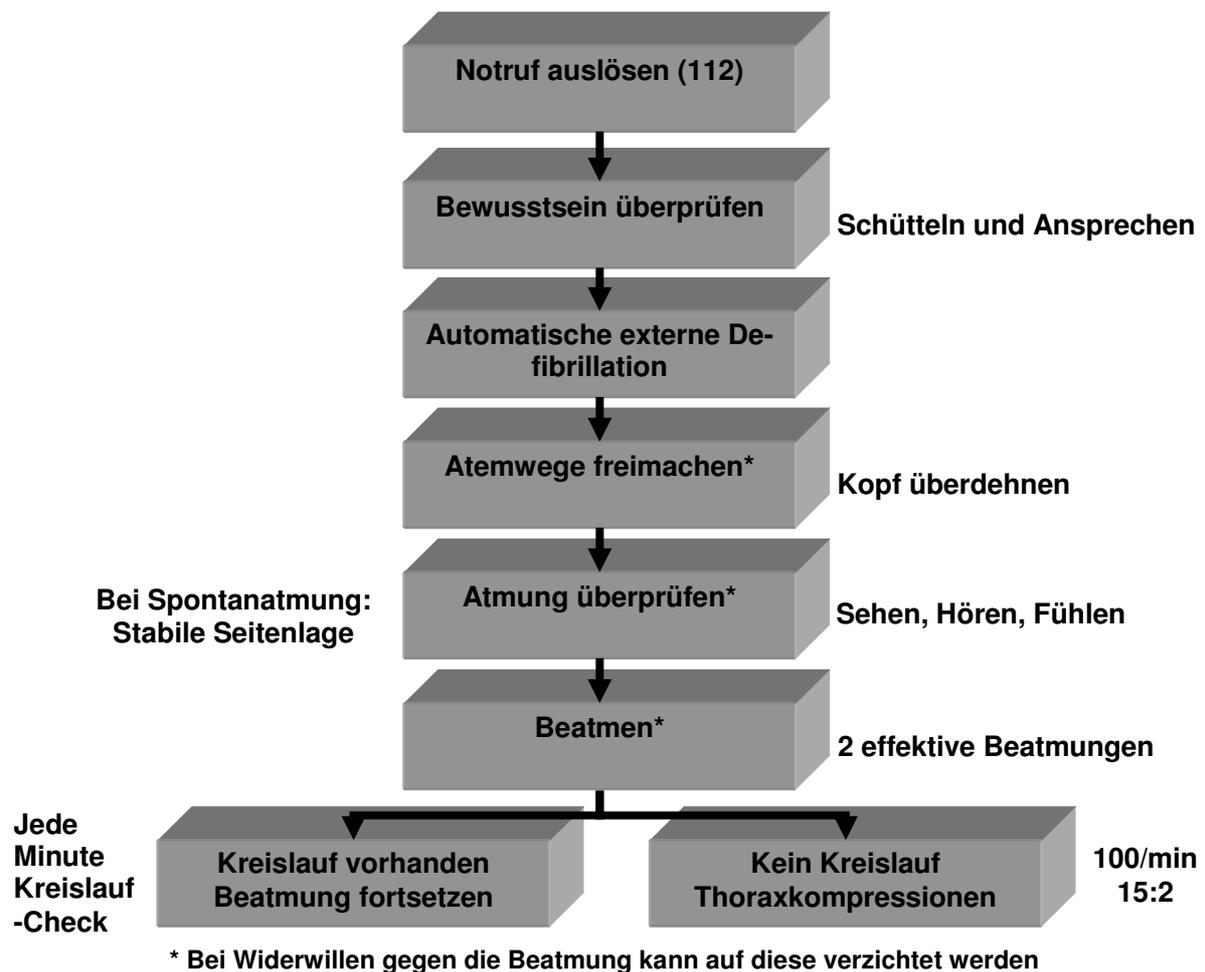


Abbildung 4: Flussdiagramm Basisreanimation

Der Qualifikationsnachweis muss in regelmäßigen Zeitabständen erneuert werden. Dies bedeutet für medizinisches Personal einen Qualifikationsnachweis in halbjährlichen Abständen zu erbringen, sowie einem jährlichen Qualifikationsnachweis bei nicht medizinischem Personal.

3.1.2. Rechtliche Grundlage

Die Anwendung von automatisierten externen Defibrillatoren ist nach §34 StGB im Rahmen der Nothilfe durch trainierte Laien möglich (Empfehlung der Bundesärztekammer zur Defibrillation mit automatisierten externen Defibrillatoren durch Laien) (27). Voraussetzung für die Anwendung eines automatisierten externen Defibrillator ist die Ausbildung gemäß §22 Abs.1 Satz 3 des Medizinproduktegesetzes (MPG) in

Verbindung mit §5 Abs.1 der Medizinprodukte-Betreiberverordnung, um die Rechtswidrigkeit der Körperverletzung zu rechtfertigen und den Bestimmungen des Medizinproduktegesetzes in Verbindung mit der Medizinprodukte-Betreiberverordnung, der diese Geräte unterliegen, zu entsprechen. Insofern sind die rechtlichen Voraussetzungen geschaffen und eindeutig definiert.

Weiterhin heißt es in der Empfehlung der Bundesärztekammer: „Jede Institution, die die automatisierte externe Defibrillation durch Laien in ihrem Bereich einführt, hat die ärztliche Fachaufsicht sicherzustellen und ein Schulungsprogramm zu implementieren“ (27).

Im Evangelischen Krankenhaus kam der LIFEPAK CRplus, der Firma Medtronic, (Abb. 5) als automatisierter externer Defibrillator zum Einsatz:



Abbildung 5: LIFEPAK CRplus

3.2. Anforderungen an den Benutzer

Bei dem LIFEPAK CRplus handelt es sich um einen halbautomatischen Defibrillator auf der Basis eines patentierten Shock Advisory System™ (Defibrillations-Beratungssystem) der Firma Medtronic. Dieser Softwarealgorithmus analysiert den EKG-Rhythmus des Patienten und zeigt an, ob ein schockbehandelbarer Rhythmus vorliegt. Bei diesem Gerät muss im Gegensatz zu den vollautomatischen Defibrillatoren der Benutzer die Defibrillation des Patienten manuell einleiten.

Die Nutzung ist durch Personen vorgesehen, die mindestens über die folgende Ausbildung verfügen und von einem Arzt oder der zuständigen ärztlichen Leitung dazu ermächtigt sind:

- CPR-Ausbildung
- Eine den Empfehlungen der American Heart Association entsprechende Ausbildung in der Benutzung von automatisierten externen Defibrillatoren
- Ausbildung im Einsatz des LIFEPAK CRplus

3.3. Richtlinien zum Geräteeinsatz

Die automatisierten externen Defibrillatoren dürfen nur bei Patienten mit Herz- und Atemstillstand eingesetzt werden. Der Patient muss bewusstlos und ohne Spontanatmung sein, bevor das Gerät zur Analyse des EKG-Rhythmus verwendet wird. Das Gerät ist nicht zur Verwendung an Kindern unter acht Jahren vorgesehen.

Die Geräte sind zur Verwendung sowohl im als auch außerhalb des Krankenhauses vorgesehen, einschließlich der Verwendung in Flugzeugen.

3.4. Funktionen und Merkmale des LIFEPAK CRplus als halbautomatischer externer Defibrillator

Die optionalen und konfigurierbaren Funktionen des LIFEPAK CRplus sind so ausgelegt, daß sie eine Reihe unterschiedlicher Protokollanforderungen erfüllen können. Autorisierte Benutzer dieses halbautomatisierten externen Defibrillators sollten bei seinem Einsatz immer die lokalen Vorschriften beachten.

Der Helfer wird durch Sprachaufforderungen bei der Bedienung des Defibrillators angeleitet. Der halbautomatische Defibrillator verfügt über eine sehr auffällige

Schocktaste, die vom Helfer gedrückt werden muss, wenn der Defibrillator ihn zur Auslösung eines Schocks auffordert.

Aus Sicherheitsgründen wird jede Woche und bei jedem Einschalten einen automatischer Selbsttest durchgeführt. Außerdem führt der Defibrillator jeden Monat einen noch etwas genaueren Selbsttest durch. Bei diesem Selbsttest überprüft der Defibrillator seine Schaltkreise, um eine ständige Betriebsbereitschaft sicherzustellen.

Die gut lesbare Bereitschaftsanzeige lässt erkennen, ob der Defibrillator einsatzbereit ist oder ob ein Problem vorliegt.

Beim Einschalten und beim Aufsetzen der Elektroden auf die Brust des Patienten werden die wahrgenommenen Daten in digitaler Form gespeichert. Zu den Patientendaten gehören Datum und Uhrzeit, EKG-Daten und die Anzahl der abgegebenen Schocks. Darüber hinaus werden auch die Ergebnisse des automatischen Selbsttests gespeichert.

Die automatisierten externen Defibrillatoren werden alle in einem betriebsbereiten Zustand geliefert. Bei der Auslieferung verwendet das Gerät das vorprogrammierte ADAPTIV-Protokoll mit biphasisch ansteigender Energieabgabe. Der Defibrillator verfügt darüber hinaus über Einstellmöglichkeiten, die optimiert werden können im Sinne der Kennung des Defibrillators (Name des Geräts), der Lautstärke, der Sprachaufforderungen, der Energieabgabesequenz und des dafür verwendeten Protokolls.

3.4.1. Defibrillationselektroden

Die QUIK-PAK™ Defibrillationselektroden, Firma Medtronic, werden auf die Brust des Patienten geklebt, damit der Herzrhythmus erfasst und bei Bedarf ein Defibrillationsschock abgegeben werden kann. Bei der Übergabe des Patienten an den Rettungsdienst können diese Elektroden vom automatisierten externen Defibrillator abgenommen und an andere Defibrillatoren wieder angeschlossen werden, sofern diese für Elektroden des Typs QUIK-COMBO, Firma Medtronic, ausgelegt sind.

3.4.2. Fortlaufende Überwachung

Der AED verfügt über zwei Betriebsarten: EKG-Analyse und fortlaufende Patientenüberwachung (CPSS, Continuous Patient Surveillance System). Nach der Analyse zeigt der Defibrillator an, ob ein schockbehandelbarer Rhythmus vorliegt. Das CPSS ist aktiv, wenn das Gerät keine Analyse ausführt und überwacht automatisch den Patienten auf potentiell schockbehandelbare Rhythmen.

3.4.3. Bewegungserkennung

Durch ein patentiertes Bewegungserkennungssystem werden Bewegungen des Patienten oder des Helfers wahrgenommen, die sich nachteilig auf die Analyse des Herzrhythmus durch den Defibrillator auswirken können. Die Erkennung des Herzrhythmus wird unterbrochen, sobald der Defibrillator eine Bewegung erkennt.

Die EKG-Daten, die durch Bewegungen möglicherweise gestört sein können, werden von diesem Bewegungserkennungssystem automatisch von der Analyse ausgeschlossen.

3.4.4. Datenverwaltung

Alle Patienten- und Defibrillatordaten wie EKG-Rhythmen und die Anzahl abgegebener Schocks werden digital aufgezeichnet und können über eine serielle Infrarotverbindung, den so genannten IrDA-Port, an einen PC übertragen werden. Ein auf dem PC aufgeführtes Programm zur Datenübertragung und -verwaltung nimmt die Ereignis- und Testdaten vom Defibrillator entgegen.

3.4.5. Batterieoptionen

Der Defibrillator wird über eine interne Lithiumbatterie mit Strom versorgt. Als Ladegerät für die interne Batterie dient ein auswechselbares Charge-Pak, Firma Medtronic. Die interne Batterie versorgt den Defibrillator mit Betriebsstrom, während das Charge-Pak der internen Batterie eine Erhaltungsladung zuführt. Es ist wichtig, dass stets ein frisches Charge-Pak im Defibrillator eingelegt ist, auch während der Lagerung des Defibrillators.

3.4.6. Automatischer Selbsttest

Der Defibrillator führt einmal wöchentlich sowie bei jedem Einschalten automatisch einen Selbsttest durch. Mit dieser Funktion werden die wichtigsten Schaltkreise des Geräts getestet, so daß der Benutzer anschließend sicher sein kann, daß das Gerät als halbautomatischer externer Defibrillator betriebsbereit ist.

3.4.7. Bereitschaftsanzeige

Auf dem LIFEPAK CRplus Gerät befindet sich eine Bereitschaftsanzeige, die jederzeit ablesbar ist. Diese Anzeige ermöglicht dem Benutzer selbst dann festzustellen, ob das Gerät betriebsbereit ist, wenn das Gerät ausgeschaltet oder der Blick auf das Hauptbedienfeld verstellt ist. Wenn das Gerät betriebsbereit ist, erscheint eine OK-Anzeige. Wenn die Batterie schwach ist bzw. das Gerät gewartet werden muss, erscheint die Batterie- oder Wartungs-Anzeige.

3.4.8. Äussere Bedienelemente des LIFEPAK CRplus

Auf der Außenseite befinden sich folgende Bedienelemente. Wenn die Taste "Abdeckung lösen/Ein-Aus" gedrückt wird, schaltet sich der Defibrillator ein, und das Elektrodenspaket sowie der Öffnungsgriff kommen zum Vorschein (Abb. 6).

