

Inhaltsverzeichnis  
Seite

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>3</b>
1.1	BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL	3
1.2	ZIEL DER DIPLOMARBEIT	3
1.3	SCHWERPUNKT UND ABGRENZUNG	4
<b>2</b>	<b>HAUPTTEIL</b>	<b>5</b>
2.1	HISTORISCHER RÜCKBLICK	5
2.2	ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES HERZENS	8
2.2.1	Anatomie Herz	8
2.2.2	Physiologie	8
2.2.3	Blutkreislauf	8
2.3	ÄTIOLOGIE DER KORONARSKLEROSE	9
2.3.1	Risikofaktoren	10
2.3.2	Epidemiologie	10
2.4	THERAPIEFORMEN DER KORONARSKLEROSE	11
2.4.1	Chirurgische Therapie	11
2.4.2	Indikationen zur chirurgischen Therapie	12
2.4.3	Operationsrisiko	12
2.5	EXTRAKORPORALE ZIRKULATION	13
2.5.1	Herz-Lungen-Maschine	13
2.6	KANÜLEN	14
2.6.1	Blutgerinnung	16
2.6.2	Hypothermie	16
2.7	EINSATZGEBIETE DER HLM	17
2.7.1	Tätigkeitsgruppe bei Operationen mit der HLM	17
2.7.2	Berufserklärung und Tätigkeitsfeld des Kardiotechnikers	18
2.8	FUNKTIONSELEMENTE DER HERZ-LUNGEN-MASCHINE	18
2.8.1	Schlauchsystem und Shunt	19
2.8.2	Kardiotomiereservoir	19
2.8.3	Oxygenator (Membranoxygenator)	20
2.8.4	Wärmeaustauscher	21
2.8.5	Pumpen	21
2.8.6	Filter	21
2.8.7	Sensoren	22
2.9	PRIMING DER HLM	22
2.9.1	Kardioplegielösung	22
2.10	OP-PRINZIP	22
2.11	OP-ABLAUF	24
2.12	EINFLUSS DER TOA&N AUF INTRAOPERATIVE GEFAHRENQUELLEN/KOMPLIKATIONEN	36
2.13	PROGNOSE	39
2.14	REHABILITATION	39
<b>3</b>	<b>SCHLUSSTEIL</b>	<b>40</b>
3.1	STELLUNGNAHME ZUR ZIELSETZUNG	40
3.2	BERUFLICHER UND PERSÖNLICHER GEWINN	40
3.3	OFFENSTEHENDE PUNKTE	40
<b>4</b>	<b>DANKSAGUNG</b>	<b>42</b>
<b>5</b>	<b>TERMINOLOGIE</b>	<b>43</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>46</b>
6.1	TEXTQUELLEN	46
6.2	ABBILDUNGEN	46

## 1 Einleitung

### 1.1 BEGRÜNDUNG DER THEMENWAHL

Den Einblick in die Herzchirurgie gewann ich am UniversitätsSpital Zürich (USZ) im F-OPS wo ich 1999/2000 mein zweites OP-Praktikum absolvierte. Schüler hatten keine Möglichkeit Operationen in der Herzklinik zu instrumentieren. In den neun Monaten meines Praktikums hatte ich jedoch ab und zu die Gelegenheit, Aushilfsweise als Zudienung zu agieren, wobei die häufigste Operation der Aorto-Coronare-Bypass (ACBP) mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine (HLM) war. Ein Moment den ich gut in Erinnerung habe ist, als das Herz des Patienten<sup>1</sup> aufhört zu schlagen, und die Arbeit vollständig von einer Maschine übernommen wird. Die Kommunikation und Zusammenarbeit zwischen dem Chirurg, dem Kardiotechniker, der Anästhesie und dem Pflegepersonal hat mir imponiert und wirkte auf mich aussergewöhnlich. Aussergewöhnlich ruhig, eingespielt und vertraut. Man könnte den Begriff „Selbstverständlichkeit“ mit dem Geschehen in Verbindung bringen. Aber das war es nicht, für keinen im Saal war es eine Selbstverständlichkeit, den Patienten in einen klinischen Tod zu versetzen. Ich empfand ein Gefühl von Angst und Faszination zugleich. Was mich dazumal beängstigt hat, weiss ich Heute. Zum einen war es, und ist es noch, dass ein schlagendes Herz, der Seismograph unserer Gefühle, zum Stillstand gebracht wird. Zum anderen war es mein Unwissen über das, was im Grunde geschieht. Die Extrakorporale Zirkulation (EKZ), wie auch die Herzchirurgie, waren keine Themen unserer Unterrichtsstunden an der TOA&N Schule in Zürich. Die Herzchirurgie hat bei mir Interesse geweckt und die EKZ keine Ruhe gelassen. Ich möchte verstehen wie es funktioniert, dass der menschliche Organismus in den klinischen Tod versetzt wird und wie eine Maschine die Funktion der Lungen und des Herzens übernehmen kann. Da ich in meinem zukünftigen Berufsleben der EKZ und der HLM in verschiedenen Fachgebieten (vgl. Punkt 2.7) wieder begegnen werde, sehe ich eine sinnvolle Begründung zu meiner Themenwahl.

### 1.2 ZIEL DER DIPLOMARBEIT

Bezüglich meinem gesetzten Ziel möchte ich mich kurz fassen. Ziel der Diplomarbeit ist es, mir Fachwissen über das Gebiet der EKZ und der HLM im Zusammenhang mit der Herzchirurgie, im speziellen dem ACBP, anzueignen. In meiner Arbeit, und insbesondere während der Erarbeitung dazu, möchte ich mein Wissen ergänzen und mich weiterbilden. Ich möchte die Aufgaben und Funktionsweise der HLM verstehen, und begreifen, wie es Möglich ist, die Funktionen des Herzens und der Lungen zu übernehmen. Des weiteren sehe ich eine Verknüpfung, kein Ziel als solches, zum zukünftigen Unterricht der TOA&N Schule Zürich, welche in den folgenden Kursen Teilgebiete der Herzchirurgie in den Stoffplan aufzunehmen plant. Für mich ein schöner Gedanke, so möglicherweise punktuell zur Bereicherung des Lehrstoffes beitragen zu können.

---

<sup>1</sup> Die verwendeten männlichen Formen im Text gelten für beide Geschlechter

### 1.3 SCHWERPUNKT UND ABGRENZUNG

In meiner Arbeit möchte ich die EKZ anhand von einem ACBP erklären. Um den Einsatz der HLM begreiflich zu machen, habe ich mich entschieden dies anhand von einem Krankheitsbild und somit an einem von mir ausgewählten operativen Eingriff zu erklären. Die HLM wird bei verschiedenen Operationen beigezogen. Ein Grund dafür, dass ich mich für die Operation des ACBP's entschieden habe ist, dass es weltweit die häufigst vorgenommene Operation ist welche mit der HLM durchgeführt wird und zudem zu den standardisierten Routine-Eingriffen zählt. Schwerpunkt meiner Arbeit wird, wie es der Titel bereits verrät, die Erklärung der EKZ an dem Beispiel des ACBP's sein. Hier werde ich das

Prinzip der EKZ und der HLM erläutern, um die relevanten Grundlagen zum weiteren Verständnis der EKZ erwähnen. Im nächsten Teil erkläre ich die Funktionselemente der HLM. Nachdem ich die Vorbereitung der HLM seitens des Kardiotechnikers zeige, schildere ich das OP-Prinzip und den OP-Ablauf.

Der Rahmen der Arbeit beginnt im Hauptteil mit einem spannenden Einblick in die Historik der EKZ. Dann werde ich in groben Zügen die relevante Anatomie und Physiologie des Herzens aufzeigen, gehe kurz auf die Ätiologie der Koronarsklerose ein und erwähne Therapieformen wie Indikationen des ACBP's. Den Hauptteil Beenden, werden die intraoperativen Gefahrenquellen und Komplikationen und wie von der Seite der Instrumentierenden darauf Einfluss genommen werden kann. Am Ende des Hauptteils sind die Prognose und Rehabilitation kurz erwähnt.

## 2 Hauptteil

### 2.1 HISTORISCHER RÜCKBLICK

Mit dem Herzen war es schon immer etwas Besonderes. Dieses Organ ist von einem Kranz mythischer, realitätsferner Vorstellungen umringt, die ihm auch heute noch, im Zeitalter spektakulärer Herzoperationen und trotz fundierter wissenschaftlicher Erkenntnisse, gerne die über alles dominierende Stellung im Organismus beimessen möchten. Das Herz ist aus der Sicht vieler Menschen nicht nur die mit unvergleichlicher Präzision arbeitende Blutpumpe, sondern man möchte ihm den Sitz der Seele, des Gemüts und gar noch des Verstandes zuordnen. Das Herz, das einzige Organ, welches in seiner Tätigkeit gehört und getastet werden kann, wie ein eigenes Lebewesen in unserem Inneren. Das Herz ist von Alters her ein magisches Organ und es galt als Sitz der Seele und Empfindungen. Es liegt in unserer Brust und hat ein Platz als zentraler Resonanzraum unserer Gefühle. Hier spüren wir Enge, Beklemmung, Angst, Trauer, Zorn oder Hass wie auch Freude, Wärme, Offenheit, Nähe, Geborgenheit oder Liebe. Das Herz führt ein leiblich spürbares und nicht willentlich unterdrückbares Eigenleben. Das Herz ist das psychosomatische Organ schlechthin, das wusste man, lange bevor man Schmerz darauf zu reimen begann. Dass Mut und Gemüt, Liebe und Tugend, ja die unsterbliche Seele selbst im Herzen beheimatet sind, war also in der landläufigen Auffassung zu Beginn der Neuzeit noch selbstverständlich.

Dies änderte sich grundsätzlich mit der dualistischen „Entseelung des Körpers“ in der neuzeitlichen Naturwissenschaft. Descartes<sup>2</sup> war der Begründer und massgeblichste Vertreter des modernen Rationalismus. Wenn Wissenschaftler heute versuchen, den Menschen als informationsverarbeitendes Ding zu definieren und Gehirn und Bewusstsein mit dem Funktionieren eines Computers gleichsetzen, dann hat diese reduktionistische Denkweise seinen Ursprung bei Descartes.

Die Trennung von Herz und Gefühl ermöglichte auch die Technisierung des Herzens. Hier, im Zentrum verschiedener Ebenen menschlicher Selbsterfahrung, hat der naturwissenschaftliche Denkstil gerade durch seinen Reduktionismus seine spektakulärsten Erfolge gezeitigt.

Als Geburtsstunde der Herzchirurgie gilt das Jahr 1896 als der deutsche Chirurg **Rehn** das Tabu, *das Herz eines lebenden Menschen nicht anzufassen*, brach. Es gelang ihm eine Stichwunde an dem Herzen eines jungen Mädchens erfolgreich zu nähen. Der Gedanke der EKZ hatte ihren Ursprung jedoch früher. Schon Anfang des 19. Jahrhunderts hat eine Idee die Wissenschaftler fasziniert und nicht mehr losgelassen: Herz- und Lungenfunktion des menschlichen Körpers durch künstliche Apparate zu ersetzen. Im Jahre 1812 überlegte der französische Mediziner **Julien-Jean LeGallois**, dass es möglich sein müsse, das Herz durch eine Pumpe zu ersetzen, die dann ein beliebiges isoliertes Organ mit arteriellem Blut versorgt und über längere Zeit am Leben hält. Er war es, der erstmals das Prinzip eines künstlichen Kreislaufes beschrieb. Es dauerte an die 60 Jahre bis zwei Deutsche, **Ludwig und Schmidt**, im Jahre 1969, versuchten das Blut künstlich zu **oxygenieren**. Viele Versuche scheiterten damals daran, dass das Blut in der EKZ durch den Kontakt mit den Fremdoberflächen schnell geronnen war. Der Durchbruch hierzu kam weitere 40 Jahre später, nämlich 1916 durch die Entdeckung des **Heparin** durch **McLean**, dessen Wirkstoff die Gerinnungsfähigkeit des Blutes stark herabsetzt. So konnte 1929 mittels einer exzidierten Lunge und einer Perfusionsmaschine ein isolierter Hundekopf für einige Stunden am Leben erhalten werden. **DeBakey** beschrieb im Jahre 1934 die **Rollerpumpe** als Perfusionsapparat. Dieser Typ der Pumpe dominierte dann die nächsten 60 Jahre die EKZ. Schliesslich im Jahre 1937 stellte **Gibbon** einen

---

<sup>2</sup> Rene Descartes 1596-1650

Prototypen der **Herz-Lungen-Maschine** vor und berichtete über eine Reihe gelungener Tierexperimente.

Sechzehn Jahre später, im Jahre 1953, führte Gibbon in den USA eine erste gelungene Herzoperation mit dem Einsatz der HLM durch. Es gelang ihm ein Vorhofseptumdefekt bei einem 18-jährigen Mädchen zu Verschluss. Zur gleichen Zeit wurde eine der innovativsten und phantasievollsten Ideen der EKZ vom Vater der modernen Herzchirurgie, **Dr. Walton C. Lillehei**, vorgestellt. Er führte einige spektakuläre Operationen mit der sogenannten „**controlled cross-circulation**“ durch. Dabei findet die Oxygenierung des Blutes des operierten Patienten über Lunge und Kreislauf eines Gesunden statt. Vater oder Mutter des Kindes diente durch eine direkte arterielle Anastomose zwischen Kind und Elternteil als Oxygenator. Das sieben Jahre alte Kind, das als erstes operiert wurde, lebte noch 1992, also 39 Jahre weiter!