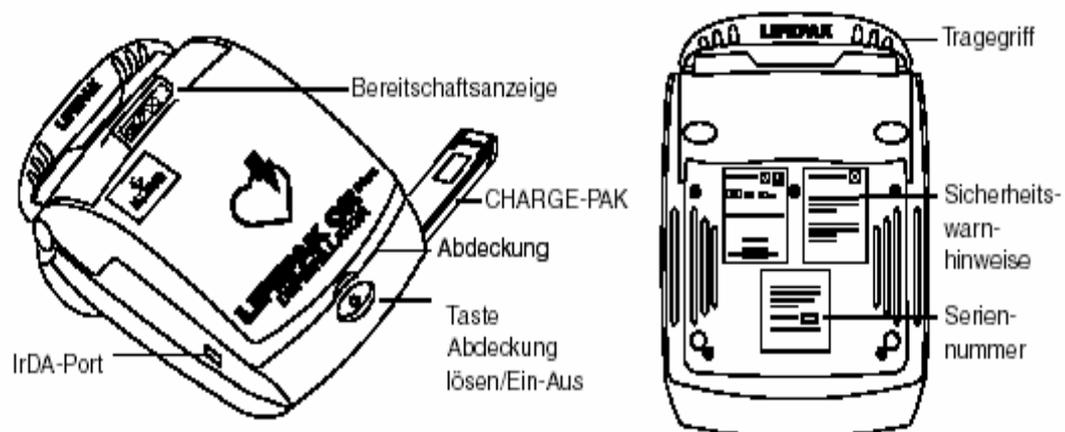


Abbildung 6: äussere Bedienelemente, Hinweissymbole und Beschriftungen des LIFEPAK CRplus

Anhand von vier Hinweissymbolen, die bei ausgeschaltetem Defibrillator sichtbar sind, kann sofort festgestellt werden, ob der Defibrillator betriebsbereit ist oder ob ein Problem vorliegt.

Das Symbol OK signalisiert die regelrechte Funktion des Gerätes sowohl in ausgeschaltetem als auch eingeschaltetem Zustand.

Das Charge-Pak-Symbol ist sichtbar, wenn der Charge-Pak ausgetauscht werden muss bzw. sich nicht im Gerät befindet. Der Charge-Pak dient als Batterieladegerät und versorgt die interne Batterie fortlaufend mit einer Erhaltungsladung. Ist die interne Batterie nicht vollständig geladen erscheint das Signal „Achtung“. Zu diesem Zeitpunkt steht die interne Batterie des Gerätes jedoch noch für sechs Schockabgaben oder eine Betriebsdauer von 42 Stunden zur Verfügung.

Das vierte Symbol stellt ein Schraubenschlüssel dar für den Fall, dass eine normale Verwendung des Defibrillators verhindert ist oder verhindert werden könnte.

Der IrDa-Port (Infrared Data Association) ist gleichbedeutend mit einer Infrarotschnittstelle, welche eine kabellose Datenübertragung auf einen PC sicherstellt.

3.4.9. Innere Bedienelemente des LIFEPAK CRplus

Die inneren Elemente des Defibrillators dienen der leichten Bedienbarkeit des Geräts im Falle eines Herzstillstands (Abb. 7).

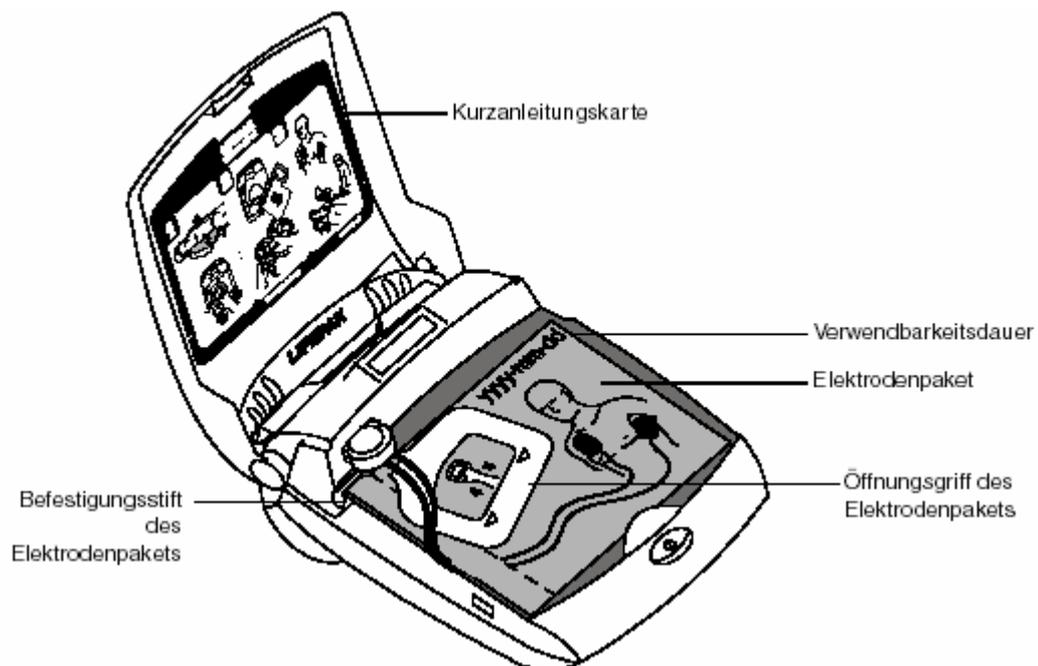


Abbildung 7: innere Elemente des LIFEPAK CRplus

Nachdem der Öffnungsgriff des Elektrodenpaketes gezogen wurde und das Elektrodenpaket aufgerissen wurde, kommen die in Abbildung 8 gezeigten Komponenten zum Vorschein.

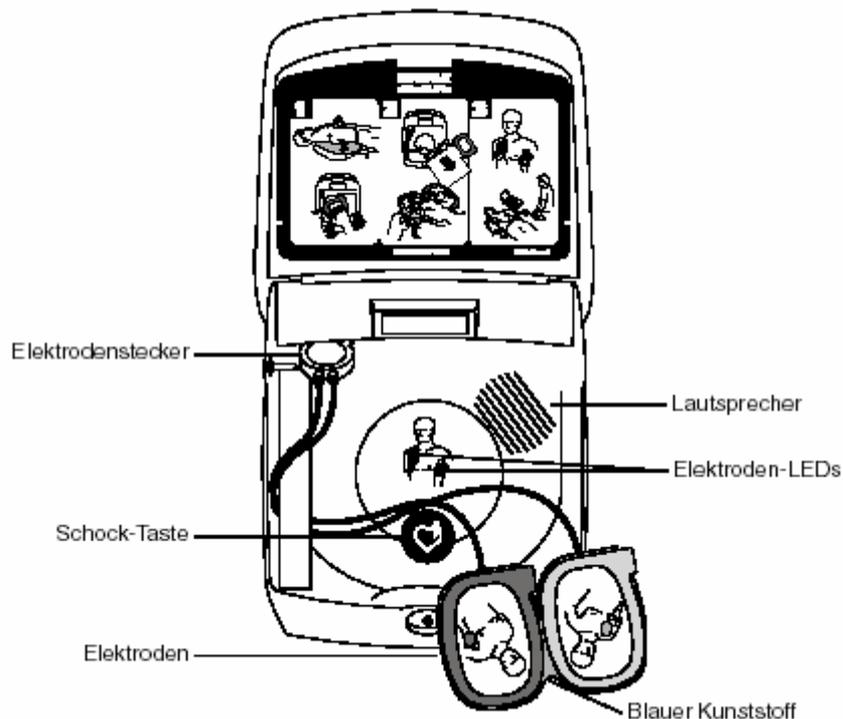


Abbildung 8 : innere Elemente, die nach Öffnung des Elektrodenpaketes zum Vorschein kommen

Die Elektroden sind bereits mit dem Defibrillator verbunden. Die Elektroden-LEDs blinken so lange rot, bis die Elektroden an der entkleideten Brust des Patienten angebracht sind. Nach dem Anbringen der Elektroden hören die LEDs auf zu blinken und leuchten ununterbrochen grün weiter.

3.5. Betrieb des halbautomatisierten externen Defibrillators

Zur Vorbereitung auf die EKG-Analyse und Defibrillation ist sicherzustellen, daß beim Patienten ein Herzstillstand vorliegt, indem die Vitalfunktionen gemäß der Ausbildung im Rahmen der Basisreanimation geprüft werden („bewusstlos, keine Atmung, kein Puls“). Der Defibrillator sollte in der Nähe des Patienten platziert werden. Durch drücken der Taste Abdeckung öffnen/EIN-AUS wird der Defibrillator geöffnet und eingeschaltet (Abb. 9). Daraufhin beginnt die Abfolge der Sprachaufforderungen mit der Abfolge der Behandlung des plötzlichen Herztodes.



Abbildung 9: Defibrillator öffnen/ EIN-AUS

Zum Anlegen der Elektroden sollten folgenden Bedingungen gegeben sein:

- Den Patienten nach Möglichkeit auf eine harte Unterlage in ausreichendem Abstand von Nässe oder anderen leitfähigen Materialien legen.
- Den Oberkörper des Patienten entkleiden (Abb. 10).
- Übermäßigen Haarwuchs an den vorgesehenen Stellen zum Anbringen der Elektroden beseitigen. Beim Rasieren darf die Haut nicht verletzt werden.
- Die Haut reinigen und mit einem Handtuch oder Verbandmull kräftig trockenreiben.
- Keinen Alkohol, keine Benzointinktur und keine Antitranspiranzen auf die Haut auftragen.

Es erfolgt die Sprachaufforderung: „KLEIDUNG VOM BRUSTKORB ENTFERNEN“

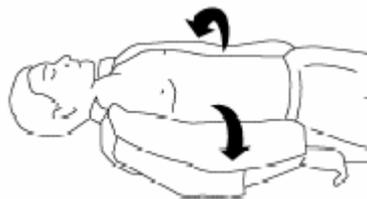


Abbildung 10: Kleidung vom Brustkorb entfernen

Drückt man mit einer Hand auf die linke Seite des Elektrodenpaketes, und zieht mit der anderen Hand am roten Öffnungsgriff des Elektrodenpaketes, wird das Elektrodenpaket aufgerissen. Das Paket muss ganz aufgerissen werden, so dass man die Elektroden herausnehmen kann. Ein kleines Stück des Pakets bleibt mit dem Defibrillator verbunden (Abb. 11).

Es erfolgt die Sprachaufforderung: „ROTEN HANDGRIFF ZIEHEN, UM VERPAKUNG ZU ÖFFNEN“



Abbildung 11: Elektrodenpaket öffnen

Daraufhin müssen die Elektroden einzeln, nacheinander, von der blauen Kunststofffolie gelöst werden (Abb. 12).

Es erfolgt die Sprachaufforderung: „BLAUE FOLIE VON ELEKTRODEN ABZIEHEN“



Abbildung 12: Elektroden abziehen

Die Elektroden werden an der Brust des Patienten angelegt, wobei eine Elektrode lateral zur linken Brustwarze des Patienten möglichst direkt auf der zentralaxillaren Linie angebracht werden sollte und die andere Elektrode oben rechts an der Brust des Patienten lateral zum Brustbein und unterhalb des Schlüsselbeins.

Vom Rand ausgehend müssen die Elektroden fest auf die Haut des Patienten aufgedrückt werden (Abb. 13).

Es erfolgt die Sprachaufforderung: „ELEKTRODEN WIE ANGEZEIGT AUF DEN ENTKLEIDETEN BRUSTKORB AUFKLEBEN“



Abbildung 13: Elektrodenpositionierung

3.5.1. Sondersituationen beim Anbringen der Elektroden

Die nachfolgenden Angaben sind für besondere Situationen beim Anbringen der Elektroden gedacht.

> Übergewichtige Patienten oder Patientinnen mit großen Brüsten

Die Elektroden sollten möglichst an einer ebenen, glatten Stelle der Brust angebracht werden. Unter Umständen müssen zur Schaffung einer glatten Oberfläche und einer guten Haftung der Elektroden Hautfalten geglättet werden.

> Schlanke Patienten

Die Elektroden den Konturen der Rippen und Rippenzwischenräume folgend auf den Oberkörper aufdrücken. Dies verhindert, daß Luftblasen unter den Elektroden verbleiben und gewährleistet einen guten Hautkontakt.

> Patienten mit implantiertem Schrittmacher

Soweit möglich sollten die Defibrillationselektroden nicht in unmittelbarer Umgebung des internen Schrittmachers angelegt werden. Den Patienten wie jeden anderen Notfallpatienten behandeln. Unabhängig vom Herzrhythmus des Patienten können die Schrittmacherimpulse verhindern, daß eine Empfehlung zur Abgabe eines Schocks auf dem AED angezeigt wird.

> Patienten mit implantiertem Defibrillator

Die Elektroden in antero-lateraler Position anbringen, und den Patienten wie jeden anderen Patienten in einer Notfallsituation behandeln.

3.5.2. Sprachaufforderungen des halbautomatisierten externen Defibrillators

In den folgenden Abschnitten werden typische Situationen beschrieben, wie sie beim Betrieb des Defibrillators auftreten können. Dazu gehören:

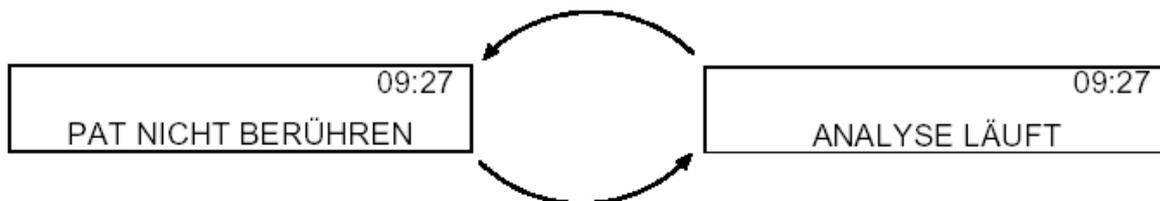
- Beim Öffnen der Abdeckung sind drei aufeinander folgende Piepstöne zu hören.
- KLEIDUNG VOM BRUSTKORB ENTFERNEN
- ROTEN HANDGRIFF ZIEHEN, UM VERPACKUNG ZU ÖFFNEN
- BLAUE FOLIE VON ELEKTRODEN ABZIEHEN

- UND ELEKTRODEN WIE ANGEGEBEN AUF DEN ENTKLEIDETEN BRUST-KORB AUFKLEBEN
- PATIENTEN NICHT BERÜHREN HERZRHYTHMUS WIRD AUSGEWERTET
- PATIENTENBEWEGUNGEN – PATIENTENBEWEGUNGEN STOPPEN
- BEREIT
- SCHOCK WIRD VORBEREITET
- LÄDT
- ZURÜCKTRETEN
- BLINKENDE TASTE DRÜCKEN
- SCHOCK ABGEGEBEN
- KEIN SCHOCK ABGEGEBEN
- KEIN SCHOCK EMPFOHLEN
- PULS ÜBERPRÜFEN
- ATMUNG ÜBERPRÜFEN
- NACH LEBENSZEICHEN SUCHEN
- WENN KEIN PULS, HERZ-LUNGEN-WIEDERBELEBUNG (HLW) STARTEN
- WENN KEINE ATMUNG, HLW STARTEN
- WENN KEINE ANZEICHEN DES KREISLAUFS VORHANDEN, HLW STARTEN
- PATIENTENVERSORGUNG FORTSETZEN
- ELEKTRODEN AUF GUTEN KONTAKT ÜBERPRÜFEN
- PATIENTENBEWEGUNGEN
- PATIENTENBEWEGUNGEN STOPPEN
- SERVICE

3.5.3. Erster Analysenzyklus

Beim erstmaligen Anlegen der Elektroden an den Patienten und Einschalten des Gerätes beginnt direkt die Analyse.

Sobald das Gerät anfängt, das Patienten-EKG zu analysieren, gibt es zwei Kontrolltöne von sich und gibt abwechselnd die folgenden beiden Meldungen an:



Die Sprachaufforderung PATIENTEN NICHT BERÜHREN, HERZRHYTHMUS WIRD AUSGEWERTET, PATIENTEN NICHT BERÜHREN ertönt.

Die EKG-Analyse dauert etwa 9 bis 13 Sekunden.

> Automatische Interpretation des EKG

Das Defibrillations-Beratungssystem empfiehlt beim Vorliegen der folgenden Bedingungen eine Schockbehandlung:

- **Kammerflimmern** – mit einer Spitze-zu-Spitze-Amplitude von mindestens 0,08 mV
- **Kammertachykardie** – definiert als Herzfrequenz von mindestens 120 Schlägen pro Minute, als Breite des QRS-Komplexes von mindestens 0,16 Sekunden, und ohne offensichtliche P-Wellen. Für alle anderen EKG-Rhythmen, einschließlich Asystolie, pulslose elektrische Aktivität, idioventrikuläre Rhythmen, Bradykardie, supraventrikuläre Tachykardie und normalen Sinusrhythmus empfiehlt das Defibrillations-Beratungssystem keine Schockbehandlung. Zur EKG-Analyse werden aufeinanderfolgende 2,7-Sekunden-Segmente des EKG-Rhythmus ausgewertet. Eine Entscheidung wird erst dann gefällt, wenn zwei von drei aufeinander folgenden EKG-Segmenten miteinander übereinstimmen (SCHOCK EMPFOHLEN oder KEIN SCHOCK EMPFOHLEN).

Die Leistungen des LIFEPAK CR plus Defibrillationsberatungssystems (SAS) sind in der folgenden Tabelle zusammengefasst (Tabelle 5).

Rhythmusklasse	EKG-Anzahl ¹	Leistungsziel	beobachtete Leistung
Defibrillierbar: VF	168	>90%ige Empfindlichkeit	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.
Defibrillierbar: VT	65	>75%ige Empfindlichkeit	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.
Nicht defibrillierbar: NSR	144	>99%ige Spezifität bei NSR, AHA	Erfüllt die Empfehlungen der AHA
Nicht defibrillierbar: Asystolie	43	>95%ige Spezifität	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.
Nicht defibrillierbar: Alle anderen Rhythmen	531	>95%ige Spezifität	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.
Zwischenrhythmen: Feines VF	29	Nur Bericht	96,6 % Empfindlichkeit

Tabelle 5: Leistungen des LIFEPAK CRplus

1 Aus der EKG-Datenbank von Medtronic Physio Control. Jede Probe wird 10 Mal asynchron durchgeführt.

2 Association for the Advancement of Medical Instrumentation. Drissler GmbH, Dietzenbach 39-1993 Standard für automatische externe Defibrillatoren und lernbedingte Defibrillatoren. Arlington, VA: AAMI 1993.

3 Automatic External Defibrillators for Public Access Defibrillation: Recommendations for Specifying and Reporting Arrhythmia Analysis Algorithm Performance. Incorporating New Waveforms and Enhancing Safety. AHA Task Force on Automatic External Defibrillation. Subcommittee on AED Safety and Efficacy. Circulation 1997, Band 95: 1677 – 1682

VF: Kammerflimmern

VT: ventrikuläre Tachykardie

NSR: normaler Sinusrhythmus

Zur weiteren Sicherung in der Anwendung des halbautomatischen externen Defibrillators und damit gesicherter EKG-Analyse mit schockbarem Rhythmus wurde der Defibrillator auch unter Verwendung stimulierter Herzrhythmen getestet, die mit hoher Signaltreue von Patienten mit implantierten Herzschrittmachern abgeleitet wurden. Die signaltreuen Schrittmacher-Spikes wurden darüber hinaus mit typischen Signalproben eines Kammerflimmerns überlagert, um die Sensitivität des Geräts bei einem Kammerflimmern mit implantiertem aktivem Herzschrittmacher zu testen (Tabelle 6).

EKG-Anzahl	Leistungsziel	Beobachtete Leistung
35	>90%ige Empfindlichkeit	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.
35	>95%ige Spezifität	Anforderung von AAMI DF39 ² sowie die Empfehlungen der AHA ³ erfüllt.

Tabelle 6: Leistungen bei Patienten mit implantiertem Schrittmacher

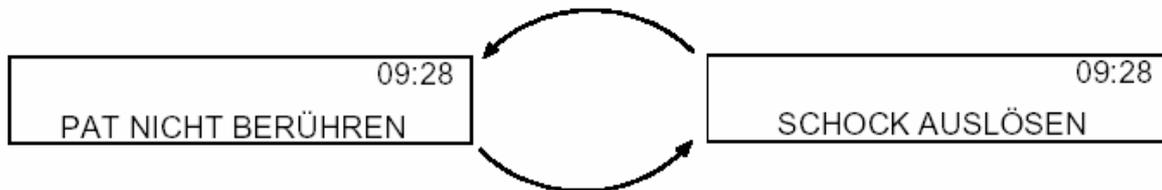
3.5.4. Schockabgabe empfohlen

Liegt ein schockbehandelbarer EKG-Rhythmus vor, ertönt die folgende Meldung:



Der LIFEPAK CRplus lädt sich für den 1. Schock auf 200 Joule auf. Ein Ton mit höher werdender Frequenz zeigt an, daß sich der Defibrillator auflädt.

Nach beendetem Aufladevorgang gibt das Gerät abwechselnd die beiden folgenden Meldungen an:



Die Sprachaufforderung PATIENTEN NICHT BERÜHREN, BLINKENDE TASTE DRÜCKEN gefolgt von einem "Schockbereitschaftston" (einem lauten, hochfrequenten Doppelton) ertönt. Die LED blinkt.

- Zum Entladen des Defibrillators muss die blinkende die Taste gedrückt werden.
- Wird die Taste nicht innerhalb von 15 Sekunden gedrückt, inaktiviert sich das Gerät automatisch und die Meldung KEIN SCHOCK ABGEGEBEN ist zu hören.

> Folgende Analysenzyklen

Der Defibrillator wird dann den Herzrhythmus erneut auswerten und eine neue Sprachaufforderung zur Fortführung der Reanimationsmaßnahme wird angegeben.

3.5.5. Keine Schockabgabe empfohlen

Liegt kein schockbehandelbarer EKG-Rhythmus vor, gibt der Defibrillator die folgende Meldung an:

09:28
KEIN SCHOCK EMPFOHLEN

Das Gerät lädt sich nicht auf, daher kann auch kein Schock abgegeben werden.

Nach Ertönen der Ansage KEIN SCHOCK EMPFOHLEN beginnt der Defibrillator mit dem Zyklus der Herz-Lungen-Wiederbelebungszeit und fordert den Nutzer auf, nach Lebenszeichen zu suchen.

09:28
PULS ÜBERPRÜFEN

Die Sprachaufforderung PULS ÜBERPRÜFEN ist zu hören. 10 Sekunden lang sollte an der Arteria carotis des Patienten nach dem Puls getastet werden. Weiterhin muss die Atmung des Patienten überprüft werden oder Anzeichen für eine Kreislauffähigkeit vorliegen. Hier erfolgt die Aufforderung in Form von ATMUNG ÜBERPRÜFEN und NACH LEBENSZEICHEN SUCHEN.

3.5.6. Herz-Lungen-Wiederbelebungszeit (HLW-Zeit)

Durch die Einstellungen HLW-Zeit 1 und HLW-Zeit 2 werden die Zeitabstände definiert, in denen eine Herz-Lungen-Wiederbelebung durchgeführt wird. HLW-Zeit 1 ist das auf drei Schocks folgende Zeitintervall. HLW-Zeit 2 ist das auf die Entscheidung KEIN SCHOCK EMPFOHLEN folgende Zeitintervall. Die Einstellmöglichkeiten für HLW-Zeit 1 und HLW-Zeit 2 sind 15, 30, 45, 60, 90, 120 und 180 Sekunden.

Als Grundeinstellung sind 60 Sekunden sowohl für die HLW-Zeit 1 als auch die HLW-Zeit 2 programmiert.

Während dieser Zeit wird eine kardiopulmonale Reanimation durchgeführt im Sinne von 2 Beatmungen und 15 Thoraxkompressionen.

3.5.7. Nach der Herz-Lungen-Wiederbelebungzeit

Nach HLW-Zeit fordert der Defibrillator erneut dazu auf, den Puls zu überprüfen.



Je nach EKG-Analyse und erkanntem Rhythmus ertönen weitere Sprachaufforderungen.

3.5.8. Schockenergie

Bei einer flexiblen Sequenz erhöht sich die mit einem Schock abgegebene Energie nur dann, wenn aus einer unmittelbar auf den Schock folgenden Analyse des Defibrillators noch einmal die Entscheidung SCHOCK EMPFOHLEN resultiert.

Wenn beispielsweise die Energiesequenz des Defibrillators flexibel auf 200, 300, 360 eingestellt ist, wird der erste Schock mit einer Energie von 200 Joule abgegeben.

Wenn die Arrhythmie durch den ersten Schock beendet wird und aus der nächsten Analyse die Entscheidung KEIN SCHOCK EMPFOHLEN resultiert, wird die Energie beim nächsten Schock nicht erhöht. Wenn jedoch die Arrhythmie durch den ersten Schock nicht beendet wird und aus der nächsten Analyse die Entscheidung SCHOCK EMPFOHLEN resultiert, wird die Energie auf 300 Joule erhöht usw.

Bei einer festen Sequenz erhöht sich die nach dem ersten Schock mit 200 Joule abgegebene Energie von 200 auf 300 und dann auf 360 Joule, unabhängig vom EKG-Rhythmus nach dem Schock und der nachfolgenden Analyse.

3.5.9. Transfer des Patienten an ein anderes Gerät

Zur Übertragung der Patientenbetreuung von einem Gerät auf ein anderes Gerät mit identischen Therapiekabelanschlüssen wird wie folgt vorgegangen:

1. Das Gerät, an dem der Patient bisher angeschlossen ist, muss ausgestellt werden.
2. Die Defibrillationselektroden können am Patienten belassen werden, aber deren Anschluss am Therapiekabel bzw. Gerät muss gelöst werden.
3. Die Therapieelektroden sollten nun am neuen Gerät anschlossen werden.

Übertragung der Patientenüberwachung von einem Gerät auf ein anderes, wenn die beiden Geräte mit verschiedenen Therapiekabelsteckern ausgerüstet sind:

1. Ebenfalls das Gerät ausschalten, an dem der Patient angeschlossen ist.
2. Die derzeit am Patienten befestigten Defibrillationselektroden müssen in diesem Fall entfernt werden.
3. Im Folgenden können Defibrillationselektroden angebracht werden, die mit dem anderen Gerät kompatibel sind.
4. Danach müssen die Anweisungen für das zweite Gerät befolgt werden.

3.6. Übersicht zum Speichern und Aufrufen von Daten

Bei jedem Einschalten und Anschließen des LIFEPAK CRplus Defibrillators an einen Patienten speichert das Gerät automatisch Daten zum Patienten. Nachdem diese Daten zur Auswertung in ein Datenmanagement-System übertragen wurden, stehen drei Patientenberichte zur Verfügung: ein Ereignisprotokoll, ein fortlaufendes EKG und eine Zusammenfassung.

Diese Daten stehen nach dem Einsatz für Qualitätskontrollzwecke, Schulungszwecke und Forschungszwecke zur Verfügung. Zur Sicherstellung dieser aufgezeichneten Informationen sollten die Daten daher sobald wie möglich ausgedruckt oder übertragen werden.

Es werden keine Patientendaten gelöscht, nachdem die Daten auf einen PC übertragen wurden. Der Defibrillator löscht bestehende Patientendaten nur dann, wenn er an einen neuen Patienten angeschlossen wird.