Die Arbeit mit der modifizierten HLM von Gibbon setzte **Kirklin** in der Mayo Klinik in Rochester fort. Er operierte in den Jahren 1955-58 über 240 Patienten mit dieser Technik. Dieser Oxygenator war jedoch schwer zu bedienen und beanspruchte sehr viel Zeit für die Reinigung und Sterilisation.

Im Jahre 1955 führten **DeWall** und **Lillehei** den **Bläschenoxygenator** in die klinische Praxis ein. Schon ein Jahr später war dieses Gerät als Einmalartikel auf dem Markt erhältlich. Ab diesem Zeitpunkt entwickelte sich die Herzchirurgie rasant. Im selben Jahr stellten **Kay** und **Cross** einen neuen Oxygenator mit rotierenden Scheiben vor. Dann, im Jahre 1965, konstruierte **Bramson** den **Membranoxygenator**. Oxygenatoren die nach diesem Prinzip arbeiten, dominieren heute noch in der Herzchirurgie. Der ACBP war 1967 der erste spektakuläre Therapieerfolg der Herzchirurgen.

Allein am USZ wurden im Jahre 2000, 577 ACBP's unter Zuhilfenahme der HLM durchgeführt. Weltweit beläuft sich die Anzahl auf über 700'000, was etwa 2'000 Operationen täglich bedeutet.

## ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DES HERZENS

### 2.1.1 Anatomie Herz

In der Anatomie werde ich nur die für die Operation des ACBP's und dem Verständnis der HLM dienenden Strukturen ansprechen.

Die Blutversorgung des Herzmuskels wird durch die Koronararterien gewährleistet. Man unterscheidet zwischen einer rechten und einer linken Koronararterie (in der Abbildung1 als Kranzarterie bezeichnet). Sie entspringen direkt oberhalb des Herzens aus dem Aortenbogen. Die rechte Koronararterie führt Blut zur Hinterwand des Herzens, die linke teilt sich in einen vorderen und einen über die Seitenwand umgreifenden Ast auf. Von diesen drei grossen Gefässen zweigen zahlreiche kleinere Arterien ab, die den Herzmuskel wie ein feinverasteltes Netz durchbluten.

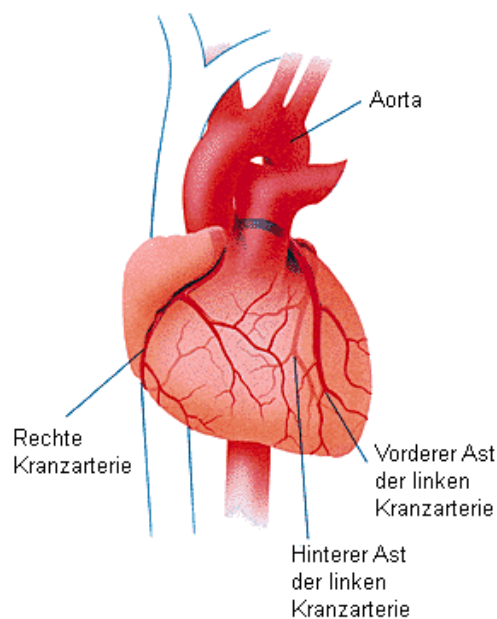


Abbildung 1: Koronargefässe des Herzens

### 2.1.2 Physiologie

Die Physiologie des Herzens umfasst zahlreiche Faktoren wie Herzfrequenz, Herzzeitvolumen, Elektrophysiologie, Sauerstoffverbrauch, Druck-Volumen, Vorlast/Nachlast, um nur einige zu nennen. Auch hier werde ich mich nur auf die relevanten Gegebenheiten beschränken, die für das Verständnis des EKZ nötig sind, nämlich dem Blutfluss.

### 2.1.3 Blutkreislauf

In der Zeit Christi nahm man an, in der linken Herzkammer brenne eine Art Feuer, in dem das Blut wie überkochende Milch anschwillt und verdampft. Aus dem Überstand entstehe das „Pneuma“ als feinstoffliches belebendes Prinzip, das über das Blut im Körper verteilt wird. Das Gehirn galt zunächst nur als eine kühlende Masse für das Herzfeuer, es verhalf den Sinnesorganen gewissermassen zu einem „kühlen Kopf“.

Diese Erkenntnisse wurden später von dem griechischen Arzt Galen (131-200 n. Chr.) kodifiziert. Seine Lehre von der Bewegung des Blutes aus dem Herzen in die Peripherie des Körpers, wo es versickert, galt bis weit ins 17. Jahrhundert als unumstößlich.

Erst über ein Jahrtausend später revolutionierte der englische Mediziner William Harvey diese Theorie. Er unterteilte in Lungenkreislauf und Körperkreislauf, er unterschied zwischen arteriellem und venösem Gefäßsystem, und stellte die These auf, dass die beiden Herzhälften als Antriebsmotor in den Kreislauf eingeschaltet sind. Mit diesen Erkenntnissen legte er die Grundlage unseres Verständnisses für den Blutkreislauf.

Das septum cardiale trennt das Herz in zwei Hälften die im gleichen Takt arbeiten. Über die V. cava inferior und V. cava superior fließt das venöse Blut aus dem Körperkreislauf in das rechte Atrium. Das Atrium kontrahiert sich und das venöse Blut strömt durch die valva tricuspidalis in den rechten Ventrikel. Durch die Kontraktion des rechten Ventrikels wird es über die A. pulmonalis weiter in den Lungenkreislauf gepumpt, wo der Gasaustausch stattfindet. Das nun arterielle Blut strömt über die V. pulmonalis zurück in die linke Herzhälfte und gelangt durch Kontraktion vom linken Atrium durch die Valva mitralis in den linken Ventrikel, wo es über die Aorta in den Körperkreislauf gepumpt wird.

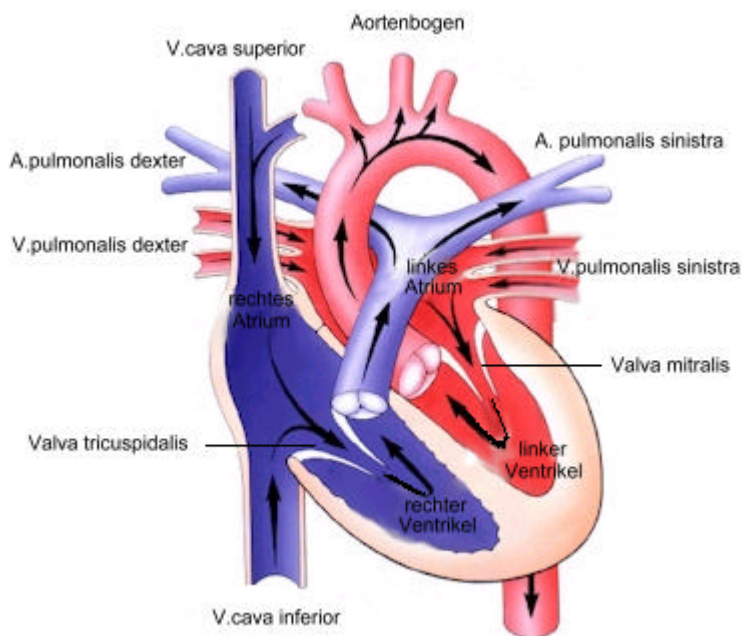


Abbildung 2: Venöser und arterieller Fluss vom Herz

## 2.2 ÄTIOLOGIE DER KORONARSKLEROSE

Die koronare Herzkrankheit (KHK) ist eine systemische, lokale Manifestation der Arteriosklerose. Es kommt zu Gefäßveränderungen, welche vornehmlich auf die Intima konzentriert sind und aus einer Ansammlung von Lipiden bestehen, was dann zu Stenosen und verminderter Elastizität oder Verschlüssen der Koronararterien führt. Die ausreichende Versorgung des Herzmuskels mit Sauerstoff, Mineral- und Nährstoffen ist behindert und wird zum Ausgangspunkt für chronische Herzschwäche, Herzrhythmusstörungen und Herzinfarkt. Misslicherweise macht sich diese Durchblutungsstörung erst dann bemerkbar, wenn bereits mehr als 70% einer Koronararterie im Querschnitt verschlossen ist. Bei einem Herzinfarkt kommt es zu einem vollständigen Verschluss einer Koronararterie. Das Herzmuskelgewebe im Versorgungsbereich dieser Koronararterie stirbt ab und es bildet sich eine Narbe.

## 2.2.1 Risikofaktoren

Die bedeutendsten Risikofaktoren

- Hypercholesterinämie
- Nikotin
- arterielle Hypertonie

Weitere Risikofaktoren

- Diabetes mellitus
- Adipositas
- familiäre Belastung
- Bewegungsmangel
- chronische Angst/Stress

## 2.2.2 Epidemiologie

Heute stirbt jeder Zweite an den Folgen einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, führend ist die KHK. Das Leiden der KHK ist erst seit Beginn des 19. Jahrhunderts korrekt diagnostizierbar und effizient therapierbar. Sie gehört zu den häufigsten Todesursachen in den westlichen Industrieländern (Vgl. Abbildung 3). Die Krankheit hat sich zu einer regelrechten Epidemie mit hohen Mortalitäts- und Morbiditätsraten entwickelt. Allen Fortschritten und Neuentwicklungen der medizinischen und chirurgischen Therapieformen zum Trotz sterben jährlich Menschen an den Folgen der KHK. In der Schweiz beziffert die unglaubliche Zahl von 40% die Todesursache für KHK (Bundesamt für Statistik 1980-1997).

Die moderne Epidemiologie hat die Sünden des Herzkranken eher an anderer Stelle gefunden: in Nikotin, falscher Ernährung, Cholesterin und Stress. Jetzt sind es nicht mehr Priester und Kirchen, sondern die Ärzte und die Medizin, die das schlechte Gewissen verursachen. Den Schuldgefühlen folgt die Busse in Form von Diät, Abstinenz, Laufen und Trimmen. Doch die Zusammenhänge reichen tiefer. Was macht unsere Herzen so krank? Nach psychosomatischen Erkenntnissen stehen die Menschen, die an Hypertonie und koronarer Herzkrankheit leiden, sehr oft in einem ständigen Ringen mit der Umwelt: Ehrgeiz, Konkurrenzdenken, Ungeduld, Gereiztheit, latente Feindseligkeit und Unterdrückung von Gefühlen nagen am Herzen. Was im Grunde nichts anderes bedeutet als die „Verhärtung des Herzens“.

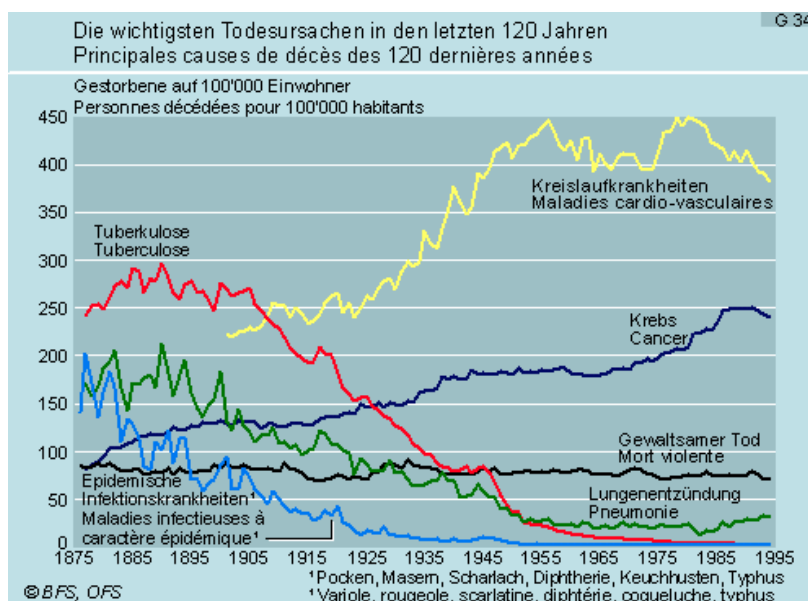


Abbildung 3: Statistik der wichtigsten Todesursachen in den letzten 120 Jahren

## 2.3 THERAPIEFORMEN DER KORONARSKLEROSE

Zur Behandlung der KHK stehen verschiedene Therapieformen zur Verfügung. Im Folgenden erwähne ich ausschliesslich Therapiemöglichkeiten im chirurgischen Bereich und möchte mich im weiteren nur an die Operation des ACBP's halten.