3.6.1. Übersicht zur Datenspeicherung

In eingeschaltetem Zustand werden automatisch die folgenden Daten gespeichert:

1. Das Ereignisprotokoll als ein chronologisch aufgebautes Protokoll aller Ereignisse. Ein Ereignis ist als ein vom Defibrillator erfasster Zustand definiert.

2. Ein fortlaufendes EKG dokumentiert als 20minütige Aufzeichnung das Patienten-EKG vom Anschließen des Patienten an den Defibrillator bis zum Ausschalten des Defibrillators.
3. Eine Zusammenfassung wird gespeichert, welche das Ereignisprotokoll mit einer Auswertung fortlaufender, zu bestimmten Ereignissen in Relation stehender EKG-Rhythmen stellt.

3.6.2. Patientenprotokolle

Der LIFEPAK CRplus Defibrillator kann maximal zwei Patienteneinsatzberichte speichern: einen für den aktuellen Patienten und einen für den vorherigen Patienten. Nach einem Einsatz dieses Gerätetyps ist es wichtig, dass die Patientendaten baldmöglichst auf ein anderes Speicherungssystem übertragen werden, um langfristige Analysen der Geräteverwendung zu ermöglichen. Der vollständige Bericht über den aktuellen Patienten umfasst auch das fortlaufende EKG und das Ereignisprotokoll. Wenn ein zweiter Patient behandelt wird, wird der vollständige Bericht des ersten Patienten in eine Zusammenfassung umformatiert. Wird ein dritter Patient behandelt, werden die Daten des ersten Patienten gelöscht und der vollständige Bericht des zweiten Patienten in eine Zusammenfassung umformatiert.

3.6.3. Bericht Ereignisprotokoll

Dieser Bericht enthält eine Liste aller Ereignisse, die während eines Patienteneinsatzes aufgezeichnet wurden. Zu jedem Ereignis wird die Uhrzeit und der seit Beginn der Aufzeichnung verstrichene Zeitraum angegeben. Das Kästchen im Kopfteil des Berichtes enthält Angaben zum Gerät und zum Patienten. Bei Berichten, die direkt vom Defibrillator ausgedruckt werden, bleiben einige dieser Informationsfelder wie z.B. die Patientennummer und der Patientename leer. Bei Übertragung der Daten an einen Computer können diese leeren Datenfelder mit Hilfe des Datenübertragungsprogramms Data Transfer 500, Firma Medtronic, des Datenanzeigeprogramms QUIK-VIEW 500, Firma Medtronic, oder des Datenverwaltungssystems CODE-STAT Suite, Firma Medtronic, nachträglich ausgefüllt werden.

Ein Ereignis ist eine bestimmte Handlung des Benutzers oder des Defibrillators, wie z.B.:

- Einschalten

- Patient angeschlossen
- Analyse eingeleitet
- Schock empfohlen
- Schock abgegeben

3.6.4. Zusammenfassung Ereignisprotokoll

Dieser Bericht enthält eine Zusammenfassung wichtiger Ereignisse zu einem bestimmten Patientenprotokoll, wie z.B. einer Analyse oder einem Schock, verbundenen EKG-Rhythmen.

Bericht Ereignisprotokoll

Einsatzkenn-Nr.:	Patienten-Nr.:
Einsatzdatum: 15MAI98	Patientenname:
Benutzerkennung:	Alter:
Gerätetyp: LIFEPAK 500	Geschlecht:
Geräte-Serien-Nr.: 00001203	Software-Rev: 3005360-000 Rev. 4.4
Gerätekenr.: RFD#6	Konfiguration: 000000000
25mm/SEC, 1,0 cm/mV	

00:00	09:47:08	STROM EIN
01:07	09:48:15	PATIENT ANGESCHLOSSEN
01:07	09:48:15	„ANALYSE DRÜCKEN“
01:10	09:48:18	ANALYSE 1
01:16	09:48:24	SCHOCK EMPFOHLEN
01:25	09:48:33	„SCHOCK AUSLÖSEN“
01:25	09:48:33	SCHOCK #1 - 200 J
01:30	09:48:38	ANALYSE 2
01:36	09:48:44	KEIN SCHOCK EMPFOHLEN
01:39	09:48:47	CPR-AUFFORDERUNG
02:39	09:49:47	„ANALYSE DRÜCKEN“
03:03	09:50:11	PATIENTEN ÜBERPRÜFEN
03:03	09:50:11	ANALYSE DRÜCKEN
03:05	09:50:13	ANALYSE 3
03:11	09:50:19	SCHOCK EMPFOHLEN
03:21	09:50:29	„SCHOCK AUSLÖSEN“
03:36	09:50:44	LADUNG NEUTRALISIER
03:40	09:50:48	ANALYSE 4
03:46	09:50:54	KEIN SCHOCK EMPFOHL
03:47	09:50:55	CPR-AUFFORDERUNG
03:52	09:51:00	BATTERIE SCHWACH
04:10	09:51:18	BATTERIE ENTNOMMEN
04:43	09:51:51	STROM EIN
04:43	09:51:51	BATTERIE AUSGETAUSCHT
04:47	09:51:55	„ANALYSE DRÜCKEN“
04:50	09:51:58	ANALYSE 5
04:52	09:52:00	STROM AUS

Zusammenfassung Ereignisprotokoll

01:10	ERSTE ANALYSE
01:25	ERSTER SCHOCK
	SCHOCK ABGEGEBEN

Anmerkungen: _____

ENDE DES BERICHTS

SEITE 1

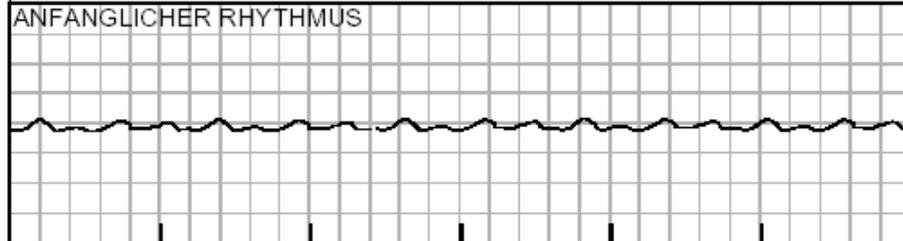
Abbildung 14: Beispiel Ergebnisprotokoll

BERICHT CODE SUMMARY

Einsatzkenn-Nr.:	Patienten-Nr.:
Einsatzdatum: 15MAI98	Patientenname:
Benutzerkennung.:	Alter:
Gerätetyp: LIFEPAK 500	Geschlecht:
Geräte-Serien-Nr.: 00001203	Software-Rev 3005360-000 Rev. 4.4
Gerätekenr.: RFD#6	Konfiguration: 000000000
25mm/SEC, 1,0 cm/mV	

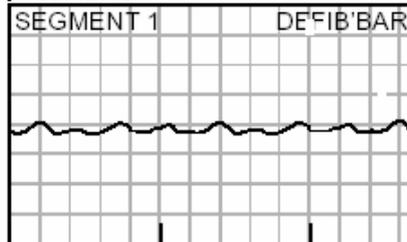
09:48:15 PATIENT ANGESCHLOSSEN

▼ 09:48:15

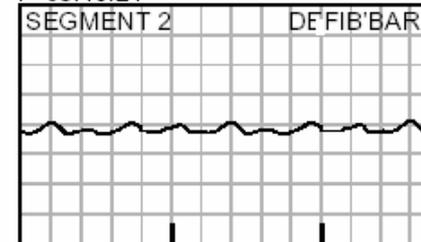


09:48:18 ANALYSE1

▼ 09:48:18



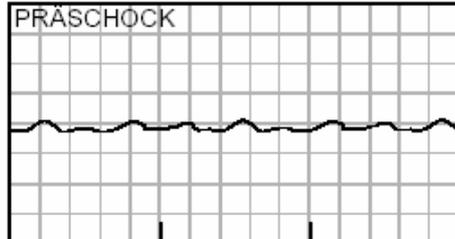
▼ 09:48:21



09:48:24 SCHOCK EMPFOHLEN

09:48:33 SCHOCK 1 - 200J

▼ 09:48:33



▼ 09:48:36



SEITE 1

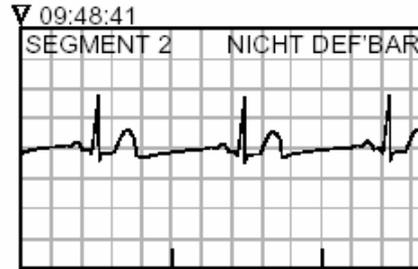
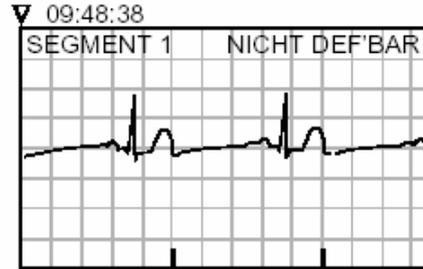
Abbildung 15: Beispiel Zusammenfassung Ergebnisprotokoll I

Bericht CODE SUMMARY

Einsatzkenn-Nr.:
Einsatzdatum: 15MAI98

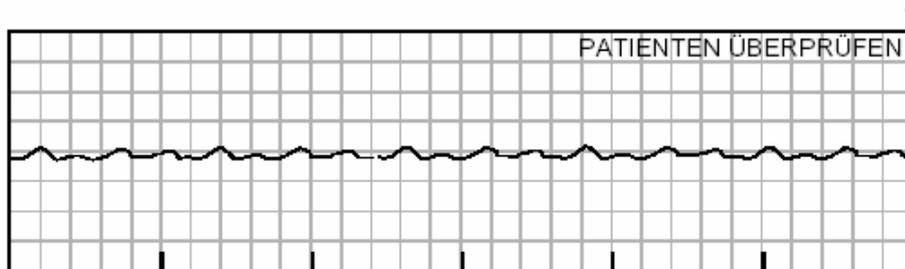
Patienten-Nr.:
Patientenname:

09:48:38 ANALYSE 2

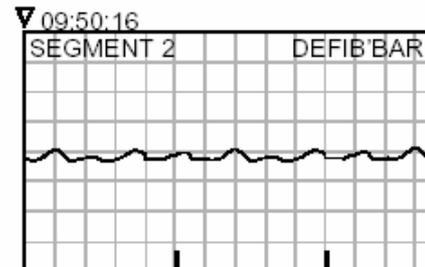
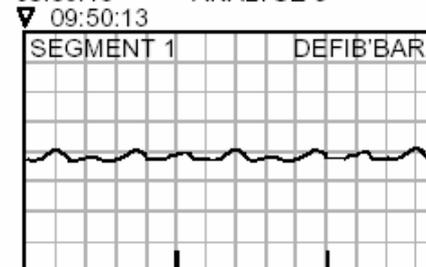


09:48:44 KEIN SCHOCK EMPFOHLEN

09:50:11 PATIENTEN ÜBERPRÜFEN



09:50:13 ANALYSE 3



09:50:19 SCHOCK EMPFOHLEN

09:50:44 LADUNG NEUTRALISIERT

SEITE 2

Abbildung 16: Beispiel Zusammenfassung Ergebnisprotokoll II

3.7. Technische Unterstützung und Wartung

Nach jedem Einsatz eines AED wurde das Ereignisprotokoll durch den medizinisch technischen Dienst des Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf ausgedruckt und zur Auswertung an die ärztliche Aufsicht der automatisierten externen Defibrillatoren des Evangelischen Krankenhaus ausgehändigt.

Die Geräte wurden in regelmäßigen Abständen durch die Firma Medtronic gewartet.

3.8. Biphasische Defibrillation

Als Impulsform handelt es sich um einen biphasisch abgeschnittenen Exponentialimpuls mit Spannungs- und Zeitkompensation für Patientenimpedanz (Tabelle 7).

Die Energieabgabesequenz ist mehrstufig und vom Benutzer konfigurierbar von 200 Joule bis 360 Joule.

Die Genauigkeit der Energieabgabe liegt bei $\pm 10\%$ bei 50 Ohm und $\pm 15\%$ bei 25 bis 100 Ohm (Abb. 17).

Patientenimpedanz (Ohm)	Dauer Phase 1 (ms)		Dauer Phase 2 (ms)		Neigung (%)
	Min.	Max.	Min.	Max.	Nominal
25	5,1	6,0	3,4	4,0	77,5
50	6,8	7,9	4,5	5,3	65,8
100	8,7	10,6	5,8	7,1	52,6
125	9,5	11,2	6,3	7,4	47,8

Tabelle 7: Dauer der einzelnen Phasen einer biphasischen Defibrillation je nach Patientenimpedanz

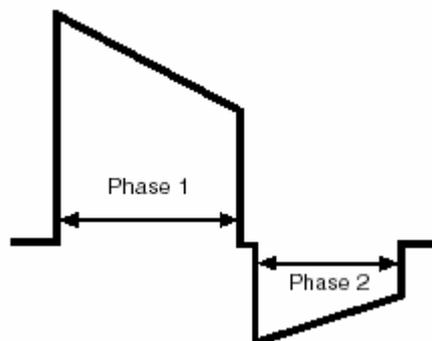


Abbildung 17: biphasische Wellenform

Das Defibrillationsberatungssystem ist ein EKG-Analysesystem, das dem Anwender mitteilt, ob ein Schock angebracht ist. Es erfüllt die in DF39 festgelegten Kriterien für die Rhythmuserkennung.

Das Gerät lässt einen Defibrillationsschock nur dann zu, wenn das Defibrillationsberatungssystem zur Defibrillation rät.