### 2.3.1 Chirurgische Therapie

- ACBP
- Angioplastie
- Lokale Thrombolyse
- Stent-Einlage
- Laserrevaskularisation (TMLR)
- Ionisierende Strahlung
- Rotationsangioplastie
- Koronarostiumplastik

Das Ziel des ACBP's ist die Revaskularisation mangelnd durchbluteter Herzmuskelabschnitte. Durch die neu angelegten Gefässe wird die Stenose oder der Verschluss umgangen und das Blut fliesst in das Koronargefäss hinter der Stenose ein. Die Zahl der Bypass-Gefässe (Graft) variiert zwischen eins und fünf und ist abhängig von der Anzahl der Stenosen oder Verschlüsse. Der Bypass ist eine effektive Behandlung der Koronarsklerose. Die Ischämie wird reduziert, das Ausmass der Beschwerden und die Infarkttrate sinkt. Als Grafts werden die V. saphena magna und die A. mammaria interna verwendet. (vgl. Abbildung 4 und 5)

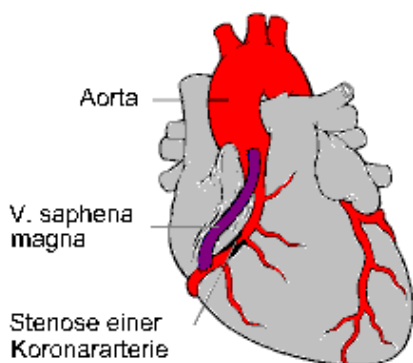


Abbildung 4: ACBP mit V. saphena magna interna

Das eine Ende der entnommenen Vene wird nur die distal an die Koronararterie und das andere Koronararterie Ende an die Aorta anastomosiert. Ast der

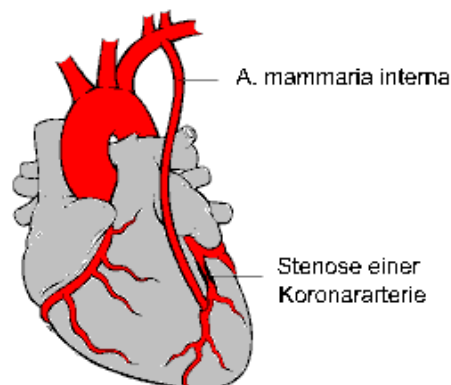


Abbildung 5: ACBP mit A. mammaria

Beim Bypass mittels der Arterie ist distale Anastomose an der nötig, da diese einem abgehenden Aorta entspringt.

Die chirurgischen Therapieformen der KHK haben in den letzten Jahren an Bedeutung ständig zugenommen und die Eingriffe haben sich in ihrer Anzahl zum bedeutensten Teil der Herzchirurgie entwickelt.

### 2.3.2 Indikationen zur chirurgischen Therapie

Therapeutische Operationen sind indiziert bei:

- Symptomatischen Dreifässerkrankungen
- instabiler Angina Pectoris
- signifikanter Rest-Koronarstenose nach Lysiertem Thrombus bei akutem Myokardinfarkt
- refraktäre Postinfarktangina
- kontraindizierter oder erfolgloser Koronardilatation

### 2.3.3 Operationsrisiko

Das Risiko der Bypassoperation ist verhältnismässig niedrig, sofern keine wesentlichen Begleitkrankheiten, wie schwere Nierenfunktionsstörungen, Leberfunktionsstörungen, Hirndurchblutungsstörungen oder Diabetes mellitus mit Spätkomplikationen bestehen. Das Risiko der Operation hängt aber auch vom Zustand des Herzmuskels ab. Die Resultate der ACBP-Operation sind insgesamt ausgezeichnet (Erfolgsrate von 95%, Überlebensrate nach 5 Jahren 90%).

Allerdings birgt die Operation eine gewisse intra- und postoperative Komplikationsrate. Im Folgenden eine Abschätzung der Risiken in Prozenten.

tiefes Risiko (1% - 5%)

- elektive Operation

mässiges Risiko (5% - 10%)

- elektive Operation beim Alter von >75 Jahre
- elektive Operation mit Reduziertem Effizienzfaktor
- Reoperation und kombinierte Eingriffe (z.B. ACBP + Klappenersatz)

hohes Risiko (10% - 20%)

- Notfall- oder Reoperationen mit reduziertem Effizienzfaktor
- Polymorbidität (obstruktive Pneumopathie, Niereninsuffizienz, Polyvakuopathie)

## 2.4 EXTRAKORPORALE ZIRKULATION

Zahlreiche Operationen am Herzen und an grossen Gefässen sind nur bei einem nichtschlagenden Herzen durchführbar. Für diese Eingriffe werden das Herz und die Lungen des Patienten stillgelegt. Ihre Funktion übernimmt die HLM. Es kommt zu einem erweiterten Blutkreislauf, bei dem das Blut des Patienten über ein Schlauchsystem in die HLM fliesst, dort aufbereitet wird, um dann wieder in den Patientenkreislauf zu gelangen. Herz und Lungen sind also während der EKZ vom Blutkreislauf komplett ausgeschlossen. Dieser Vorgang wird EKZ bezeichnet. Die EKZ bei einem ACBP wird also benötigt, um die eigentliche Operation, nämlich die Anastomosen der Bypässe am stillgelegten Herzen, zu ermöglichen.

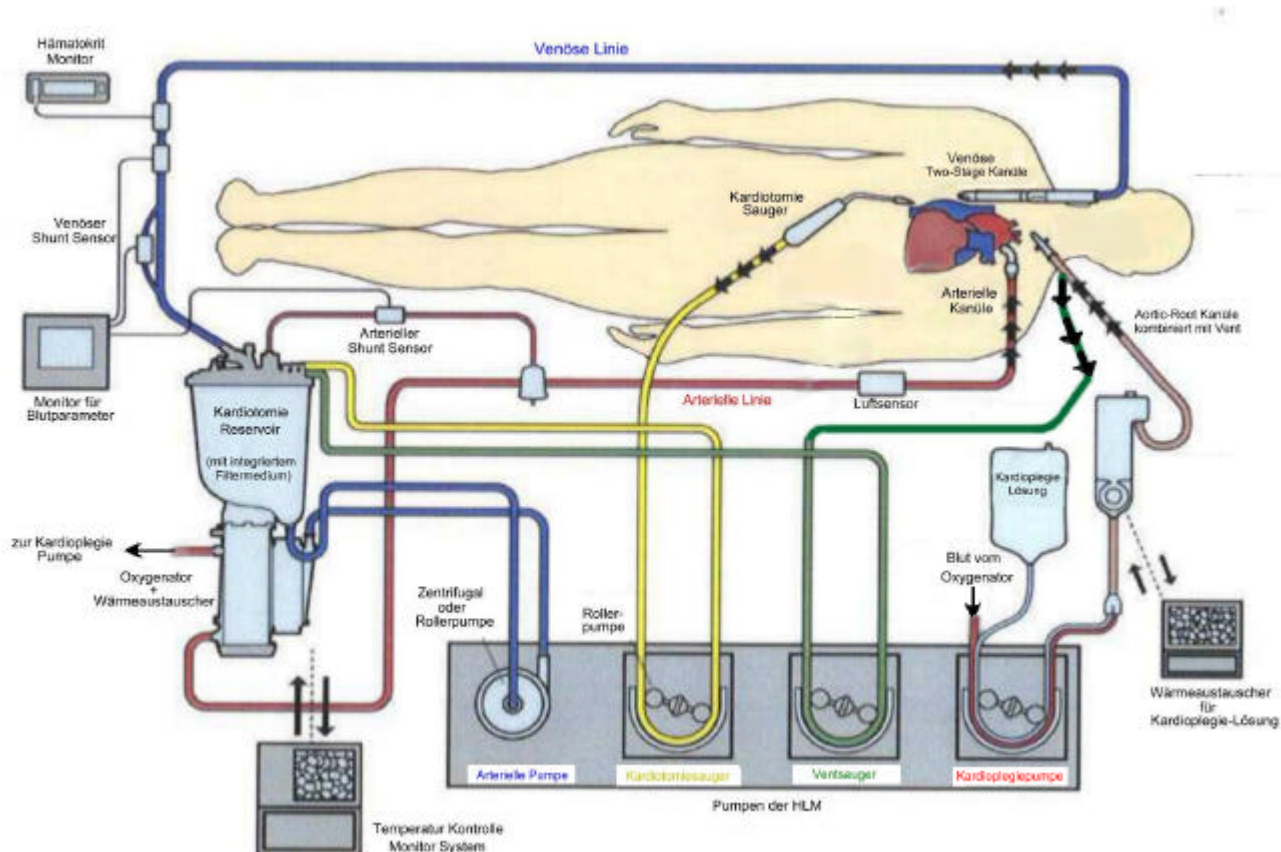


Abbildung 6: Schematische Darstellung der EKZ

### 2.4.1 Herz-Lungen-Maschine

Während der EKZ übernimmt die HLM die Funktion des Herzens und der Lungen. Im Gegensatz zur künstlichen Niere imitiert die HLM die Funktion von Herz und Lungen, ohne dabei den spezifischen Organaufbau zu berücksichtigen. Lediglich die Funktion des Herzens als „Pumpe“ und die Funktion des Gasaustausches der Lunge werden technisch nachvollzogen.

Das zum Herzen fließende venöse Blut wird durch das Einbringen einer Kanüle (vgl. Punkt 2.6) in den rechten Ventrikel über ein Schlauchsystem mittels der Schwerkraft in die HLM abgeleitet (vgl. blaue Linie in der Abbildung 6) im Kardiotomiereservoir (vgl. Punkt 2.8.2) aufgefangen und, den Oxygenator (vgl. Punkt 2.8.3) mit dem vorgeschalteten Wärmeaustauscher (2.8.4) passiert und so mit Sauerstoff angereichert und von Kohlendioxid befreit wird. Der Wärmeaustauscher sorgt für eine Abkühlung des Blutes (Hypothermie vgl. Punkt 2.6.2). Schliesslich gelangt das nun arterielle Blut mittels

Pumpen (vgl. Punkt 2.8.5), über eine in die Aorta eingelegte Kanüle wieder in das arterielle System des Patienten (vgl. rote Linie in der Abbildung 6).



Abbildung 7: HLM ohne Schlauchsystem  
Betrieb



Abbildung 7.1: HLM mit Schlauchsystem in Betrieb

## 2.5 KANÜLEN

Um das Blut in die Schläuche der HLM zu leiten, platziert der Operateur Kanülen und konnektiert diese mit dem Schlauchsystem. Für die venöse Ableitung und die arterielle Blutzufuhr, sowie für die Zufuhr der Kardioplegielösung, kommen jeweils verschiedene Kanülen zum Einsatz. Um eine optische Vorstellung ihrer Form zu bekommen und wie ihre endgültigen Lage ist, wird in den folgenden Abbildungen ersichtlich.

- Arterielle Kanüle Die arterielle Kanüle kommt in der Aorta ascendens zu liegen und dient zur Rückführung des arteriellen Blutes aus dem Extrakorporalen Kreislauf. (vgl. Abbildung 6, arterielle/rote Linie)

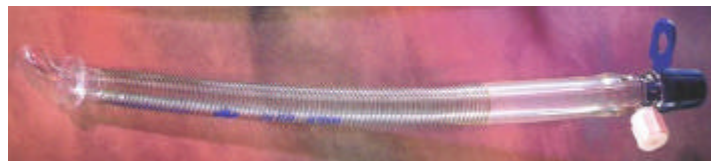


Abbildung 8: Arterielle Kanüle



Abbildung 9: Arterielle Kanülierung

- Venöse Two-Stage Kanüle Das Lumen der venösen Kanüle muss grösser als das der arteriellen Kanüle sein, da das venöse Blut allein durch die Schwerkraft den Körper verlässt, und in das Kardiotomiereservoir der HLM drainiert. Die Two-Stage Kanüle (Zwei-Stufen Kanüle) wird über das rechte Herzohr in das rechte Atrium eingeführt. Der obere Teil der Kanüle liegt im rechten Atrium und drainiert das aus der V.cava superior kommende Blut. Der untere Teil der Kanüle liegt in der V.cava inferior und drainiert so das Blut in die HLM. (vgl. Abbildung 11)



Abbildung 10: Venöse Two-Stage Kanüle

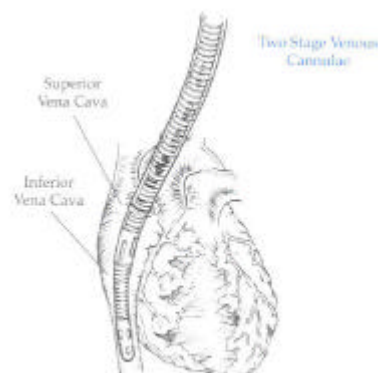


Abbildung 11: Venöse Kanülierung

- Aortic-Root Kanüle Die Aortic-Root Kanüle wird im Bereich der Aortenwurzel platziert und dient sowohl zur Kardioplegiegabe, wie auch als Vent (vgl. Punkt: 2.9.1). Über den einen Schenkel wird die Kardioplegie-Lösung (vgl. Abbildung 6, Kardioplegiepumpe) in die Aortenwurzel infundiert, der andere Schenkel dient als Drainage für den linken Ventrikel zur Entlastung des Herzens

und ist mit einem Sauger der HLM verbunden (vgl. Abbildung 6, Ventsauger). Die Aortic-Root Kanüle ist eine Doppelkanüle (vgl. Abbildung 12) die es einerseits erlaubt, die Kardioplegie-Lösung zu infundieren, sowie das Blut, welches noch über die Lungenvenen in den linken Ventrikel sickert, abzusaugen um den Ventrikel nicht zu überdehnen.

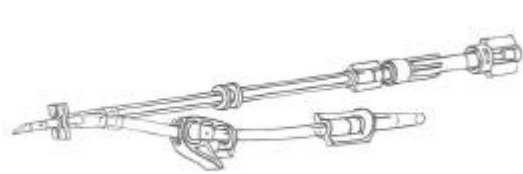


Abbildung 12: Aortic-Root Kanüle

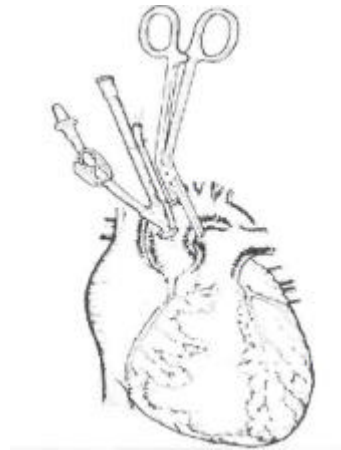


Abbildung 13: Aortic-Root Kanülierung

Nachdem die Kanülen in den Gefäßen zu liegen kommen, müssen sie in ihrer Lage fixiert werden. Die Fixation erfolgt durch das Vorlegen einer Tabaksbeutelnaht die mit einem Tourniquet gesichert wird. Nach erfolgter Kanülierung wird die Tabaksbeutelnaht mittels Tourniquet zugezogen und so die Kanüle an der Gefäßwand fixiert. Eine zusätzliche Sicherung der arteriellen Kanülen wird mittels Anlegen von Kunststoff-Briden erreicht.

### 2.5.1 Blutgerinnung

Da das Blut, durch die HLM und das Schlauchsystem, zwangsläufig mit einer grossen körperfremden Oberfläche in Verbindung gelangt, gerinnt es. Um diesem Vorgang entgegen zu wirken, wird unter Vollheparinisierung gearbeitet. Vor Beginn der Kanülierung wird dem Patient, seitens der Anästhesie über eine zentrale Leitung, Heparin verabreicht. Die gerinnungshemmende Wirkung soll vor Beginn der Kanülierung bis zum Ende der EKZ anhalten. Nach Beendigung der EKZ wird die Blutverdünnung durch den Antagonisten Protamin<sup>®</sup> wieder aufgehoben.

### 2.5.2 Hypothermie

Während der EKZ besteht die Gefahr, dass die einzelnen Organe, wegen des relativ niedrigen Blutflusses der HLM, ungenügend mit Sauerstoff versorgt, und dadurch in Struktur und Funktion geschädigt werden. Damit dies nicht geschieht wird der Sauerstoffbedarf während der EKZ herabgesetzt. Erreicht wird dies durch die Hypothermie. Hierzu eignet sich die globale Unterkühlung des Organismus. Die Zeiten in denen man die narkotisierten Patienten in Wannen mit Eiswasser auf den Eingriff vorbereitet hat, gehören der Vergangenheit an. Die Abkühlung erfolgt über die Blutbahn durch einen hocheffizienten Wärmeaustauscher, welcher Bestandteil der HLM ist (vgl. Punkt: 2.6.4). Die Stoffwechselaktivität der Organe senkt sich drastisch und verringert somit den Sauerstoffbedarf. Eine Schädigung der Organe und des Gewebes aufgrund von Sauerstoffmangel wird damit verhindert.

## 2.6 EINSATZGEBIETE DER HLM

Herzchirurgie:

- ACBP
- Herzklappenersatz
- Herzklappenrekonstruktion
- Korrektur kongenitaler Herzfehler
- Eingriffe an der Aorta ascendens

Transplantationschirurgie:

- Herztransplantation
- Lungentransplantation nur bedingt (in Bereitschaft)
- Herzlungentransplantation
- Lebertransplantation nur bedingt (in Bereitschaft)

Thoraxchirurgie

- :
- Herznahe Tumore
  - Neonatologie bei unreifen Lungen
  - Mekoniumaspirationen

Neurochirurgie

- :
- Intrakranielle Aneurysmen
  - Hirntumore

Urologie:

- Tumor Nephrektomie (mit Infiltration der A.abdominalis)

Weitere Anwendung bei:

- Hypothermie
- Extremitätenperfusion
- Lungenversagen
- Polytraumata
- Entgiftungen

### 2.6.1 Tätigkeitsgruppe bei Operationen mit der HLM

Ich möchte hier kurz festhalten welche Mitarbeitergruppen zu einem ACBP mit HLM benötigt werden. Bis auf den Beruf des Kardiotechnikers dürften alle Berufsgruppen bekannt sein.

Die Tätigkeitsgruppe besteht aus Ärzten (Herzchirurgen und Anästhesisten) und den Angehörigen der Pflegeberufe<sup>3</sup> (Instrumentierende, Zudienende, Anästhesie Schwester, Lagerungspfleger) sowie dem Kardiotechniker.

### **2.6.2 Berufserklärung und Tätigkeitsfeld des Kardiotechnikers**

In den Anfangsjahren wurde die HLM von chirurgischen Assistenten bedient, die ihr Wissen dann an jüngere Kollegen weitergegeben haben. Erst nach und nach wurde die Bedienung von nicht ärztlichem Personal übernommen, so dass sich hieraus der Berufsstand des Kardiotechnikers entwickelt hat. Kardiotechniker gehören zur festen Besetzung bei Eingriffen am offenen Herzen. Er wird zur eigenständigen Steuerung der Maschine herangezogen und hält damit den Patienten während des chirurgischen Eingriffes am Herzen am Leben.

Das Mass der Verantwortung wird dadurch unterstrichen, dass eine unsachgemässe Führung der Perfusion direkte Auswirkungen auf den Operationserfolg und das Leben des Patienten hat.

Früher hat sich der Kardiotechniker noch fast ausnahmslos mit der alleinigen Bedienung der HLM beschäftigt. Mit der Einführung neuer Technologien hat sich der Aufgabenbereich dann erheblich erweitert. Der Beruf des diplomierten Kardiotechnikers umfasst die eigenverantwortliche Durchführung der EKZ zur Herz- Kreislaufunterstützung sowie der Perfusion und den damit zusammenhängenden Tätigkeiten wie: Monitoring von Vitalparametern, Blutaufbereitungsverfahren, Blutgas- und Blutchemie-Monitoring und Analyse, Rhythmustherapie, Dokumentation und Statistik, Forschung, Medizingeräte-Verordnung sowie klinikspezifische Tätigkeiten.

Die Ausbildung zum Kardiotechniker hat bis heute noch keine einheitlichen Formen angenommen und unterscheidet sich von Land zu Land enorm. Ziel ist die europaweite Angleichung der Ausbildung. Seit 1991 sind Ausbildung und Berufsbezeichnung staatlich anerkannt.

## **2.7 FUNKTIONSELEMENTE DER HERZ-LUNGEN-MASCHINE**

Die HLM setzt sich aus verschiedenen Funktionselementen zusammen. Im Folgenden sind diese aufgeführt und im weiteren erklärt.

- Schlauchsystem und Shunt
- Kardiotomiereservoir
- Oxygenator
- Wärmeaustauscher
- Pumpen
- Filter
- Sensoren

---

<sup>3</sup> Die verwendeten weiblichen Formen im Text gelten für beide Geschlechter

### 2.7.1 Schlauchsystem und Shunt

Das „Gefäßsystem“ der HLM sind Schläuche welche aus transparentem PVC und Silikon bestehen. Eine Reihe hochspezialisierter Firmen produziert , aus den von der Klinik vorgegebenen Komponenten, Schlauchsysteme, die genauestens auf die örtlichen Gegebenheiten abgestimmt sind. Das Schlauchsystem verbindet die Funktionselemente der HLM untereinander und wird vom Kardiotechniker installiert.

Die Verbindung zum Patienten stellt ebenfalls ein Schlauchsystem her, das Table-Set. Es wird von der Instrumentierenden steril ausgepackt, zum Gebrauch vorbereitet und kommt kranial des OP-Gebietes zu liegen. Die sterilen Enden des Table-Sets werden dem Kardiotechniker abgegeben damit er diese mit seinem Schlauchsystem konnektieren kann.

Das Table-Set ist mit einem sogenannten Shunt ausgerüstet. Das heisst: zwischen dem arteriellem und dem venösen Schlauchsystem besteht eine Verbindung, im weiteren Text Shunt genannt. Der Kreislauf kann so auch unter Ausschluss des Patientenkreislaufes zirkulieren (vgl. Abbildung 14).

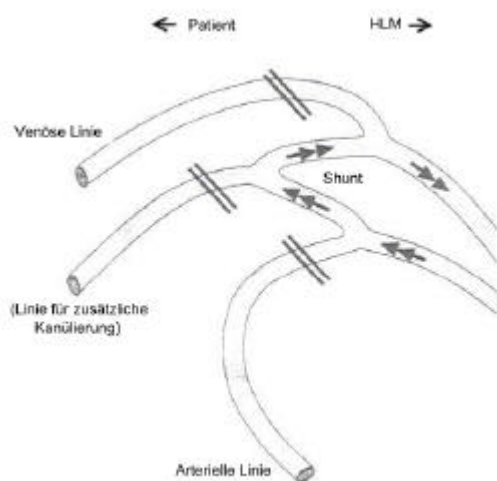


Abbildung 14: Table-Set (HLM läuft im Shunt)

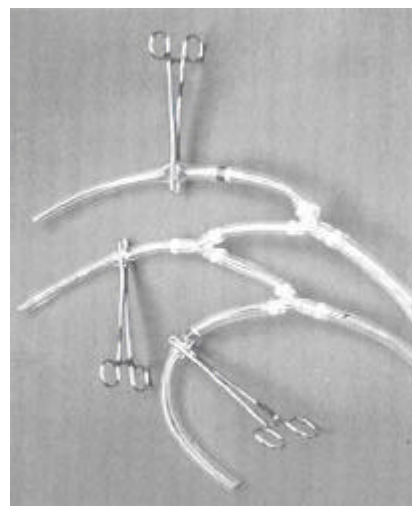


Abbildung 14.1: Table-Set (Foto)

### 2.7.2 Kardiotomiereservoir

Das venöse Blut (vgl. Abbildung 6 venöse blaue Linie) gelangt, aufgrund des hydrostatischen Druckgefälles zwischen dem OP-Tisch und der HLM, passiv in das Kardiotomiereservoir. Das im Operationssitus anfallende Blut wird abgesaugt, in das Kardiotomiereservoir geleitet, und so wieder dem Patientenkreislauf zugeführt (vgl. Abbildung 6, gelbe Linie). Über den Kardiotomiesauger wird neben dem Blut zwangsweise auch Luft, Fett- und Gewebepartikel angesaugt, wodurch zur Luftabscheidung ein Entschäumer und zur Partikelabsonderung ein integriert Filter erforderlich ist. Das Kardiotomiereservoir dient zweier Funktionen:



Abbildung15:  
Kardiotomiereservoir

- Zum ersten wird das Blut, das über die Kardiotomiesauger aus dem Operationssitus abgesaugt wird, im Kardiotomiereservoir aufgefangen und so dem Patienten wieder zugeführt. Dadurch wird ein wichtiger Beitrag zur Fremdbluteinsparung geleistet.
- Gleichzeitig dient das Kardiotomiereservoir als Volumendepot aus dem, bei Bedarf, Volumen dem Kreislauf zugeführt oder entnommen werden kann. Das Volumen des zirkulierenden Blutes kann somit beliebig variiert werden.

### 2.7.3 Oxygenator (Membranoxygenator)

Der Oxygenator entspricht einer künstlichen Lunge und sättigt folglich das Blut mit Sauerstoff. Für den klinischen Gebrauch stehen bis heute drei verschiedene Systeme zur Verfügung. Ich beschreibe hier den zur Zeit gebräuchlichsten, den Membranoxygenator.

In der menschlichen Lunge vollzieht sich der Gasaustausch unter idealen Bedingungen. Die Diffusion von Sauerstoff und Kohlendioxid erfolgt auf einer enorm grossen Oberfläche (50-200m<sup>2</sup>) bei einer geringsten Blutfilmdicke (6-15 Mikron).

Bei Oxygenatoren ist die Oberfläche mit 1,5-3m<sup>2</sup> erheblich kleiner, als die der menschlichen Lunge, und die dem Gaswechsel ausgesetzte Blutschicht um ein vielfaches dicker als in der Lungenkapillare, nämlich 200 Mikron. Diese Nachteile des Oxygenators gegenüber der menschlichen Lunge wird durch Verlängerung der Kontaktzeit zwischen Blut und Gasphase ausgeglichen.

Gasstrom und Blutstrom sind durch eine gaspermeable Membran voneinander getrennt. Gasaustausch findet hier aufgrund des Konzentrationsgefälles zwischen Gas auf der einen und Blut auf der anderen Seite statt. Wie bei der Lunge erfolgt der Gasaustausch also über einen Diffusionsvorgang.

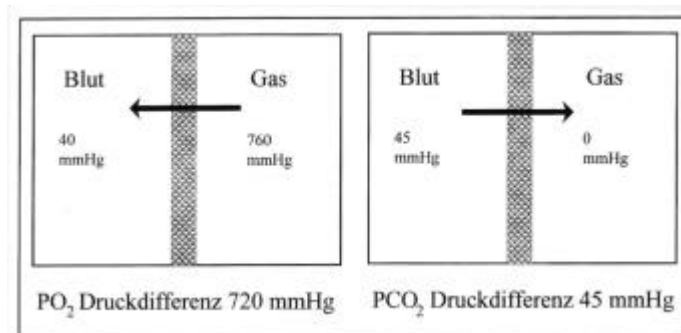


Abbildung 16: pO<sub>2</sub>- und pCO<sub>2</sub> -Partialdruckdifferenz



Abbildung 17: Oxygenator mit integriertem Wärmeaustauscher und aufgesetztem Kardiotomiereservoir

### 2.7.4 Wärmeaustauscher

Der Wärmeaustauscher ist heutzutage in nahezu allen Oxygenatoren integriert. Oxygenator und Wärmeaustauscher bilden also eine kompakte Einheit (Vgl. Abbildung 17). Er dient der Temperaturregulation des Patienten. Ohne den Wärmeaustauscher würde sich das im EKZ fließende Blut auf die Umgebungstemperatur abkühlen. Wenn also eine Operation in Normothermie durchgeführt werden soll, müssen die Wärmeverluste an die Umgebung durch den Wärmeaustauscher ausgeglichen werden. Bei Operationen in Hypothermie kühlt er das Blut und somit den Organismus des Patienten ab.