Die Kapazität des Geräts umfasst dreißig vollständige Entladungen oder 210 Minuten "Einschaltdauer" bei vollständig aufgeladener interner Batterie.

Als Minimum werden zwanzig vollständige Entladungen oder 140 Minuten "Einschaltdauer" bei vollständig aufgeladener interner Batterie angegeben.

Die Ladedauer bei vollständig aufgeladenem Gerät beträgt bei:

- 200 Joule weniger als 9 Sekunden
- 360 Joule weniger als 15 Sekunden

Die Ladedauer nach 15 Entladungen bei vollständig aufgeladenem Gerät beträgt bei:

- 360 Joule weniger als 15 Sekunden

3.9. Statistische Methoden

In der vorliegenden Arbeit werden rein deskriptiv statistische Methoden verwendet. Mittels des Computerprogrammes Microsoft Excel wurden Mittelwerte mit Standardabweichung berechnet.

Eine vergleichende Statistik war auf Grund eines fehlenden Vergleichskollektivs nicht möglich.

4. Ergebnisse

4.1. Patientenkollektiv

Innerhalb eines 22-Monats-Zeitraumes von Juli 2004 – April 2006 wurden 40 Patienten in die retrospektive Studie aufgenommen. Hier kam im Rahmen einer Reanimation bei bewusstlos aufgefundenem Patienten ein automatisierter externer Defibrillator, in allen Fällen das Gerät LIFEPAK CRplus der Firma Medtronic, zum Einsatz. Sechs Fälle konnten auf Grund von fehlenden Identifikations- und Registrierungsdaten nicht verwendet werden.

Ausgewertet wurden Daten eines Patientenkollektivs von 34 Personen im Alter zwischen 35 und 90 Jahren. Das mittlere Alter belief sich auf 73 Jahre mit einer Standardabweichung von 12,5 Jahren. Unter den eingeschlossenen Patienten waren 22 männlichen und 12 weiblichen Geschlechts.

In allen Fällen war der Defibrillator bereits durch Pflege- oder ärztliches Personal an den Patienten angeschlossen und aktiviert, bevor das alarmierte Reanimationsteam vor Ort eintraf.

Retrospektiv wurde über die Krankenakte der Verlauf, die Aufnahmediagnose, die Nebenerkrankungen und die vermutliche Reanimationsursache erfasst.

4.2. Grunderkrankung und Nebenerkrankungen der Patienten

Unter den 34 Patienten befanden sich acht Patienten auf Grund einer kardialen Ursache in stationärer Behandlung und 26 Patienten im Rahmen einer nicht kardialen Erkrankung.

Die nicht kardialen Erkrankungen lassen sich weiter unterteilen in sechs Erkrankungen des chirurgischen Formenkreises, fünf hämatologisch-onkologische Fälle, fünf Fälle auf Grund einer neurologischen Genese und zehn allgemein-internistische Fälle (Tabelle 8).

An Nebenerkrankungen zeigte sich ein häufiges Vorkommen kardiovaskulärer Risikofaktoren. Bei 18 Patienten war eine manifeste arterielle Hypertonie bekannt sowie in 16 Fällen ein Diabetes mellitus. In acht Fällen bestand eine koronare Herzerkrankung. An weiteren relevanten Nebenerkrankungen in Bezug auf die Gesamtsituation

des Patienten ist die COPD (4 Patienten), chronisches und paroxysmales Vorhofflimmern (7 Patienten), chronische Niereninsuffizienz (7 Patienten), Z.n. Apoplex (5 Patienten) und die periphere arterielle Verschlusskrankheit (4 Patienten) zu erwähnen (Tabelle 9).

Grunderkrankung	Anzahl	%
Kardiale Ursache	8	23,5
Nicht kardiale Ursache	26	76,5
Davon:		
> chirurgisch	6	23,1
> neurologisch	5	19,2
> hämatologisch-onkologisch	5	19,2
> allgemein internistisch	10	38,5

Tabelle 8: fachliche Unterteilung der Grunderkrankungen

Nebenerkrankung	Anzahl	%
Arterielle Hypertonie	18	52,9
Diabetes mellitus	16	47,1
Koronare Herzerkrankung	8	23,5
COPD	4	11,8
Vorhofflimmern	7	20,6
Chronische Niereninsuffizienz	7	20,6
Cerebrale Ischämie	5	14,7
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	4	11,8

Tabelle 9: relevante Nebenerkrankungen

Die Ereignisse ließen sich nach Stationen wie folgt unterteilen (Tabelle 10):

Station	Anzahl
Medizinische Klinik	24
Kardiologie	2
Chirurgie	7
Dermatologie	1

Tabelle 10: Ereignisse pro Fachabteilung

4.3. Initialer Rhythmus

Nach Anlage und Aktivierung des LIFEPAK CRplus dauerte es im Mittel 47 Sekunden, bis der initiale Rhythmus des Patienten angegeben wird und somit die weiteren Schritte der Reanimationsmaßnahmen vorgegeben werden. Im Minimum dauerte es acht Sekunden, bis der initiale Rhythmus erkannt wurde, und im Maximum 1,51 Minuten.

Bei sechs Patienten (17,6 %) - ein Patient der Chirurgie, ein Patient der Kardiologie und 4 Patienten der medizinischen Klinik - wurde initial Kammerflimmern diagnostiziert, woraufhin adäquat eine Schockabgabe erfolgte (Tabelle 11).

Als post-Schock-Rhythmus ließ sich einmal eine VVI-Stimulation bei vorhandenem Schrittmacher dokumentieren, zweimal ein ventrikulärer Ersatzrhythmus und dreimal eine Asystolie. Einmal konnte nach der ersten Schockabgabe keine Konversion der Tachyarrhythmie erfolgen, so dass bei anhaltendem Kammerflimmern eine weitere Aufforderung zur Schockabgabe ertönte (Tabelle 12). Im Folgenden stellte sich nach der zweiten Defibrillation eine Asystolie ein. In diesen sechs Fällen waren die Reanimationsmaßnahmen zweimal erfolgreich. Diese zwei Patienten verstarben jedoch im weiteren Verlauf im Rahmen eines Multiorganversagens auf der Intensivstation.

In den übrigen Fällen fand sich kein „schockbarer“ Rhythmus, so dass die Anweisung zur kardiopulmonalen Reanimation erfolgte.

In Zahlen ausgedrückt wurde in 21 Fällen eine elektromechanische Entkopplung, viermal eine Asystolie, zweimal Vorhofflimmern und einmal eine Bradykardie aufgezeichnet (Tabelle 10 und Beispielausdruck Abbildung 17).

Initialer Rhythmus	Anzahl	%	Schockabgabe
Kammerflimmern	6	17,6	7
Elektromechanische Entkopplung	21	61,7	
Asystolie	4	11,7	
Vorhofflimmern	2	5,9	
Bradykardie	1	2,9	

Tabelle 11: initialer Rhythmus

Post-Schock-Rhythmus	Anzahl	%
Sinusrhythmus	0	0
Ventrikulärer Ersatzrhythmus	2	28,6
Asystolie	3	42,9
VVI-Stimulation	1	14,3
Kammerflimmern	1	14,3

Tabelle 12: Post-Schock-Rhythmus

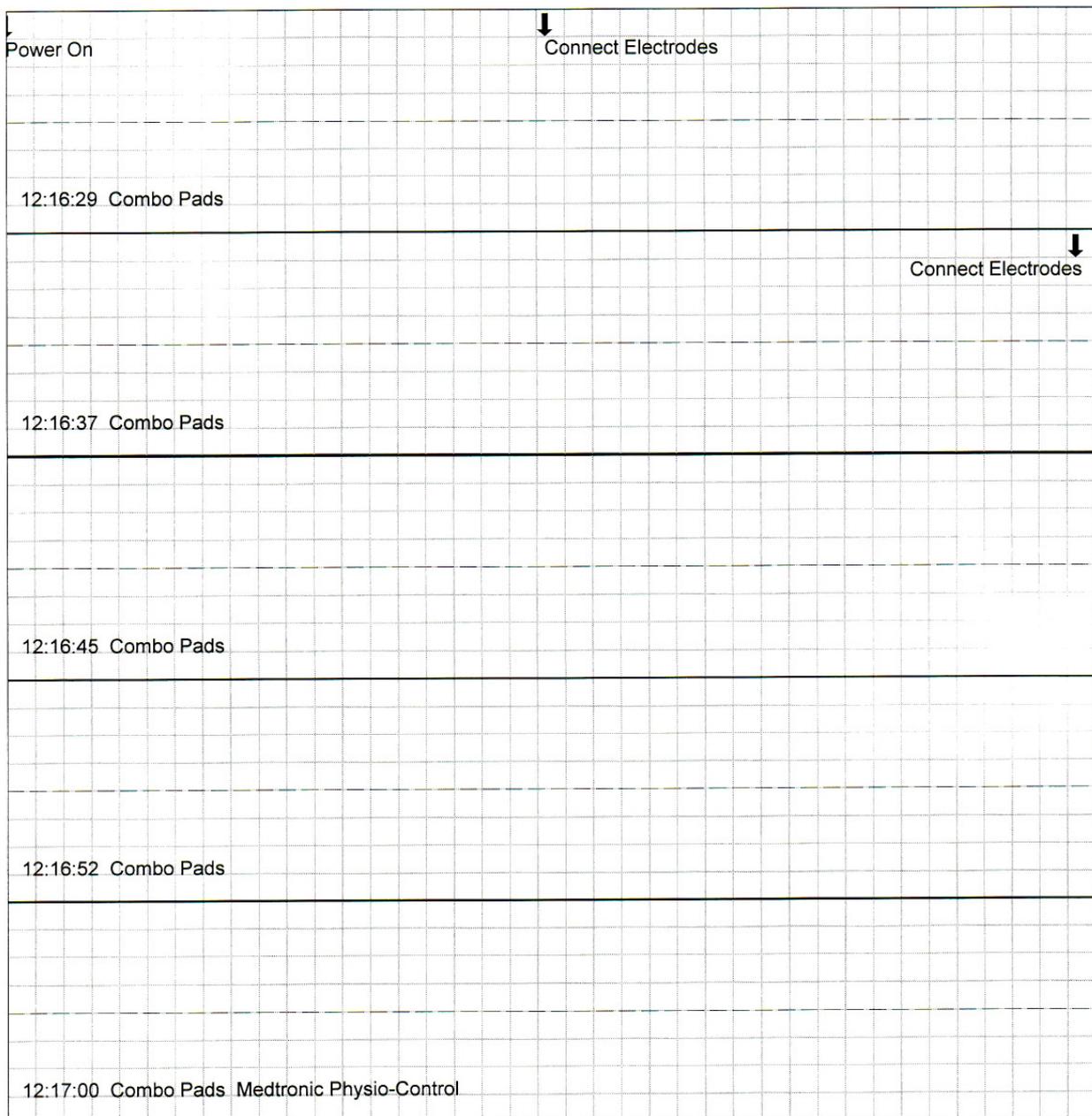






Abbildung 17: Beispiel einer EKG-Analyse mit initialem Rhythmus, Schockabgabe und post-Schock-Rhythmus

4.4. Reanimationsursachen

Retrospektiv betrachtet ergaben sich als Reanimationsursache folgende Erkrankungen: Eine kardiale Genese konnte in 12 Fällen (35,3 %) dokumentiert werden. Dieses Kollektiv ließ sich in die kardiopulmonale Insuffizienz (17,6 %), Bradykardie (5,9%), dekompensierte Aortenstenose (8,8%) und in einem Fall HOCM (2,9%) unterteilen. Jedoch befanden sich nur die Patienten mit der hochgradigen Aortenstenose auf einer kardiologischen Station. Die übrigen Patienten, die auf Grund einer kardialen Genese reanimationspflichtig wurden, lagen im Rahmen ihrer Grunderkrankung auf Stationen der Chirurgie oder der medizinischen Klinik.

Zahlenmäßig bedeutender in der Genese der Reanimation waren Erkrankungen mit gleichzeitig bestehender Respirationsstörung. Insgesamt waren 50 % der Reanimationen pulmonaler Genese. Als einzelne Krankheitsbilder zeigte sich hier die respiratorische Insuffizienz in 7 Fällen (20,6 %), gefolgt von der Aspiration (14,7%), Lungenembolie (8,8%) und Asphyxie (5,9%).

Jeweils einmal führten eine Hyperkaliämie, post-operativer Status (Ursache auf Grund nicht durchgeführter Obduktion nicht eruierbar), eine intracerebrale Blutung, ein septischer Schock und eine hämolytische Krise zur Reanimation (Tabelle 13).

Reanimationsursache	Anzahl	%
Kardiale Genese	12	35,3
• kardiopulmonale Insuffizienz	6	17,6
• Bradykardie	2	5,9
• Dekompensierte Aortenstenose	3	8,8
• HOCM	1	2,9
Pulmonale Genese	17	50,0
• respiratorische Insuffizienz	7	20,6
• Lungenembolie	3	8,8
• Aspiration	5	14,7
• Asphyxie	2	5,9
Post-operativer Status	1	2,9
Hyperkaliämie	1	2,9
Intracerebrale Blutung	1	2,9
Septischer Schock	1	2,9
Hämolytische Krise	1	2,9

Tabelle 13: Reanimationsursache

4.5. Reanimations-Outcome

Von 34 Patienten konnten durch die frühzeitig begonnenen Reanimationsmaßnahmen, sowohl durch Schockabgabe (n=6) als auch die kardiopulmonale Reanimation (n=18) 18 Patienten (52,9%) erfolgreich reanimiert werden und in stabilisiertem Zustand auf die Intensivstation verlegt werden. Neun dieser 18 Patienten (50 %) verstarben im weiteren Verlauf im Rahmen ihrer Grunderkrankung und deren Komplikationen. Keiner der Patienten, bei denen initial ein Rhythmus mit Indikation zur Defibrillation vorlag (n=6), überlebte im Verlauf das Ereignis (0%). Von den 12 nicht defibrillierten Patienten überlebten 9 Patienten (75%), so dass die Gesamtüberlebensrate des untersuchten Kollektivs 26% beträgt.