Der Wärmeaustausch findet durch dünnwandige Rohrsysteme statt. Das blutdurchströmte Röhrenbündel wird aussen von einer Temperierflüssigkeit, meist Wasser, umströmt. Ist das Wasser wärmer als das Blut, erfolgt eine Erwärmung, andernfalls eine Abkühlung.

### 2.7.5 Pumpen

Der überwiegende Teil der Herz-Lungen-Maschinen sind mit Rollerpumpen ausgerüstet. Die Pumpfunktion ist nicht immer als ein Pumpen, wie wir es bei der Herzdruckmassage kennen, zu verstehen. In der Praxis trifft man beides an, den pulsatilen und den kontinuierlichen Blutfluss. Die HLM ist mit vier Pumpen ausgerüstet. Gut ersichtlich auch in der Abbildung 6, in den vier Farben.

- Die Pumpe für den arteriellen Rückstrom treibt das Blut, nach passieren des Oxygenators, zurück in den arteriellen Kreislauf des Patienten und übernimmt als treibende Kraft in der HLM die Funktion des Herzens. (**Arterielle Pumpe**)
- Pumpe für die Kardioplegie-Lösung (**Kardioplegiepumpe**)
- Pumpe zum Absaugen des Blutes aus dem Operationssitus (**Kardiotomiesauger**)
- Pumpe zum Absaugen des Blutes aus dem linken Ventrikel (**Ventsauger**)



Abbildung18 : Rollerpumpe

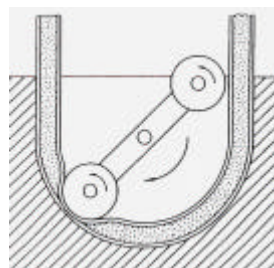


Abbildung 18.1: Rollerpumpe (Zeichnung)

### 2.7.6 Filter

Filtereinheiten sind an verschiedenen Stellen der HLM zwischengeschaltet. Sie verhindern dass Fremdmaterialien in den Blutkreislauf gelangen.

- Autologes Material wie: Fibrinbildungen, Lipidanteile, Mikroembolien oder operationsbedingte Knochen- und Muskelanteile.
- Fremdmaterialien wie: Gewebefasern, Metall- und Schlauchfragmente, Nahtmaterial, Handschuhpuder oder Knochenwachs.

- Mikroluftblasen durch den Kardiotomiesauger, Einspritzen von Medikamenten oder eine nicht ausreichende Entlüftung.

### 2.7.7 Sensoren

Zur kontinuierlichen Kontrolle von verschiedenen Blutparametern, wie Säure-Basen-Haushalt, pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, Sauerstoffsättigung, Elektrolyte und vielen weiteren, kommen in der arteriellen sowie venösen Linie Sensoren zum Einsatz. Weitere Sensoren überwachen an verschiedenen Stellen die Temperatur und Druck des Blutes.

## 2.8 PRIMING DER HLM

Vor Beginn der Operation erfolgt die Primärfüllung oder engl. „Priming“, worunter man das Füllen und Entlüften der HLM versteht. Es dient dem lückenlosen venösen Rückstrom aus dem Patienten, jede Unterbrechung würde innerhalb kurzer Zeit zu einer Luftembolie führen. Das Füllvolumen umfasst hierbei das Gesamtvolumen der zur kompletten Auffüllung des HLM-Systems benötigten Flüssigkeitsmenge, bestehend aus einer blutfreien kristalloiden, isotonen Vollelektrolytlösung. Das Füllvolumen beträgt in Zahlen zwischen 1500 und 2500 ml. Dieser Priming-Lösung werden verschiedene Komponenten zugefügt: Heparin zur Verhinderung der Blutgerinnung, Natriumhydrogencarbonat zur pH-Wert Angleichung des Blutes, Mannitol® zur induzierten Diurese und renalen Protektion, Trasylol® als Proteinase-Hemmer zur Verminderung des Blutverlustes und schliesslich ein Relaxanz.

### 2.8.1 Kardioplegielösung

Während der Operation soll das Herz einerseits bewegungslos, andererseits aber auch ausreichend geschützt werden um danach wieder voll funktionstüchtig zu sein. Diesen beiden Bedingungen wird man, nebst der Hypothermie mit dem Einsatz einer kardioplegischen Lösung gerecht. Sie wird mittels einer Pumpe (vgl. Abbildung 6, Kardioplegiepumpe) nach passieren des Wärmetauschers über die Aortic-Root Kanüle (vgl. 2.6) in die Aortenwurzel infundiert. Der Wärmetauscher ermöglicht eine Abkühlung der Lösung auf Werte um 4°C. Die kristalloide Lösung ist im Verhältnis 4:1 (Blut/Lösung) gemischt und liefert alle notwendigen Bestandteile zur Versorgung des Herzmuskelgewebes. Sie enthält, unter anderem, in hohen Dosen Kalium um einen Herzstillstand zu erreichen und beizubehalten. Bei diesen Temperaturen ist der Gewebestoffwechsel deutlich reduziert, das heisst, das Herz benötigt wesentlich weniger Sauerstoff, als im temperierten Zustand. Folglich fallen weniger Stoffwechselabfallprodukte an. Wenn der Herzmuskel in regelmässigen Abständen mit dieser kardioplegischen Lösung perfundiert wird, kann an einem stillstehenden Herzen operiert werden, wobei das Herz während dieser Phase optimal geschützt ist.

## 2.9 OP-PRINZIP

Die Operation beginnt mit der Entnahme des Graftmaterials. Nach Heparinisierung des Patienten erfolgt die arterielle und venöse Kanülierung, der Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine und das Übergehen in den Extrakorporalen Kreislauf. Nach Anlegen einer Kardioplegie-Kanüle in die Aorta ascendens und nach Erreichen der gewünschten Hypothermie-Gradzahl wird die Aortenwurzel abgeklemmt und über die Kardioplegie-Kanüle die Kardioplegie-Lösung appliziert und somit die induzierte Asystolie erreicht. Nun erfolgen die geplanten distalen Koronar Anastomosen. Der Patient wird wieder

aufgewärmt und die Aortenklemme gelöst. Wenn keine spontane Herzaktion eintritt wird intern defibrilliert. Nach dem Abschluss der proximalen Anastomosen wird der HLM-Flow schrittweise reduziert und gestoppt. Die Kanülen werden entfernt und die Heparinisierung mittels Protamin<sup>®</sup> aufgehoben. Nach der Blutstillung erfolgt der schichtweise Sternumverschluss.

## 2.10 OP-ABLAUF

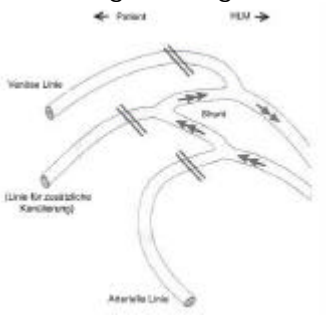
Um den OP-Ablauf in seiner Komplexität, was die Zusammenarbeit zwischen dem Operateur, Instrumentierenden, der Anästhesie und dem Kardiotechniker angeht verständlich und übersichtlich aufzuzeigen, habe ich mich für eine tabellarische Form entschieden, in welcher die parallelen Abläufe und Handlungen klar ersichtlich werden. Ich habe meinen Schwerpunkt auch in dem OP-Ablauf auf das Verständnis der EKZ gesetzt. Somit gehe ich nicht näher auf sämtliche Operationsschritte ein, sondern beschreibe lediglich die essentiellen Phasen der EKZ beim ACBP. In der Spalte Anästhesie, halte ich die Abhandlungen sehr oberflächlich fest. Genauere Beschreibungen würden ausserordentlich komplexe Erklärungen nach sich ziehen.

Ich bin mir bewusst, dass der folgende OP-Ablauf sehr schwierig zu verstehen ist. Insbesondere für diejenigen welche das Geschehen in der Praxis noch nicht erlebt haben. Ich habe mir überlegt den OP-Ablauf meiner Arbeit zu entnehmen. Nach gründlichem Überdenken bin ich, aus folgenden Gründen, zum Schluss gekommen den OP-Ablauf zu belassen. Die Abhängigkeit und das Zusammenspiel, von denen an der Operation Beteiligten Personen, würde untergehen. Des weiteren ist der folgende OP-Ablauf für Personen mit einem gewissen Fachverständnis vorgesehen. Ich möchte den besagten Teil, der Vollständigkeit halber integriert sehen, wenn die Arbeit sich für OP-Schwestern und TOA's welche sich in der Herzchirurgie einführen lassen, als eine hilfreiche Unterlage erweisen soll. Wenn unter diesem Aspekt der OP-Ablauf ausstehen würde, fehlte der Arbeit ein wesentlicher Abschnitt.

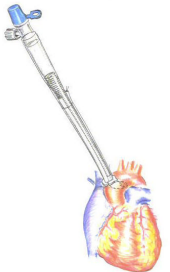
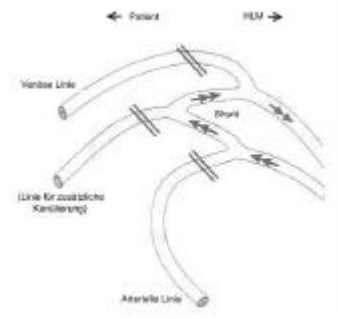
**Vorbereitung und Graftentnahme**

Das Table-Set wird von der Instrumentierenden und dem Assistenzarzt kranial des Operationssitus befestigt. Die entsprechenden Schlauchenden werden an den Kardiotechniker abgegeben und von ihm an die HLM konnektiert.

Die Operation beginnt mit der Entnahme des Graftmaterials. Die Entnahme der V.saphena magna erfolgt parallel zur Sternotomie und somit der Entnahme der A.mammaria interna, wobei nur die Entnahme der Arterie instrumentiert, und die Venenentnahme lediglich überwacht wird.

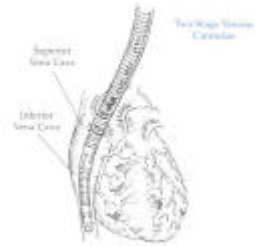
Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sternotomie → Entnahme der A.Mammaria interna und</li> <li>• V.saphena magna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instrumentieren der Entnahme der A.mammaria interna</li> <li>• Überwachung der Entnahme der V.saphena magna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priming der HLM</li> <li>• Anschliessend fährt die HLM mit der Priming-Lösung im Shunt</li> </ul>  <p>Das Diagramm zeigt den extrakorporalen Kreislauf. Oben links ist der Patient mit einem Pfeil nach links beschriftet. Rechts ist die HLM (Herz-Lungen-Maschine) mit einem Pfeil nach rechts beschriftet. In der Mitte befindet sich ein Shunt. Von links oben führt eine Venöse Linie zum Shunt. Von unten führt eine Aterielle Linie zum Shunt. Eine dritte Linie, beschriftet als '(Linie für zusätzliche Kanülierung)', führt ebenfalls zum Shunt. Pfeile im Shunt zeigen den Blutfluss an.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Narkose vertiefen</li> <li>• Kurze Unterbrechung der Beatmung während der Sternotomie</li> <li>• Echo einschalten → Kontrolle der Herzfunktion</li> </ul>

<b>Heparin-gabe</b>			
Die Heparin-Gabe erfolgt erst bei Eröffnung des Perikards um einen vermehrten Blutverlust während der Graffentnahme zu vermeiden. Es erfolgen klare Absprachen zwischen Operateur, Anästhesie und Kardiotechniker bezüglich der Heparinapplikation.			
<b>Operationssitus</b>	<b>Instrumentierende und Zudienung</b>	<b>Kardiotechniker</b>	<b>Anästhesie</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weisung an Anästhesie → Heparin-gabe</li> <li>• Pericarderöffnung</li> <li>• Ankündigung und Nachfragen bei Anästhesie und Kardiotechniker vor Beginn der Kanülierungs-massnahmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Instrumentierende und die Zudienung sorgen für absolute Ruhe im OPS</li> <li>• Kontrolle des Benötigten Sterilmaterials zum Anschluss an die HLM</li> <li>• Achtet auf Verwenden des Kardiotomiesaugers</li> <li>• Cave: keine Herzberührung z.B. durch den Sugiansatz → kann Herzrhythmusstörung auslösen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Absprache mit Operateur und Anästhesie vor dem Einschalten des Kardiotomiesaugers d.h. ist Heparin-Gabe erfolgt? Wenn ja → Kardiotomiesauger Aktivieren (ansonsten würde das Blut in den Schläuchen gerinnen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intravasale Injektion von Heparin über ZVK. Wirkungseintritt erfolgt nach 1-2 Min.</li> <li>• Genaue Beobachtung des chirurgischen Geschehens</li> <li>• ACT-Kontrolle (activated coagulation time) und gegebenenfalls Nachinjektion von Heparin</li> </ul>
<b>Arterielle Kanülierung</b>			
Durch eine Stichinzision in die distale Aorta ascendens wird die arteriellen Kanüle eingeführt, fixiert und an die arterielle Linie des HLM Schlauchsystems konnektiert. Die arterielle Linie ist noch zu, der Patient wird also noch nicht perfundiert.			
<b>Operationssitus</b>	<b>Instrumentierende und Zudienung</b>	<b>Kardiotechniker</b>	<b>Anästhesie</b>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arterielle Kanülierung der distalen Aorta ascendens und Konnektion an das arterielle Schlauchsystem unter vollständiger Entlüftung</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufmerksamkeit auf die Kanülierung und Konnektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maschine fährt weiterhin im Shunt mit der Priming-Lösung</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der mittlere arterielle Druck (MAP) muss &lt;70 mmHg betragen, was durch medikamentöse Drucksenkung erfolgt.</li> </ul>
--	---	--	--

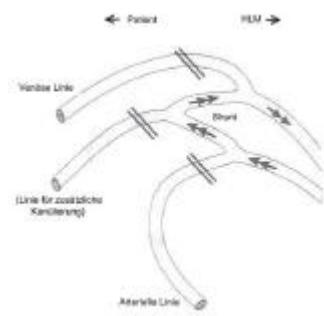
<p><b><u>Venöse Kanülierung</u></b>          Das rechte Vorhofsohr wird tangentiell ausgeklemmt. Nach minimaler Exzision des Vorhofsohrs wird die tangential angelegte Klemme gelöst und die venöse Two-Stage Kanüle unter leichter Rotation in das rechte Atrium und weiter in die V.cava inferior vorgeschoben, fixiert und an die venöse Linie konnektiert. Die Schlauchklemme der venösen Linie wird vom Operateur für 2 Sekunden geöffnet und so das System vollständig entlüftet.</p>			
<p>Operationssitus</p>	<p>Instrumentierende und Zudienung</p>	<p>Kardiotechniker</p>	<p>Anästhesie</p>

- Two-stage Kanülierung des rechten Atriums und der V.cava inferior und Konnektion an das venöse Schlauchsystem



- Aufmerksamkeit auf die Kanülierung und Konnektion

- Maschine fährt weiterhin im Shunt mit der Priming-Lösung

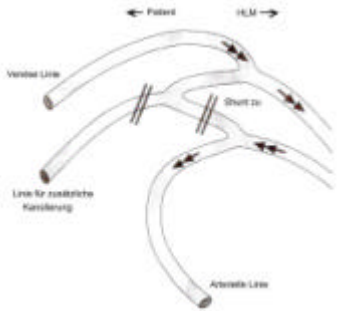


- eventuell Volumengabe über Arterielle Kanüle

**Beginn der EKZ**


Das Herz des Patienten schlägt jetzt noch selbstständig. Die arterielle, sowie venöse Kanülierung und Konnektion an das Schlauchsystem der HLM ist abgeschlossen. Die Herz-Lungen-Funktion kann jetzt von der HLM übernommen werden. Die Startphase der EKZ ist eine kritische Phase, die auch Stressreaktion bekannt ist. Der unphysiologische kardiopulmonale Bypass löst eine sympathoadrenerge Reaktion aus, die zur Freisetzung von Hormonen führt. Ausserdem sinkt der Hämatokrit Wert und der Druck, was für das Herz „Stress“ bedeutet.

Nach Absprache von Operateur, Anästhesie und Kardiotechniker kann mit der EKZ begonnen werden. Der Monitor wird von dem gesamten OP-Team im Saal überwacht. Insbesondere für den Beginn der EKZ ist gute Kommunikation und ein eingespieltes Handeln zwischen Operateur, Pflegepersonal, Anästhesie und Kardiotechniker unabdingbar. Dasselbe gilt für die Kanülierungsphasen und die Beendigung der EKZ.

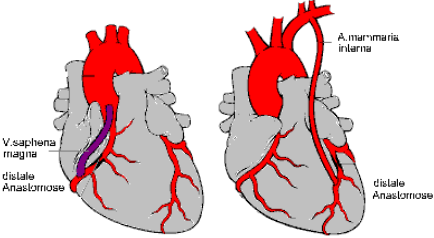
Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bekanntgabe und öffnen der venösen Schlauchklemme</li> <li>• Öffnen der arteriellen Schlauchklemme und umsetzen dieser an den Shunt, um eine Vermischung von arteriellem und venösem Blut zu vermeiden</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorbereitung auf nächste OP-Schritte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Langsames Freigeben des venösen Rückflusses.</li> <li>• Parallel erfolgt die Steigerung des arteriellen Flusses</li> <li>• Rückmeldung der Parameter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Beatmung wird sukzessive reduziert und erfolgt nun zum Teil durch die Anästhesie und zum Teil durch den Oxygenator der HLM</li> </ul>

**Aortic-Root Kanülierung**

Die Aortic-Root Kanüle wird in die proximale Aorta ascendens gelegt um später das Herz mit der Kardioplegie-Lösung zu perfundieren. Um die Kardioplegie-Linie luftfrei zu bekommen, stellt der Kardiotechniker auf Ansage des Operators die Kardioplegiepumpe kurzfristig ein, bis die Linie vollständig mit Kardioplegie-Lösung gefüllt, und dadurch luftleer ist. Erst dann kann der Operateur die Kardioplegie-Linie an die Kardioplegie-Kanüle konnektieren.

Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aortic-Root Kanüle in die proximale Aorta ascendens</li> <li>• Weisung an Kardiotechniker → Kardioplegie-Pumpe aktivieren</li> <li>• Weisung an Kardiotechniker sobald die Linie luftleer ist → Kardioplegie-pumpe wieder stopp</li> <li>• Konnektion an die Kardioplegie-Linie</li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aufmerksamkeit auf die Kanülierung und Konnektion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kardioplegie Pumpe aktivieren und wieder stopp wenn Kardioplegie-Linie luftleer ist.</li> </ul>	

<p><b><u>Hypothermie und Kardioplegie-Gabe @ Asystolie</u></b></p> <p>Der Operateur gibt die Gradzahl der gewünschten Hypothermie an. Der Kardiotechniker beginnt mit dem Einleiten der Hypothermie mittels dem Wärmeaustauscher der HLM.</p> <p>Die erwünschte Asystolie des Patienten wird durch das Abklemmen der Aortenwurzel, und mittels Applizierung der Kardioplegie-Lösung über die Kardioplegie-Kanüle zur Perfusion des Herzens, erreicht. Die myokardiale Temperatur kann, nach dem Erreichen der Asystolie, mittels 4°C kaltem NaCl zusätzlich reduziert werden.</p>			
Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kardiotechniker über Hypothermie Gradzahl informieren</li> <li>• Abklemmen der Aortenwurzel mittels Aortenklemme → Aorta ist zu</li> <li>• Kardioplegiepumpe aktivieren</li> <li>• Lokale Kühlung mittels kaltem NaCl</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kaltes NaCl bereit</li> <li>• Kompressen zum Schutz des Herzens bereit</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infolge der Hypothermie sinkt der O<sub>2</sub> Bedarf des Patienten, also wird der Flow (=Fluss) gedrosselt und der CO<sub>2</sub> Flow gesteigert</li> <li>• Perfusionsfluss wird auf 50% des Sollwertes reduziert.</li> <li>• Kardioplegie-Pumpe aktivieren → Kardioplegie Gabe kalt (4°C).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beatmung wird komplett gestoppt</li> <li>• Die Wärmematte auf welcher der Patient liegt wird der Hypothermie Gradzahl angepasst</li> </ul>
<p><b><u>Beginn der Herzoperation @ distale Aorto Coronare Anastomosen</u></b></p> <p>Das Herz des Patienten steht nun still und die HLM übernimmt zu 100% die Herz-Lungen-Funktion. Die Entnommenen Grafts werden nun distal an den sklerotischen Koronararterien anastomosiert.</p>			
Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie

<p>• Distale Anastomosen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikrochirurgische Instrumentierphase</li> <li>• wegen Hypothermie, ab sofort nur noch kaltes NaCl zum spülen anreichen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kardioplegie-Gabe ca. alle 15 Minuten zur Myocardprotektion, das Herz wird so von Schadstoffen befreit und mit O<sub>2</sub> versorgt.</li> <li>• ¼ stündliche Überwachung von: arterielle u. venöse Blutgase, Gerinnung, Elektrolyte, MAP, ZVD, Temperaturen, Urinausscheidung, und Hämatokrit</li> <li>• Die HLM wird vorwiegend anhand der oben aufgeführten Parametern gefahren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Hypothermie und Hirntemperatur von weniger als 30°Celsius führt zur Bewusstlosigkeit, daher nimmt der Bedarf an Anästhetika, Analgetika und Sedativa ab.</li> <li>• ¼ stündliche Überwachung von: arterielle und venöse Blutgase, Gerinnung, Elektrolyte, MAP, ZVD, Temperaturen, Urinausscheidung, und Hämatokrit</li> </ul>
--	--	---	--

**Zurück zur Normothermie und Herzaktion**

Nach erfolgten distalen Anastomosen wird der Patient sukzessive wieder aufgewärmt. Es erfolgt eine warme Kardioplegie-Gabe (hot shot) welche sich sowohl in der hohen Temperatur (37°C) wie auch in ihrem tieferen Kalium Gehalt von der kalten Kardioplegielösung unterscheidet. Dieser hot-shot dient der Vermeidung eines Reperfusionsschadens und dauert 3-5 Minuten. Die Aorten-Klemme wird gelöst um den arteriellen, physiologischen Blutfluss wieder herzustellen. Es entsteht meist eine spontane Herzaktion. Bei einem Kammerflimmern wird Medikamentös reagiert oder elektrisch defibriert.

Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
-----------------	---------------------------------	-----------------	------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Weisung an Kardiotechniker zur warmen Kardioplegie-Gabe → hot-shot</li> <li>• Aorten Klemme öffnen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Aufmerksamkeit gilt dem Monitor</li> <li>• Zu dem Zeitpunkt ist kein steriler Defibrillator am Tisch, gegebenenfalls den internen Defibrillator von der Zudienung anfordern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hypothermie → sukzessive zur Normothermie</li> <li>• hot shot → Kardioplegie-Lösung</li> <li>• Venöser Rückfluss wird gedrosselt</li> <li>• schrittweise Reduktion des HLM-Flows bis zur Normothermie</li> <li>• Der O<sub>2</sub>Bedarf sowie die Perfusion steigen wieder</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Die Beatmung erfolgt teils durch die Anästhesie und teils durch den Oxygenator.</li> </ul>
<p><b>Reperfusion und proximale Aorto Coronare Anastomosen</b></p> <p>Die proximalen Bypass Anastomosen werden während der Reperfusionsphase durchgeführt. Als Reperfusionsphase bezeichnet man den Zeitraum zwischen dem Ende der myokardialen Ischämie und der Beendigung der EKZ. In dieser Zeit sollte der Kardiotechniker in Zusammenarbeit mit der Anästhesie für eine möglichst zügige Wiedererwärmung Sorge tragen. Sobald das Herz schlägt übernimmt es einen Teil des Kreislaufs wieder selber. Wenn die Funktion des Herzens, nach ausreichender Reperfusionszeit, kräftig genug ist, wird der HLM-Flow schrittweise reduziert. Durch eine sukzessive Drosselung der venösen Linie, Abklemmen der Kanülen und stoppen der arteriellen Pumpe wird der Bypass beendet.</p>			
<p><b>Operationssitus</b></p>	<p><b>Instrumentierende und Zudienung</b></p>	<p><b>Kardiotechniker</b></p>	<p><b>Anästhesie</b></p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proximale Anastomosen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mikrochirurgische Phase</li> <li>• Vorbereitung um von der HLM abzugehen</li> <li>• Vorbereitung des Nahtmaterials um die vorgängig gemachten Inzisionen für die Kanülierung zu übernehmen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der HLM-Flow wird unter weiterer venöser Drosselung schrittweise reduziert bis zur vollständigen Abklemmung der venösen Linie → Steigerung der Auswurfsleistung des Herzens</li> <li>• Der Patienten kann weiterhin mit Volumen über die arterielle Linie substituiert werden</li> <li>• Schrittweise Reduktion des HLM-Flow bis zur Normothermie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medikamentöse Therapie des Kammerflimmerns</li> <li>• Echo einschalten → Kontrolle der Herzfunktion</li> </ul>
---	--	---	---

**Ende der EKZ**

Nach 20 Minuten Reperfusion, erreichter Normothermie und unauffälligem EKG wird der HLM-Flow schrittweise reduziert und gestoppt. Die Schrittmacherdrähte werden epikardial, auf Vorhof und Ventrikel Ebene, aufgenäht.

<p><b>Operationssitus</b></p>	<p><b>Instrumentierende und Zudienung</b></p>	<p><b>Kardiotechniker</b></p>	<p><b>Anästhesie</b></p>
-------------------------------	---	-------------------------------	--------------------------

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dekanülierung</li> <li>• Tabaksbeutelnähte werden zugezogen und übernäht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bereitet sich auf den Sternumverschluss vor</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoppt den Blutfluss der HLM</li> <li>• Blut kann noch abgesaugt werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bei stabiler Kreislaufsituation wird die Heparinisierung aufgehoben und Protamin zu 50% verabreicht, so dass das Absaugen von Blut aus dem Operationssitus noch möglich ist.</li> <li>• Überprüfung der Schrittmacherdrähte</li> </ul>
--	---	---	---

**Sternumverschluss**

Beginn der Blutstillung mit ständiger Überwachung des Monitors wegen allfälliger EKG und Druck Abweichungen. Ein erneutes Anschliessen an die HLM muss gewährleistet sein.