Diese neun Überlebenden konnten ohne neurologisches Defizit im Verlauf das Krankenhaus verlassen.

23 der Fälle (67,6%) ereigneten sich während des Tagdienstes und elf Fälle (32,4%) während des Nachdienstes.

Zwei Reanimationsereignisse ereigneten sich auf kardiologischen Stationen (5,9%). In beiden Fällen handelte es sich um Patienten mit einer dekompensierten Aortenstenose. In einem Fall war die erste Schockabgabe erfolgreich, jedoch konnte trotz intensivmedizinischer Versorgung keine Stabilisierung erreicht werden. Im anderen Fall waren jegliche Reanimationsmaßnahmen erfolglos.

Anhand dieser Zahlen ist anzunehmen, dass die Überlebenschance bei nicht defibrillierten Patienten höher ist, als bei defibrillierten Patienten.

Zeitintervalle zwischen Herzstillstand, Auffinden des Patienten, Absetzen des Reanimationsalarms bis zur ersten Defibrillation können retrospektiv nicht definiert werden, da es sich in allen Fällen um einen nicht beobachteten Herzstillstand handelte.

5. Diskussion

Die prognostische Bedeutung der zeitnahen Defibrillationsmaßnahmen beim plötzlichem Herztod durch den Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren (AED) sowie die Verwendung von AED`s durch nicht-ärztliches Personal ist in zahlreichen klinischen Studien beim Eintreten des Ereignisses außerhalb des Krankenhauses belegt.

In den bisherigen Studien hat sich gezeigt, dass die zum Herzstillstand führende Herzrhythmusstörung in ca. 75% der Fälle Kammerflimmern ist ⁽¹¹⁾. Nach wenigen Minuten kommt es hierbei zu einer Konversion in eine Asystolie. Die einzig wirksame Behandlung des Kammerflimmerns und einer pulslosen Kammertachykardie stellt die Defibrillation dar, wobei die Defibrillation so früh als möglich erfolgen sollte, da die Wahrscheinlichkeit des Überlebens ohne neurologische Schäden proportional zur Zeit abnimmt ⁽³²⁾.

Weiterhin wird in den aktuellen Guidelines 2005 zur kardiopulmonalen Reanimation der AHA der Thoraxkompression ein besonderer Stellenwert eingeräumt. Eine effektive Thoraxkompression zur Ermöglichung eines Blutflusses während der Reanimation stellt eine Klasse I Indikation dar. Es wird eine Kompressionsrate von 100/min empfohlen mit etwa gleicher Dauer der Kompression und Relaxation. Studien haben gezeigt, dass in der Vergangenheit die Thoraxkompression zu flach durchgeführt wurde und es zu häufig zu Unterbrechungen kam. Die ersten Kompressionen bei erneutem Beginn nach einer Unterbrechung sind häufig weniger effektiv, so dass eine kontinuierliche Thoraxkompression durchgeführt werden sollte ^(52, 53).

Die bisher angelegten Studien zur Frühdefibrillation außerhalb eines Krankenhauses ergaben Überlebensraten von bis zu 74% bei Defibrillation unmittelbar nach Eintritt des Ereignisses und gleichzeitig durchgeführten suffizienten kardiopulmonalen Wiederbelebungsmaßnahmen durch qualifiziertes Personal ⁽¹⁵⁾. In diesen Studien wurde das Rettungsdienstpersonal sowie Sicherheitspersonal z.B. von Casinos oder Flughäfen in der Anwendung automatisierter externer Defibrillatoren leitliniengerecht zur Durchführung einer Frühdefibrillation geschult, so dass die Frühdefibrillation als erweiterte Reanimationsmaßnahme vor Eintreffen von ärztlichen Personals zum Einsatz kommen konnte. Dadurch konnte das Zeitintervall zwischen dem Eintritt des

plötzlichen Herztodes und der Defibrillation bei Kammerflimmern erheblich reduziert werden und somit eine höhere Überlebensrate verzeichnet werden.

Die enorme Wichtigkeit der Verkürzung des beschriebenen Zeitintervalls wurde in einer großen Anzahl von Studien belegt (18, 35, 36).

Auf Grund der verbesserten Überlebensrate durch Verkürzung des Zeitintervalls stellte sich die Frage, ob eine Optimierung der Rettungskette innerhalb eines Krankenhauses ebenfalls zu einer Erhöhung der Überlebensrate führt.

In den Leitlinien der American Heart Association wurde als Klasse I-Empfehlung ein Ziel von unter 3 Minuten zwischen Kollaps und Schockabgabe bei beobachtetem Herz-Kreislauftstillstand in allen Bereichen des Krankenhauses vorgegeben.

Die bisher angewandte Rettungskette im Evangelischen Krankenhaus erfolgte wie bereits beschrieben.

Monitorüberwacht sind acht Betten im Bereich der internistischen Intensivstation sowie acht Betten im Bereich der chirurgischen Intensivstation, weiterhin sind drei Betten der Stroke Unit mit einem Monitor versehen und im Bereich der kardiologischen Stationen stehen acht telemetrische Einheiten zur Verfügung.

Durch die Anschaffung der 15 automatisierten externen Defibrillatoren, welche an zentralen Punkten jeder Etage angebracht wurden und innerhalb von 30 Sekunden von allen Bereichen des Krankenhauses zu erreichen sind, sollte das Intervall zwischen dem Eintritt des plötzlichen Herztodes und der Schockabgabe im Sinne der Frühdefibrillation verkürzt werden.

Zur Umsetzung der Frühdefibrillation wurden die potentiellen Anwender innerhalb der ersten drei Monate leitliniengerecht geschult.

Nicht-ärztliches Personal war nach erfolgter Schulung rechtlich und fachlich in der Lage, eine Schockabgabe bei bestehendem Kammerflimmern zu tätigen, bevor das alarmierte Reanimationsteam vor Ort eintraf.

Durch die neue Strukturierung der Rettungskette sollte das Kollaps-Schock-Intervall unter der empfohlenen Grenze von drei Minuten gehalten werden und das verzögerte Eintreffen des Reanimationsteams kompensiert werden. In diversen Studien wird vor allem über Zeitverzögerungen von fünf bis zehn Minuten auf Stationen ohne Monitorüberwachung und in Funktionsabteilungen berichtet (33, 34). Diese fünf bis zehn Minuten können in Hinblick auf die proportional abnehmende Überlebenschance pro

Minute entscheidend sein. Schon nach fünf Minuten reduziert sich die Überlebenschance ohne neurologische Residuen um 50 %, nach sieben Minuten ist die Überlebensrate bereits nur noch 30% und nach neun bis zehn Minuten unter 10 % (16, 37, 38).

Auf Grund der retrospektiven Betrachtung in dieser Arbeit war die Dauer vom Absetzen des Alarms bis zur ersten Schockabgabe bzw. Anlage der Elektroden zur Erkennung des initialen Rhythmus nicht zu eruiieren. Durch die gezielte Anbringung der automatisierten externen Defibrillatoren in 30 Sekunden Entfernung von jeder Station oder Funktionseinheit sowie dem geschulten Personal ist ein Zeitintervall von unter drei Minuten jedoch realistisch zu erreichen.

Bei Betten ohne Monitor- oder Telemetrieüberwachung ist die Zeit bis zum Auffinden des Patienten retrospektiv häufig schwer nachzuvollziehen. So kann das Zeitintervall bis zum Beginnen der Reanimationsmaßnahmen deutlich verzögert sein.

In dieser Studie konnte die Zeit ab dem Einschalten des LIFEPAK CRplus dokumentiert werden. Es wurde ein Protokoll sämtlicher nachfolgender Aktionen aufgezeichnet. Aus diesem Protokoll konnte die Zeit vom Anbringen der Klebeelektroden bis zur Erkennung des initialen Rhythmus entnommen werden.

Dieses Intervall betrug bei 34 registrierten Fällen im Durchschnitt 47 Sekunden. Acht Sekunden betrug die kürzeste Zeit bis zur Erkennung des initialen Rhythmus, das längste Intervall lag bei 1 Minute und 51 Sekunden. Dieser Fall ereignete sich auf einer Station der medizinischen Klinik. Wie es zu der Zeitverzögerung bis zur Dokumentation eines initialen Rhythmus kam, ist aus den Unterlagen nicht ersichtlich gewesen.

Ausgewertet wurden die Daten eines Patientenkollektivs von 34 Patienten. Unter den eingeschlossenen Patienten waren 22 männlichen und 12 weiblichen Geschlechts.

In allen Fällen war der Defibrillator bereits durch Pflege- oder ärztliches Personal an den Patienten angeschlossen und aktiviert bevor das alarmierte Reanimationsteam vor Ort eintraf.

In den 34 Fällen zeigten sich die oben beschriebenen Resultate, die deutlich seltener ein Kammerflimmern oder eine schockbare ventrikuläre Tachykardie boten, als erwartet. Dies führte im Folgenden zu einer wesentlich geringeren Rate an Schockabgaben. Insgesamt konnten sieben Schockabgaben gezählt werden, da ein Patient

zweimal defibrilliert wurde. Bei drei Patienten konnte durch eine einmalige Schockabgabe ein Rhythmus etabliert werden. In einem Fall wurden eine VVI-Stimulation sowie zweimal ein ventrikulärer Ersatzrhythmus post Schock aufgezeichnet. Ein weiterer Patient wurde ebenfalls adäquat durch eine Schockabgabe therapiert, jedoch stellte sich kurz nach Durchbrechung des Kammerflimmerns eine Asystolie ein. Bei den übrigen zwei Patienten mit Kammerflimmern als initialem Rhythmus konnte durch die Schockabgabe kein Rhythmus etabliert werden.

Zwei Patienten konnten nach erfolgreicher Schockabgabe auf die Intensivstation verbracht werden, verstarben jedoch unter intensivmedizinischen Maßnahmen im Rahmen eines Multiorganversagens im Verlauf. Die vier weiteren Patienten überlebten die Reanimationsmaßnahmen nicht.

Anhand dieser Zahlen zeigt sich ein deutlicher Unterschied im Auftreten von Kammerflimmern oder einer pulslosen ventrikulären Tachykardie innerhalb des Krankenhauses in der eigenen Studie verglichen mit „out of hospital cardiac arrest“ - Studien. Prozentual fand sich in den 34 Fällen im Evangelischen Krankenhaus in 17,6 % Kammerflimmern im Gegensatz zu den beschriebenen bis zu 82% in Studien außerhalb des Krankenhauses. In der Las Vegas - Casino Studie wurde bei 71% der Patienten (n=105) initial ein Kammerflimmern dokumentiert und mittels Frühdefibrillation behandelt ⁽⁵⁰⁾. In der Chicago-Airport Studie erlitten in einem dreijährigen Beobachtungszeitraum 22 Patienten eine Herz-Keislauf-Stillstand, wovon 18 Patienten initial ein Kammerflimmern aufwiesen (82%) ⁽⁵¹⁾.

Es ist also zweifelhaft, ob der zusätzliche Einsatz der automatisierten externen Defibrillatoren zur Frühdefibrillation in Addition zur regulären Rettungskette innerhalb der Klinik durch ein Reanimationsteam zu einer besseren Überlebensrate führen kann, wie in Studien außerhalb der Krankenhäuser gezeigt werden konnte.

Der am häufigsten initial dokumentierte Rhythmus stellte in unserem Untersuchungszeitraum die elektromechanische Entkopplung dar. Durch eine regelrechte kardiopulmonale Reanimation konnten sieben dieser Patienten erfolgreich wiederbelebt werden und später aus dem Krankenhaus entlassen werden. Die Bradyarrhythmia absoluta führte in zwei Fällen zu Reanimationsmaßnahmen. Auch diese beiden Patienten konnten das Krankenhaus nach einiger Zeit verlassen.

Neben dem initialen Rhythmus – schockbar oder nicht-schockbar – müssen also weitere Faktoren Einfluss auf die Überlebenswahrscheinlichkeit eines plötzlichen Herztodes haben.

Bezüglich des mittleren Alters sind keine signifikanten Unterschiede im Vergleich mit den übrigen veröffentlichten Studien zu finden. In dem Patientenkollektiv des Evangelischen Krankenhauses Düsseldorf liegt das mittlere Alter bei 73 Jahren.

So stehen die unterschiedlichen Voraussetzungen zu einer erfolgreichen Schockabgabe am ehesten in Zusammenhang mit der Grunderkrankung und der Komorbidität des Patienten. Anhand der Patientenakten konnte die zur Reanimation führende Ursache eruiert werden, sowie die Aufnahmediagnose und die jeweiligen Nebenerkrankungen.

Pulmonale Erkrankungen wie die Lungenembolie, Aspiration und Asphyxie wurden in dem beobachteten Zeitraum als häufigste Ursache für einen Herzstillstand im Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf gefunden (50 %). Bisher existieren nur wenige Studien über die zum Herzstillstand führenden Ursachen im Krankenhaus. Eine ähnlich angelegte Studie von Herlitz et al in Göteborg dokumentierte eine kardiale Genese in monitorüberwachten Betten in 83% und nicht-monitorüberwachten Betten in 61% (39). Eine respiratorische Insuffizienz wurde in 4% bzw. 12% beschrieben.