Operationssitus	Instrumentierende und Zudienung	Kardiotechniker	Anästhesie
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sorgfältige Blutstillung, Einlage der Drainagen und schichtweiser Sternumverschluss</li> <li>• Das Schlauchsystem der HLM bleibt auf dem OP-Tisch bis zum Verschluss der Hautnaht</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cave: Nach Protamingabe darf der Kardiotomiesauger nicht mehr verwendet werden → Das Blut würde sofort in den Schläuchen gerinnen</li> <li>• Ist auf einen erneuten Anschluss an die HLM vorbereitet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• In der unmittelbaren Zeit nach der EKZ muss der Kardiotechniker eine erneute Aufnahme der Perfusion jederzeit gewährleisten können.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Protamin Restdosis</li> <li>• Aorta Druck &gt;70</li> <li>• Echokontrolle der Herzfunktion</li> <li>• Volumentherapie</li> </ul>

## 2.11 EINFLUSS DER TOA&N AUF INTRAOPERATIVE GEFAHRENQUELLEN/KOMPLIKATIONEN

Es gibt ein breites Spektrum an Gefahrenquellen und Komplikationen seitens des Kardiotechnikers, der Anästhesie, der Operateure oder der Pflegenden. Ich möchte in diesem Zusammenhang lediglich die Komplikationen und Gefahrenquellen ansprechen, auf welche die Instrumentierende<sup>4</sup> direkten Einfluss nehmen kann und Achtsam sein muss um endsprechend kompetent reagieren zu können. Zu erwähnen ist auch, dass ich lediglich die Gefahrenquellen und Komplikationen des EKZ erarbeitet habe. Gefahrenquellen und Komplikationen im allgemeinen würden dem Rahmen und dem Thema der Diplomarbeit nicht entsprechen. In der Literatur sind die Gefahrenquellen und Komplikationen im Rahmen dieses Kontextes nicht anzutreffen. Um unter diesen Umständen dennoch eine Sammlung an Vorkommnissen, auf welche die Instrumentierende vorbereitet sein muss, darzulegen, habe ich mich diesbezüglich mit einer erfahrenen OP-Schwester ausgetauscht. Im folgenden werden die hierzu ausgearbeiteten Punkte geschildert.

- Um die zirkuläre Desinfektion der Beine zu ermöglichen, hebt der Lagerungspfleger diese an. Was zu einem unkontrollierten Anstieg des Blutdrucks führen kann.
  - ® Die Instrumentierende ist sich dieser möglichen Komplikation bewusst, und hat in der Phase ein Augenmerk auf den Blutdruck und weist den Lagerungspfleger oder die Anästhesie bei allfälligem Druckanstieg darauf hin.
- Während dem Einsatz der HLM befinden sich die Schläuche dieser, teils knapp über dem Boden. Es wäre fatal, versehentlich auf die Schläuche zu stehen oder durch ein Stolpern, diese gar aus ihren Konnektionsstellen zu reißen.
  - ® Die Instrumentierende achtet, nebst dem Kardiotechniker, auf Personen die sich im Saal in der Nähe der Schläuche bewegen oder hantieren. Insbesondere bei Standortwechsel der Assistenzärzte.
- Die Sternotomie erfolgt mittels der Sternumsäge, es kann passieren, dass das Herz während der Sternotomie rupturiert wird.
  - ® Die Instrumentierende sorgt für die Präsenz der Zudienung im Saal und richtet ihren Blick, während dem Einsatz der Sternumsäge, auf den Monitor, auf dem die Ruptur als erstes erkennbar wird. Sie reagiert, indem sie sich für ein sofortiges Anschliessen an die HLM einstellt.
- Bei der Präparation der A.mammaria interna kann diese Verletzt werden. Es entsteht eine arterielle Blutung.
  - ® Die Instrumentierende hält geeignetes Nahtmaterial bereit. Im Gegensatz zu vielen anderen Gebieten der Chirurgie, liegt das Nahtmaterial, bereits im Nadelhalter eingespannt, für den eventuellen Gebrauch bereit.
- Nach Entnahme der V.saphena magna, erfolgt die Blutstillung und der Verschluss der Entnahmestelle durch den Assistenzarzt.
  - ® Die Instrumentierende achtet auf eine peinliche Blutstillung mittels Diathermie, Ligaturen

---

<sup>4</sup> gilt gleichermaßen für die unsterile Zudienung im Saal

oder Kommpressen. Die Kommpressen wringt sie vorsichtig aus und fügt das Blut, mittels dem Kardiotomiesauger, dem Kardiotomiereservoir der HLM wieder bei und leistet so einen Beitrag zur Fremdbluteinsparung.

- Zum Zeitpunkt der Perikarderöffnung wird der Patient durch die Anästhesie Vollheparinisiert.
  - ® Die Instrumentierende sorgt dafür, dass unter Vollheparinisierung nur noch der Kardiotomiesauger zum Einsatz kommt und weist den Assistenzarzt gegebenenfalls darauf hin.
- Es kommt vor, dass die arterielle Kanüle, aufgrund von einem sklerotischen Aortenbogen, von dem Operateur nicht eingeführt werden kann oder er eine Dissektion der Aorta verursacht, und so die Kanülierung an einer anderen Körperstelle, zum Beispiel inguinal, erfolgen muss.
  - ® Die Instrumentierende ist auf diese Komplikation gefasst und kann durch ein wachsames beobachten vorzeitig entsprechend anderes Material anfordern.
- In der Phase der Hypothermie darf nur noch kaltes NaCl in den Operationssitus gelangen.
  - ® Die Instrumentierende ist sich dessen bewusst und kehrt vorzeitig die entsprechende Massnahmen ein, um genügend kaltes NaCl zur Verfügung zu haben und einer Verwechslung mit warmen NaCl Vorsorge zu tragen.
- Das Entnommene Graftmaterial wird von der Instrumentierenden, bis zur Weiterverwendung, in Gewahrsam genommen.
  - ® Die Instrumentierende sorgt für einen sicheren Standort des Graftmaterials um ein Verwerfen oder Beschädigungen von diesem zu vermeiden.
- Während der mikrochirurgischen Phasen können Erschütterungen oder ein Aufschrecken des Operateurs durch unerwartet laute Geräusche schwere Folgen haben.
  - ® Die Instrumentierende sorgt für Ruhe im Saal und weist allenfalls die Assistenzärzte auf kontrollierte ruhige Bewegungen hin.
- Es kann passieren, dass der Kardiotechner den Operateur auf einen Airblock hinweist, was soviel heisst wie, dass sich Luft im System befindet. Der Operateur benötigt sofort eine Schlauchklemme zur Unterbrechung des Schlauchsystems um eine Luftembolie zu verhindern.
  - ® Die Instrumentierende kennt den verwendeten Ausdruck (Airblock), und hält jederzeit Schlauchklemmen in Griffnähe parat.
- Um den Patienten an die HLM anschliessen zu können benötigt man das Table-Set. Es muss unter bestimmten Kriterien, von der Instrumentierenden, untereinander konnektiert und mit Schlauchklemmen abgeklemmt werden.
  - ® Die Instrumentierende bereitet das Table-Set entsprechend dem Eingriff vor und ist sich in ihren Handlungen sicher.
- Es kann passieren, dass der Kardiotechner die Anweisung des Operateurs nicht gehört hat. Was Folgen für den weiteren Ablauf hat.
  - ® Die Instrumentierende verfolgt die Kommunikation zwischen Operateur, Anästhesie und Kardiotechner, und kann bei mangelnder Aufmerksamkeit oder Missverständnissen intervenieren.

- Es muss auch nach Beendigung der EKZ immer ein Wiederanschluss an die HLM gewährleistet werden können.
  - ® Die Instrumentierende sorgt dafür, dass das Table-Set, bis nach Fertigstellung der letzten Hautnaht, auf dem OP-Tisch installiert bleibt. Und kann einem Wiederanschluss an die HLM jederzeit gerecht werden.
- Die Monitor-Überwachung, insbesondere in kritischen Phasen (Sternotomie, Kanülierung, EKZ-Beginn, EKZ-Ende) erfolgt, ausser von Seiten des Anästhesieteams, durch das gesamte OP-Team.
  - ® Die Instrumentierende weiss wann sie ihr Augenmerk auf den Monitor richten soll und kann die Druckkurve deuten, erkennt ein Kammer- und Vorhofflimmern sowie eine Asystolie.

## 2.12 PROGNOSE

Bypassoperationen werden seit dem Ende der 60-er Jahre durchgeführt, so dass sehr lange Beobachtungszeiträume noch nicht vorliegen. Die neu angelegten Bypassbrücken aus Beinvenen unterliegen dem gleichen Verschleiss- und Verkalkungsprozess wie alle Gefässe, das heisst, nach einigen Jahren ist mit einer zunehmenden Einengung zu rechnen. Bisherige Statistiken lassen hoffen, dass Bypassbrücken wenigstens 10-15 Jahre offen bleiben. Die Aussichten, dass die A. mammaria offen bleibt, sind deutlich grösser. Bei über 90 % sind Bypässe, die mit einer Brustwandarterie durchgeführt wurden, noch nach 20 Jahren offen.

Auch wenn eine Venenbrücke erneut stenosiert, so sind dennoch 67 % der Betroffenen noch nach 10 Jahren beschwerdefrei. Die 5 Jahres Überlebensrate kann mit 90% beziffert werden.

## 2.13 REHABILITATION

Bei vielen Betroffenen tritt einige Zeit nach der Bypass-Operation eine depressive Verstimmung auf. Es ist wichtig, über entsprechende Gefühle zu sprechen und die Operation als neuen Anfang und als Chance zu verstehen. In einer Rehabilitationsklinik wird nicht nur ein körperliches Aufbauprogramm durchgeführt, sondern auch auf die Stimmungslage des Betroffenen eingegangen. Drei Wochen Aufenthalt in einer Rehabilitationsklinik ist fester Bestandteil des Wiederaufbauprogramms jedes Bypass-Operierten.

Vielfach ist eine Bypass-Operation eine lebensrettende Massnahme. Wie erfolgreich eine solche Operation aber auf längere Sicht ist, hängt entscheidend davon ab, ob der Betroffene nach der Operation seine Lebensweise ändert. Die Nachbehandlung optimiert nicht nur die individuelle Leistungsfähigkeit, sondern setzt auch Schwerpunkte auf die Erkennung und Behandlung der persönlichen Risikofaktoren, sie ist nicht zuletzt die einzige Chance, einem Rezidiv vorzubeugen.

### **3 Schlussteil**

#### **3.1 STELLUNGNAHME ZUR ZIELSETZUNG**

Zu Beginn meiner Diplomarbeit habe ich mir zum Ziel gesetzt, die EKZ im Zusammenhang mit der Herzchirurgie am Beispiel des ACBP zu verstehen, und mir so Fachwissen über das Gebiet der EKZ und der HLM, anzueignen.

Die Literatur der Kardiotechnik war für mich besonders schwierig, und damit anstrengend zu erarbeiten, da ich im Bereich der Herzchirurgie und der Kardiotechnik in meiner Ausbildung nicht geschult wurde und diesen Gebieten in der Praxis nur am Rande begegnete. Zudem erfuhr ich die literarischen Erklärungen der Kardiotechnik als komplex und technisch detailliert, was mir eine Wiedergabe in vereinfachter Form erschwerte.

Es ist mir gelungen, die Funktionsweise der HLM und ihre Aufgaben zu begreifen und in simplifizierter Form, im Rahmen der Diplomarbeit, am Beispiel des ACBP zu verdeutlichen. Ich habe mein Ziel somit zu meiner vollen Zufriedenheit erreicht. Während der Erarbeitung der Diplomarbeit wurde mir in verschiedenen Gesprächen mit Fachpersonal bewusst, dass meine Arbeit für OP-Personal welche sich auf der Herzchirurgie einführen lassen, als hilfreich erweisen würde. Demzufolge erweiterte sich meine vorgängige Zielsetzung. Was zur Folge hatte, dass ich den OP-Ablauf in der Weise integriert liess, wie ich es auch unter Punkt 2.11 im zweiten Abschnitt erläuterte.

Ob sich meine Arbeit, an der TOA&N Schule Zürich, punktuell in den Unterricht einbringen lässt, wird sich zeigen. Ich habe die Arbeit nicht in dieser Absicht geschrieben, und auch nicht als Ziel in diesem Sinne deklariert. Also lasse ich mich Überraschen und Freue mich über eine allfällige Verwendung meiner Diplomarbeit.

#### **3.2 BERUFLICHER UND PERSÖNLICHER GEWINN**

In beruflicher Hinsicht habe ich mir auf dem Gebiet der EKZ ein Fachwissen angeeignet, welches mir zukünftig auf sämtlichen Gebieten der Chirurgie, in welchen die HLM ihre Anwendung findet, zu gute kommen wird. Ich kenne die Vorgehensweise, die Komponenten und den Ablauf mit welchem ein Patient an die HLM angeschlossen und wieder entwöhnt wird. Ich bin mir der Komplikationen bewusst, kenne die Gefahrenquellen und weiss wie ich zu reagieren habe. Mein neues erlangtes Wissen ermöglicht mir ein professionelles Zusammenarbeiten mit Kolleginnen sowie die Möglichkeit, mich auszutauschen oder Auskünfte und Erklärungen abzugeben.