Ein weiterer Unterschied liegt in der Häufigkeit des Kammerflimmerns als initialem und somit schockbarem Rhythmus. Herlitz et al berichten unter den Patienten mit einer kardialen Ätiologie ein Kammerflimmern in 59% (Monitorbereich) bzw. 45% in nicht-überwachten Bereichen.

Eine kardiale Genese konnte in unserer Studie in 12 von 34 Fällen (35,3%) verzeichnet werden. Von diesen 12 Patienten boten 25% (3 Patienten) Kammerflimmern und wurden durch eine adäquate Schockabgabe behandelt. Im Verlauf überlebte nur einer dieser Patienten die Reanimationsmaßnahmen und konnte zur weiteren Behandlung auf die Intensivstation verlegt werden. Auch in diesem Fall waren die weiteren intensivmedizinischen Maßnahmen nicht erfolgreich.

Alle diese Patienten wiesen eine hohe Komorbidität auf, ausgehend von der Hauptdiagnose, die zum Krankenhausaufenthalt führte, bis hin zu den meist zahlreichen Nebenerkrankungen.

Die Grunderkrankungen wurden in kardiale und nicht-kardiale Erkrankungen eingeteilt. Acht Patienten befanden sich in kardiologischer Behandlung, jedoch lagen nur

zwei dieser Patienten aufgrund einer dekompensierten Aortenstenose auf der kardiologischen Station. Die nicht-kardiologischen Patienten wiesen jedoch in einer großen Anzahl der Fälle eine koronare Herzerkrankung als Nebenerkrankung auf (30,8 %) sowie ein ausgeprägtes kardiovaskuläres Risikoprofil mit arterieller Hypertonie, Diabetes mellitus, Hyperlipidämie und pAVK.

Von allen 34 Patienten konnten 18 Patienten (52,9%) unabhängig vom initialen Rhythmus erfolgreich reanimiert und intensivmedizinisch weiterbehandelt werden. Im Verlauf verließen jedoch nur 9 dieser Patienten das Krankenhaus. Dies ergibt eine gesamte Überlebensrate von 26,5% der in unserer Arbeit beobachteten Patienten.

Kenward et al berichtet in der Zusammenschau von fünf Studien, die ebenfalls den Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren bei erlittenem Herzstillstand innerhalb des Krankenhauses untersuchten, eine Überlebensrate von 36,5% nach erfolgreicher Schockabgabe bei initialem Kammerflimmern oder einer pulslosen ventrikulären Tachykardie ⁽⁴⁰⁾. Diese Zahl korreliert annähernd mit einer Überlebensrate veröffentlicht durch die National Registry of Cardiopulmonary Resuscitation von 34% bei einer traditionell durchgeführten Reanimationsmaßnahme durch ein alarmiertes Reanimationsteam ⁽⁴¹⁾.

Die Arbeitsgruppe um Hanefeld et al fand bei 33 Patienten mit beobachtetem plötzlichem Herztod in 18 Fällen Kammerflimmern oder eine ventrikuläre Tachykardie, welche durch den Einsatz des automatisierten externen Defibrillator in einen lebenserhaltenden Rhythmus konvertiert werden konnte. 55,6 % der Patienten konnten ohne neurologische Residuen aus dem Krankenhaus entlassen werden ⁽⁴²⁾.

Betrachtet man die oben genannten Daten, besteht vermutlich der größte Unterschied in der Konstitution des Patienten mit dem Grund für einen stationären Aufenthalt und den bekannten Nebenerkrankungen. Das gesamte Patientenkollektiv bietet eine meist „dekompensierte Grunderkrankung“, die zur stationären Aufnahme führte, sowie ein ausgeprägtes kardiovaskuläres Risikoprofil. Unter diesen Umständen scheinen die Reanimationsursachen verschoben zu einer nicht-kardialen Ätiologie und somit geringerem Auftreten von Kammerflimmern.

Weiterhin ist zu beachten, dass es sich in diesem Patientenkollektiv um *nicht beobachtete Ereignisse* handelte. Somit konnte zwar die Zeit nach Auslösung des Reanimationsalarms und Beginn der Reanimationsmaßnahmen verkürzt werden, jedoch durch Unkenntnis des genauen Todeszeitpunktes ein definitives Zeitintervall zwischen Kollaps und Reanimation nicht eruiert werden.

Als führende Vergleichsstudien sind Herlitz et al und Hanefeld et al anzuführen, die verglichen mit unserer Arbeit deutlich häufiger eine kardiale Genese und ein häufigeres Auftreten von Kammerflimmern verzeichneten. In beiden Studien wurden jedoch nur Patienten mit beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand eingeschlossen. Dadurch war ein kürzeres Zeitintervall bis zur Ableitung eines initialen Rhythmus gesichert und erklärt so das häufigere Auftreten von Kammerflimmern.

Bei Herlitz et al kamen keine externen automatisierten Defibrillatoren zum Einsatz, jedoch war die Studie zur Überprüfung des Outcome nach schneller Defibrillation angelegt. Wie in den oben erwähnten Studien zur Frühdefibrillation außerhalb des Krankenhauses konnte auch hier eine deutliche Verbesserung der Überlebensrate verzeichnet werden.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie sehen wir den Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren im innerklinischen Betrieb, vorwiegend im Einsatz auf stationärer Ebene, kritisch, soweit es sich auf einen unbeobachteten Herzstillstand bezieht. Auf Grund der niedrigen Fallzahl kann letztlich keine aussagekräftige Schlussfolgerung gezogen werden.

In Anbetracht dessen sollten weitere prospektive Untersuchungen mit dem Ziel erfolgen, den Zusammenhang zwischen den Erkrankungen des Patienten, der Reanimationsursache, dem initialen Rhythmus und der Verbesserung des Zeitintervalls bei beobachtetem und vor allem nicht beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand zu untersuchen. Insgesamt sprechen die Daten dafür, die Überwachung von kritisch-kranken Patienten zu verbessern, etwa durch den großzügigeren Einsatz von Telemetrie-Überwachungen bei kardial und pulmonal dekompensierten Patienten.

6. Zusammenfassung

Der plötzliche Herztod ist definiert als ein unerwarteter natürlicher Tod, der innerhalb einer Stunde nach Beginn einer klinischen Symptomatik oder unbeobachtet auftritt.

Als Ursache finden sich überwiegend tachykarde Herzrhythmusstörungen wie ventrikuläre Tachykardien oder Kammerflimmern.

Ohne sofortiges Einsetzen von Reanimationsmaßnahmen inklusive elektrischer Defibrillation führt Kammerflimmern innerhalb weniger Minuten zum Tode. Bei der Reanimation von Patienten mit Kammerflimmern kommt der Frühdefibrillation in Hinsicht auf die Überlebenschance eine entscheidende Bedeutung zu. Dies bedeutet, dass etwa 10 min. nach Eintreten des Herzkreislaufstillstandes bei dem Patienten kaum noch eine Überlebenschance besteht, beziehungsweise das Risiko ein neurologisches Defizit zurückzubehalten, überproportional ansteigt.

Während die „klassische“ Defibrillation durch ärztliches Personal erfolgt, wird die Frühdefibrillation als Intervention durch nicht ärztliche Rettungskräfte verstanden.

Die technische Entwicklung automatisierter Rhythmusanalysesysteme für die Erkennung von Kammerflimmern im EKG machen es möglich, die Indikation zur Defibrillation vom Anwender unabhängig durch so genannte automatisierte externe Defibrillatoren (AED) stellen zu lassen.

Im Rahmen der Initiative „Düsseldorfer gegen den plötzlichen Herztod“ wurde auch das Evangelische Krankenhaus Düsseldorf mit 15 automatisierten externen Defibrillatoren ausgestattet, welche an zentralen Punkten aller Stockwerke installiert wurden. Begleitend wurden die Mitarbeiter des Hauses - medizinisches als auch nicht-medizinisches Personal - sämtlicher Abteilungen in der Nutzung des AEDs trainiert. In den Schulungen wurden die Herz-Lungen-Wiederbelebung und die Verwendung eines AED unterrichtet. So besteht die Möglichkeit für alle Stationen und Diagnostikabteilungen innerhalb von 30 Sekunden einen AED zu erreichen und somit meist vor Eintreffen des Reanimationsteams mit erweiterten Reanimationsmaßnahmen, sprich Frühdefibrillation, zu beginnen.

Nach den Empfehlungen der American Heart Association (AHA) und des International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) ist die Defibrillation innerhalb von 3 Minuten nach beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand für medizinische Einrichtungen ein unumstrittenes Ziel mit dem Empfehlungsgrad I.

34 reanimationspflichtige Patienten wurden im Zeitraum von Juli 2004 bis April 2006 in die Studie eingeschlossen, bei denen ein nicht beobachteter Herz-Kreislaufstillstand vorlag. Bei allen Ereignissen kam der LIFEPAK CRplus der Firma Medtronic als automatisierter externer Defibrillator zum Einsatz.

Die Reanimationsereignisse wurden im Verlauf anhand der Datenregistrierung während der stattgehabten Reanimation und der klinischen Akte aufgearbeitet, mit Erfassung der Grunderkrankung, Nebenerkrankungen, Reanimationsursache und Ort der Reanimation/Station.

In den 34 Fällen zeigte sich deutlich seltener ein Kammerflimmern oder eine schockbare ventrikuläre Tachykardie als erwartet. Dies führte im Folgenden zu einer wesentlich geringeren Rate an Schockabgaben als erwartet.

Anhand der Zahlen findet sich ein deutlicher Unterschied im Auftreten von Kammerflimmern oder einer pulslosen ventrikulären Tachykardie als Ursache eines Herz-Kreislaufstillstands innerhalb und außerhalb des Krankenhauses. Prozentual fand sich in den 34 Fällen im Evangelischen Krankenhaus in 17,6 % Kammerflimmern im Gegensatz zu den beschriebenen 75% in Studien außerhalb des Krankenhauses. Die Gesamtüberlebensrate aller durchgeführten Reanimationen betrug 26,5%.

Alle Patienten wiesen eine hohe Komorbidität auf, ausgehend von der Hauptdiagnose, die zum Krankenhausaufenthalt führte, bis hin zu den meist zahlreichen Nebenerkrankungen.

Unter diesen Umständen scheinen die Reanimationsursachen verschoben zu einer nicht-kardialen Ätiologie und somit geringerem Auftreten von Kammerflimmern.

Weiterhin ist nicht zu vernachlässigen, dass es sich in diesem Patientenkollektiv um nicht beobachtete Ereignisse handelte. Somit konnte zwar die Zeit nach Auslösung des Reanimationsalarms und Beginn der Reanimationsmaßnahmen verkürzt werden, jedoch war durch Unkenntnis des genauen Todeszeitpunktes ein definitives Zeitintervall zwischen Kollaps und Reanimation nicht eruierbar.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse der vorliegenden Studie sehen wir den Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren im innerklinischen Betrieb, vorwiegend im Einsatz auf stationärer Ebene, kritisch, da es sich in diesen Fällen meist um unbeobachtete Situationen handelt.

7. Literatur

- (1) Akhtar M, Imram M
Role of electrical triggers in the causation of sudden cardiac death.
In: Sudden Cardiac Death, Williams and Wilkins, Malvern, PA / USA, 1994
- (2) Bayes de Luna A, Coumel P, Leclercq JF
Ambulatory sudden cardiac death : Mechanism of production of fatal arrhythmia on the basis of data from 1157 cases.
Am Heart J 1989; 117: 151
- (3) Cobb L, Baum R, S. Alvarez H, Schaffer WA
Resuscitation from out-of-hospital ventricular fibrillation: 4 year follow up.
Circulation 1975; 52: 223
- (4) Furukawa T, Rozanski JJ, Nogami A, Moroe K, Goselin AJ, Lister JW
Time-dependent risk of and predictors for cardiac arrest recurrence in survivors of out of hospital cardiac arrest with chronic coronary artery disease.
Circulation 1989; 80 : 599
- (5) Kannel W B, Schatzin A
Sudden coronary death: The Framingham study
Ann Acad Sci 1982; 382: 3
- (6) Kannel W B, Schatzin A
Sudden death: Lessons from subsets in population studies.
J Am Cardiol 1985; 5: 141B
- (7) Chesler E, King RA, Edwards JE
The myxomatous mitral valve and sudden death.
Circulation 1983; 67: 632
- (8) Manolio T A, Furberg CD
Epidemiology of sudden cardiac death.
In: Sudden cardiac death. William & Wilkins, Malvern; PA / USA, 1994
- (9) Myerburg R, Conde CA., Sung RJ, Mayorga-Cortes A, Mallon SM, Sheps DS, Appel RA
Clinical, electrophysiologic and hemodynamic profile of patients resuscitated from prehospital cardiac arrest
Am J Med 1980; 68 : 568
- (10) Müller-Nordhorn J, Arntz HR, Löwel H, Willich SN
Epidemiologie des plötzlichen Herztodes
Intensivmedizin 2001;38: 499-507

- (11) Wellens HJJ, Brugada P.
Sudden cardiac death: a multifactorial Problem.
Futura, Mount Kisco New York,
In: Brugada P, Wellens HJJ Cardiac arrhythmias, Where to go from here.
1987: 391-400
- (12) Bob K, Bob A.
Duale Reihe Innere Medizin, Der plötzliche Herztod (Sonderausgabe 2001)
- (13) Schmidt RF, Thews G
Physiologie des Menschen, 27. Auflage, Springer Verlag Berlin Heidelberg,
New York
- (14) Institut für Notfallmedizin und Medizinmanagement 2005
Klinikum der Universität München
- (15) Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP.
Predicting Survival From Out-of-Hospital Cardiac Arrest: A Graphic Model.
Ann Emerg Med 1993; 22: 1652
- (16) Eisenberg MS, Horwood BT, Cummins RO, Reynolds-Haertle R, Hearne TR.
Cardiac arrest and resuscitation: A tale of 29 cities.
Ann Emerg Med 1990; 19: 179
- (17) Weaver WD, Copass MK, Bufe D, Ray R, Hallstrom HP, Cobb LA.
Improved neurological recovery and survival after early defibrillation.
Circulation 1984; 69: 943
- (18) Cummins RO, Oranato JP, Thies WH, Pepe PE.
Improving survival from sudden cardiac arrest: the "chain of survival" concept.
A statement for health professionals from the Advances Cardiac Life Support
Subcommittee and the Emergency Cardiac Care Committee, AHA
Circulation 1991; 83: 1832
- (19) Eisenberg MS, Copass MK, Halstrom AP, Blake B, Bergner L, Short FA,
Cobb LA.
Treatment of out-of-hospital cardiac arrest with rapid defibrillation by
emergency medical technicians.
New Engl J Med 1980; 302: 1379
- (20) Nichol G, Detzky AS, Stiell G, O'Rourke K, Wells G, Laupacis A.
Effectiveness of emergency medical services for victims of out-of-hospital-
cardiac arrest: A metaanalysis
Ann Emerg Med 1996; 27: 700
- (21) American Heart Association, International Liaison Committee on
Resuscitation, ILCOR (2000) Guidelines 2000 for cardiopulmonary resuscita-
tion and emergency cardiovascular care – an international consensus on
science.
Circulation 102 (Suppl.):1-384

- (22) De Latorre F, Nolan J, Robertson C, et al.
European Resuscitation guidelines 2000 for adult advanced life support.
Resuscitation 2001; 48: 211-221
- (23) Maio VJ, Stiell IG, Wells GA.
Potential impact of public access defibrillation based upon cardiac arrest locations.
Acad Emerg Med 2001; 8: 415 - 416
- (24) Wallmeyer S, Wolfhard U, Erbel R.
Kardiale Defibrillation durch Laien- und Ersthelfer "First-Responder" –
Überlegungen zu einem neuen Rettungskonzept gegen den plötzlichen Herztod.
Intensivmed 2001; 38: 590 – 594
- (25) Domanovits H, Meron G, Sterz F.
Successful automatic external defibrillator operation by people trained only in
basic life support in a simulated cardiac arrest situation
Resuscitation 1998; 39: 47 – 50
- (26) Marengo JP, Wang PJ, Link MS, Homoud MK, III Estates M.
Improving survival from sudden cardiac arrest. The role of the automated
external defibrillator.
JAMA 2001; 285: 1193 – 2000
- (27) Empfehlungen der Bundesärztekammer zur Defibrillation mit automatisierten
externen Defibrillatoren (AED) durch Laien.
Dtsch Ärzteblatt 2001;98
- (28) Gilman JK, Naccarelli GV.
Sudden cardiac death.
Curr Probl Cardiol 1992; 11: 699 – 778
- (29) Prevost JL, Batelli F.
La mort par les courants électrique courant alternatif a bas voltage.
J Physiol Pathol Gen 1899 ; 1 : 399 – 412
- (30) Higgins, S.L., et al. 1996
A Comparison of biphasic and monophasic shocks for external defibrillation.
Prehospital Emergency Care 4(4): 305 – 313
- (31) Bardy, G.H., et al. 1996.
Multicenter comparison of truncated biphasic shocks and Standard damped
sine wave monophasic shocks for transthoracic ventricular defibrillation.
Circulation Nov. 15; 94(10): 2507 – 2514
- (32) Larsen MP, Eisenberg MS, Cummins RO, Hallstrom AP.
Predicting survival from out-of-hospital cardiac arrest: a graphic model.
Ann Emerg Med. 1993;22: 1652–1658

- (33) Lazzam C, McCans J.
Predictors of survival of in-hospital cardiac arrest
Can J Cardiol. 1991;7: 113 – 116
- (34) Dickey W, Adgey A.
Mortality within hospital after resuscitation from ventricular fibrillation outside the hospital.
Best regards. Heart J. 1992;67: 334 – 338
- (35) Sedgwick ML.
Performance of an established system of first responder out-of-hospital defibrillation – the results of the second year of the Heartstart Scotland Project in the “Utstein Style”.
Resuscitation 1993;26: 75 – 88
- (36) Holmberg M, Holmberg S, Herlitz J.
Incidence, duration and survival of ventricular fibrillation in out-of-hospital cardiac arrest patients in Sweden.
Resuscitation 2000;44: 7 – 17
- (37) Eisenberg MS, Cummins RO, Damon S, Larsen MP, Hearne TR.
Survival rates from out-of-hospital cardiac arrest: recommendations for uniform definitions and data to report.
Ann Emerg Med. 1990;19: 1249 – 1259
- (38) Eisenberg MS, Copass MK, Hallstrom A, Cobb LA, Bergner L.
Management of out-of-hospital cardiac arrest: failure of basic emergency technician services.
JAMA. 1980;243: 101 – 107
- (39) Herlitz J, Aune S, Bång A, Frederiksson M, Thoren A-B, Ekström L, Holmberg S.
Very high survival among patients defibrillated at an early stage after in-hospital ventricular fibrillation on wards with
Without monitoring facilities
Resuscitation 2005;66: 159 – 166
- (40) Kenward G, Castle N, Hodgetts TJ.
Should ward nurse be using automatic external defibrillators as first-responders to improve the outcome from
Cardiac arrest? A systematic review of the primary research.
Resuscitation 2002;52: 31 – 37
- (41) Peberby MA, Kaye E, Ornato JP, et al.
Cardiopulmonary resuscitation of adults in the hospital:
a report of 14 720 cardiac arrests from the National Registry of
Cardiopulmonary Resuscitation.
Resuscitation 1003;58: 297 – 308

- (42) Hanefeld C, Lichte C, Mentges-Schröter I, Sirtl C, Mügge A.
Hospital-wide first-responder automated external defibrillator program:
1 year experience
Resuscitation 2005;66: 167 - 170
- (43) Gilman JK, Naccarelli GV.
Sudden cardiac death.
Curr Probl Cardiol 1992;11: 699 – 778
- (44) Antoni H
Physiologie und Pathophysiologie der elementaren Myokardfunktionen
In: Roskamm H, Reindell H (eds) Herzkrankheiten-Pathophysiologie,
Diagnostik, Therapie.
Springer, Berlin, Heidelberg, New York (1989)
- (45) C.S. Kessel, W.H. Pritchard, H.S. Feil
Jour. Amer. Med. Assoc. 135: 985, 1947
- (46) Bristow MR, Saxon LA, Boehmer J, et al.
Cardiac resynchronization therapie with or without an implantable defibrillator
in advanced chronic heart failure.
N Engl J Med. 2004;350: 2140 – 2150
- (47) Moss AJ, Hall WJ, Cannom DS, et al.
for the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial Investigators:
Improved Survival with an Implanted Defibrillator in Patients with Coronary
Disease at High Risk for Ventricular Arrhythmia.
N Engl J Med. 335 (1996), 1933 – 1940)
- (48) Moss AJ, Zareba W, et al.
for the Multicenter Automatic Defibrillator Implantation Trial II Investigators.
Prophylactic implantation of defibrillator in patients with myocardial infarction
And reduced ejection fraction.
N Engl J Med. 2002;346: 877 – 883
- (49) Bardy GH, Lee KL, et al.
Amiodarone or an implantable cardioverter-defibrillator for congestive heart
failure.
N Engl J Med.2005;352: 225 – 237
- (50) Valenzuela TD, et al.
Outcomes of rapid defibrillation by security officers after cardiac arrest in
Casinos.
N Engl J Med.2000;343: 1206
- (51) Caffrey SL, et al.
Public use of automated external defibrillators.
N Engl J Med.2002;347: 1242

- (52) International Liaison Committee on Resuscitation
2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation and
Emergency Cardiovascular Care Science with Treatment Recommendations.
Circulation.2005;112: III-1 – III-136

- (53) 2005 American Heart Association Guidelines for Cardiopulmonary
Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care.
Circulation 2005;112: IV-12 – IV-18

8. Lebenslauf

Name: Kübler
Vorname: Alexandra
Geboren: 18.03.1974 in Hilden
Staatsbürgerschaft: deutsch
Konfession: römisch – katholisch
Familienstand: ledig

Schulbildung:

1980 – 1984 Gemeinschaftsgrundschule Urdenbach, Düsseldorf
1984 – 1993 Gymnasium Koblenzer Strasse, Düsseldorf
06/1993 Allgemeine Hochschulreife mit Abitur

Berufsausbildung:

1993 – 1995 Ausbildung zur Physiotherapeutin an der Schule für
Physiotherapie am Evangelischen Krankenhaus Düsseldorf
11/1995 Examen zur staatlich anerkannten Physiotherapeutin
1995 – 1996 Anerkennungsjahr in der neurogeriatrischen Rehaklinik Ellbroich
und dem Marienkrankenhaus Kaiserswerth

Hochschulausbildung:

1997 Beginn de Studiums der Humanmedizin
an der J.-W.-Goethe Universität Frankfurt am Main
1999 Ärztliche Vorprüfung (Physikum)
2000 1. Staatsexamen
2002 2. Staatsexamen
2002 – 2003 Praktisches Jahr
1. Terial: Marienkrankenhaus, Frankfurt am Main
Klinik für Chirurgie (Prof. Dr. Schumann)
2. Terial: Marienkrankenhaus, Frankfurt am Main
Klinik für Innere Medizin (Prof. Dr. Hartmann)
3. Terial: Universitätsklinik Frankfurt am Main
Klinik für Dermatologie (Prof. Dr. Kaufmann)

2003

3. Staatsexamen

Medizinische Weiterbildung:

02/2004 – 10/2004 Ärztin im Praktikum, Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf

Klinik für Kardiologie (Prof. Dr. Vester)

10/2004 – 12/2005 Assistenzärztin, Evangelisches Krankenhaus Düsseldorf

Klinik für Kardiologie (Prof. Dr. Vester)

Seit 01/2006 Assistenzärztin, Städtische Kliniken der Landeshauptstadt

Düsseldorf, Krankenhaus Benrath

Klinik für Innere Medizin (Prof. Dr. Schoppe)

**Erste Erfahrungen im Einsatz von automatisierten externen Defibrillatoren bei Patienten mit
nicht beobachtetem Herz-Kreislaufstillstand
im Krankenhaus**

Alexandra Kübler

Abstract:

Einleitung: Die Verbesserung des Outcome bei Cardiac arrest (CA) durch Verwendung eines AED in öffentlichen Gebäuden und Plätzen ist hinreichend belegt. Die First-Responder Defibrillation mit einem AED bei beobachtetem CA ist in den Leitlinien zur kardiopulmonalen Reanimation (CPR) als Klasse IIa empfohlen worden. In der vorliegenden Untersuchung wurde erstmals retrospektiv die Verwendung eines AED bei nicht-beobachtetem CA im innerklinischen Bereich auf die Erfolgsrate der Reanimationsmaßnahmen hin untersucht.

Methoden: In die Studie wurden alle Patienten, die im innerklinischen Bereich in einem akademischen Lehrkrankenhaus mit 600 Betten unter Zuhilfenahme eines AED reanimiert wurden, eingeschlossen. Die durch den AED aufgezeichnete Herzrhythmusstörung und die Überlebensrate der Patienten wurde dokumentiert.

Ergebnisse: In einem Zeitraum von 22 Monaten wurden 34 Patienten (Alter 73Jahre \pm 12,5 Jahre) in die Studie eingeschlossen. Davon befanden sich 8 Patienten wegen einer kardialen Grunderkrankung im Krankenhaus. Alle Patienten zeichneten sich durch ein hohes Maß an Komorbiditäten aus (arterielle Hypertonie 18 (52,9%); Diabetes mellitus 16 (47,1%); Koronare Herzerkrankung 8 (23,5%); Vorhofflimmern 7 (20,6%); Chronische Niereninsuffizienz 7 (20,6%); COPD 4 (11,8%); cerebrale Ischämie 5 (14,7%); pAVK 4 (11,8%)). Bei allen reanimierten Patienten handelte es sich um einen nicht-beobachteten CA. Die Zeit vom Eintreten des CA bis zur ersten Reanimationsmaßnahme konnte nicht nachgehalten werden. 50% der Patienten wurden im Rahmen einer respiratorischen Insuffizienz reanimationspflichtig. Bei 6 Patienten konnte durch die Defibrillation kein Rhythmus etabliert werden, der zu einem suffizienten Kreislauf führte. Von diesen 6 Patienten konnten nur 2 primär erfolgreich reanimiert werden. Insgesamt konnten von 34 Patienten 18 (53%) erfolgreich reanimiert und auf die Intensivstation verlegt werden. Im weiteren Verlauf überlebten insgesamt 9 Patienten (26%). Kein Patient mit initialem Kammerflimmern überlebte.

Zusammenfassung: Bei nicht-beobachtetem CA innerhalb der Klinik konnte durch die Verwendung eines AED bei primärem Kammerflimmern kein Überlebensvorteil gegenüber Patienten ohne Kammerflimmern gezeigt werden. Die hohe Rate an Komorbiditäten und die ungewisse Dauer bis zum Einsetzen der kardiopulmonalen Reanimation dürften ursächlich für die hohe Mortalität in diesem Patientenkollektiv im Gegensatz zu Studien sein, die Patienten mit beobachtetem CA einschließen.

Conclusio: Größere multizentrische Studien bzw. Register sind erforderlich, um den Einsatz von AED's bei nicht-beobachteten CA zu validieren.



Prof. Dr. med. E.G. Vester