Während der Erarbeitung stiess ich auf unglaublich spannende Fachgebiete wie die der Anästhesie. Es hat mir Freude bereitet in deren Literatur herumzustöbern und mir Fachwissen über das Gebiet der EKZ anzueignen.

Als persönlichen Gewinn empfinde ich, die erfahrene und kompetente Hilfestellung, die mir während der Erarbeitung von vielen Personen entgegengebracht wurde. Es ergaben sich zahlreiche Gespräche die fachlich wie persönlich für mich sehr wertvoll waren. Ich habe die Arbeit mit Begeisterung geschrieben und bin glücklich ein Thema gefunden zu haben welches mich fesselte, und ich so, mein Interesse und meine Wissbegierde, bezüglich der EKZ und den angrenzenden Thematiken, ausleben konnte.

#### **3.3 OFFENSTEHENDE PUNKTE**

Ähnlich wie sich ein Ziel hinzugesellte, habe ich auch einen Abstrich gemacht, nämlich als ich mir Gedanken zur Ethik betreffend der EKZ machte. In der Arbeit habe ich in einem Satz erwähnt, dass der Patient in einen klinischen Tod versetzt wird. Ich habe mich damit befasst dies zu Thematisieren, und so den ethischen Aspekt mit in die Arbeit einzubeziehen. Ich bin aus folgendem Grunde zum Schluss gekommen, dies nicht zu tun: Es ist meiner Meinung nach ein gewichtiges Thema, mit vielfältigen Facetten die es zu beleuchten gäbe. Meiner Ansicht nach, eine zu ergiebige Thematik und somit nicht geeignet, diese auf einen spartanischen Abschnitt zu reduzieren, um anschliessend dennoch keine differenzierte Aussage erstellt zu haben. Ich wollte diesen Aspekt jedoch im Schlussteil erwähnt haben, als dass er nicht untergraben werden sollte und somit gänzlich ins Abseits gedrängt und gar vergessen wird. Ich könnte mir durchaus eine spannende Arbeit über die Thematik *Ethik und Operative Eingriffe*, ausmalen. Möglicherweise eine Anregung für Schülerinnen, auf der Suche nach Themen für ihre Diplomarbeit.

## 4 Danksagung

Zahlreiche Personen haben mich in vielerlei Hinsicht unterstützt, sei es fachlich, moralisch oder geistig, und so möchte ich diesen Abschnitt nicht zu knapp halten.

Vorneweg möchte ich mich beim Lehrerteam der Schule für Technisch Operations- und Notfallassistenten/Innen bedanken. Ich habe in den drei Jahren einen qualifizierten Unterricht genossen, in dem ich fachlich und menschlich ausserordentlich warmherzig und kompetent begleitet worden bin. Danke für die sachkundige und richtungsweisende Begleitung.

Frau Ruth Schwank	Frau Angelika Scherrer
Frau Ida Tabernig	Herrn Michael Jürgens
Frau Gudrun Stopper	Frau Ilona Petersen
Frau Anelise Ries	Frau Verena Bürgi
Frau Regina Freiburger	Frau Daniela Bucher
Frau Regina Müntener	Frau Silvia Crestani

Ein besonderes Dankeschön möchte ich an unsere Klassenlehrerin Frau Ida Tabernig richten. Sie hat mit einem unerschöpflichen, persönlichen Einsatz unsere Klasse betreut. Ich erinnere mich an die ständige Bereitschaft für innovative Gespräche, zahlreichen Gedankenaustausch, Ratschläge und Kritiken. Vielen herzlichen Dank.

Den Ärzten/Innen und Dozenten/Innen vom UniversitätsSpital Zürich sowie den Fremddozenten/Innen danke ich für die kompetente Weiterbildung und interessanten Einblicken in den verschiedenen Themenbereichen der Medizin und ihren angrenzenden Gebieten.

Mir ist es eine besondere Freude meine Praktikumsorte, in denen ich mein theoretisches Wissen in die Praxis umsetzen durfte, zu erwähnen. Danke für die fortwährende Unterstützung in meinen Lernprozessen.

Kreisspital Männedorf, Operationsabteilung  
Spital Horgen, Bettenstation Chirurgie  
Spital Bülach, interdisziplinäre Notfallstation  
UniversitätsSpital Zürich, Departement Chirurgie F-OPS  
Kantonsspital Winterthur, interdisziplinäre Notfallstation

Frau Carmen Mostert, Operationsschwester am UniversitätsSpital Zürich Departement Chirurgie F-OPS/Herzklinik, möchte ich meinen besonderen Dank aussprechen für die hilfreiche Unterstützung, ihren vielseitigen fachlichen Rat und die konstruktiven Hinweise in einer wichtigen Etappe der Diplomarbeit.

Herrn Tomislav Lijovic und dem Team der Kardiotechniker vom UniversitätsSpital Zürich, Departement Chirurgie F-OPS, danke ich aufrichtig für die Erklärungen auf dem Gebiet der Kardiotechnik sowie die Hilfeleistungen bei der Beschaffung von Bildmaterial.

Herrn Mustafa Birgi möchte ich für das kritische Korrekturlesen, und ausmerzen von „Fählern“, was mir eine enorme Hilfe war, ganz herzlich danken.

Bei Frau Ingrid Suter, ich möchte sie *die Retterin in der Not* nennen, bedanke ich mich ganz herzlich für ihren unermüdlichen Einsatz und ihre Geduld mit meinem PC, der mir am letzten Tag einen Streich spielte und keinen Wank mehr tat.

Meinen Angehörigen, Freunden, Schulkollegen und Arbeitskollegen, welche mir zur Seite standen und mich stets ermunterten, viel Geduld zeigten und mir immer wieder zu neuer Kraft und Energie verhalfen, ihnen allen gilt mein herzlicher Dank.

## 5 Terminologie

**A. pulmonalis** rechte bzw. linke Lungenschlagader

**A. mammaria interna** innere Brustschlagader

**abdominal** zum Bauch Unterleib gehörend, gelegen

**Adipositas** Fettleibigkeit, übermässige Bildung von Fettgewebe

**Adrenergen** von der Nebenniere erzeugte Hormone

**anämie** Blutarmut, Blutmangel

**Analgesie** die Aufhebung der Schmerzempfindung

**Anastomose** operativ hergestellte Verbindung zwischen Hohlorganen

**Anatomie** Lehre vom Bau des menschlichen Körpers u. seiner Organe

**Aneurisma** Erweiterung, Schlagader-geschwulst, krankhafte örtlich berenzte Erweiterung bzw. Ausbuchtung einer Arterie

**Angina pectoris** anfallartig auftretende Schmerzen hinter dem Brust-bein infolge Erkrankung der Herz-kranzgefässe

**Angioplastie** Aufdehnung krankhafter Blutgefässverschlüsse mit einem an einem Katheter befestigten Ballon, der innerhalb des Blutgefässes bis zur Engstelle vorgeschoben u. dann gespreizt wird

**Antagonist** Enzym, Hormon u. ähnliches, welches die Wirkung eines bestimmten anderei aufhebt

**Aorta** Hauptschlagader

**Aorta ascendens** aufsteigender Teil der Aorta zwischen ihrem Ursprung aus der linken Herzkammern u. dem Aortenbogen

**Aortenbogen** Krümmung des auf-steigenden Astes der Aorta

**Arterie** Schlagader die das Blut vom Herzen zu einem Organ od. Gewebe hinführt

**Arteriosklerose** Arterienverkalkung, fort-

schreitende Degeneration der arteriellen Gefässe infolge krankhafter Ver-änderungen der Gefässinnenhaut

**Asystolie** Herz-Kreislauf-Stillstands durch fehlende Kontraktion des Herzens

**Ätiologie** Lehre von Krankheitsursachen

**Atrium** Vorhof des Herzens

**Autolog** vom gleichen Individuum stammend

**Bypass** Überbrückung eines krankhaft veränderten Blutgefässabschnittes durch Einpflanzung eines Stückes einer Vene, Arterie od. Kunststoffschlauchs

**Chronisch** langsam verlaufend, sich langsam entwickelnd

**Defibrillation** Beseitigung des Herzkammerflimmerns durch Stromtösse

**Diabetes mellitus** Zuckerkrankheit, meist konstitutionell bedingte Erkrankung der Inselzellen der Bauchspeicheldrüse mit der Folge einer mangelhaften Kohlenhydratverwertung, die sich u.a. in erhöhtem Blutzuckergehalt äussert

**Diathermie** therapeutische Anwendung von Hochfrequenzströmen zur intensiven Erwärmung von Geweben um Körperinneren z.B. zur Blutstillung

**Diffusion** allmähliche selbsttätige Ver-mischung von gasförmigen, flüssigen od. festen Stoffen, die untereinander in Berührung stehen, bis zur völligen Einheitlichkeit

**Dilatation** ausdehnen, erweitern

**Dissektion** krankhafte Spaltung einer Arterienwand durch den Blutstrom, der in die Schichten der Arterie eindringt u. zu einem Doppellumen führt

**Diurese** Harnausscheidung

**Drainage** Ableitung von Flüssigkeits-ansammlungen in Körperhöhlen nach aussen

**Elektiv** selektiv, herauslesen, aus- wählen

**Elektrolyte** Verbindungen die in wässriger Lösung in Ionen zerfallen

**Elektrophysiologie** Zweig der Medizin, der sich mit den Grundlagen der Erregungsbildung u. Erregungs-leitung beschäftigt

**Embolie** Verstopfung eines Blutgefässes durch in die Blutbahn geratene u. mit dem Blutstrom ver- schleppte kör- per-eigene od. kör- per-fremde Substanzen

**Epidemie** im ganzen Volk verbreitete Krankheit

**Epidemiologie** Lehre von der Entstehung, Verbreitung u. Bekämpfung der Krankheiten

**Epikard** das dem Herzen unmittelbar aufliegende Blatt

**Extrakorporal** ausserhalb des Organismus erfolgend od. verlaufend

**Extrakorporale Zirkulation** künstlicher Ersatz des natürlichen Kreislaufes durch eine Herz-Lungen-Maschine

**Extremität** Bezeichnung für die Gliedmassen

**Exzidieren** herauschneiden

**Fibrin** Eiweissstoff des Blutes, der bei Blutgerinnung aus Fibrinogen entsteht

**Graft** Transplantat

**Hämatokrit** Verhältnis zwischen den roten Blutkörperchen u. dem Blutplasma

**Heparin** in manchen Organen, bes. in der Leber vorkommender Stoff, der die Blutgerinnung, d.h. die Bildung des Gerinnungsenzyms Thrombin verzögert

**Herz-Lungen-Maschine** Gerät zur künstlichen Durchströmung des Körpers bei Ausschaltung von Herz- u. Lungendurchblutung unter Aufrecht-erhaltung der

Kreislauf-, Atmungs- u. Stoffwechselfunktionen

**Herzohr** normale Ausbuchtung der Vorhöfe

**Hypercholesterinämie** Vermehrung des Cholesteringehalts des Blutes

**Hypertonie** Bluthochdruck, durch erhöhten arteriellen Blutdruck

**Hypothermie** abnorm niedrige Körpertemperatur, künstliche Unterkühlung des Körpers zur Reduktion der Stoffwechsel- u. Lebensvorgänge im Organismus

**Indikation** Umstand od. Anzeichen, aus dem die Anwendung bestimmter Behandlungsmethoden angezeigt erscheint

**Induzieren** hineinführen, hervorrufen, auslösen

**Infarkt** Absterben eines durch End-arterien versorgten Gewebestücks od. Organteils nach plötzlicher u. an-dauernder Unterbrechung der Blut-zufuhr

**Infiltration** Eindringen fremdartiger Substanzen in normales Gewebe

**Inguinal** zur Leistengegend gehörend, betreffend

**Injektion** Einspritzen von Flüssigkeiten in den Körper, zu therapeutischen od. diagnostischen Zwecken

**Insuffizienz** Funktionsschwäche, unzu-reichende Leistungsfähigkeit eines Organs

**Intima** innerste Schicht der Gefäß-wand der Arterien, Venen u. Lymph-gefäße

**Intrakraniell** innerhalb des Schädels lokalisiert

**Intraoperativ** während einer Operation auftretend

**Intravasal** innerhalb eines Blut-gefäßes gelegen, befindlich

**Ischämie** örtliche Blutleere, mangelnde Versorgung einzelner Organe mit Blut infolge Verlegung der arteriellen Zufuhrwege

**Isotonisch** von gleichbleibendem Druck

**Kammerflimmern** asynchrone Aktionen der Herzmuskelzellen mit einer Frequenz von 350-500/min ohne effektive Auswurfleistung, Herzkreislauf-stillstand

**Kapillare** feinste Verzweigungen der Blut- u. Lymphgefäße

**Kardioplegie** künstlich induzierter reversibler Herzstillstand

**Kongenital** angeboren u. bei der Geburt manifest

**Kontraktion** Zusammenziehung

**Koronarsklerose** Verengung einer od. mehrerer Äste der Koronararterien durch Arteriosklerose

**Latent** verborgen sein, ohne Symp-tome verlaufend

**Lipide** Sammelbezeichnung für Fette u. fettähnliche Stoffe

**Lokal** örtlich, auf bestimmte Körper-stelle bezogen

**Mekonium** erste Darmentleerung des Neugeborenen

**Mikron** millionste Teil eines Meters

**Morbidität** Krankheitshäufigkeit, Anzahl von Erkrankungen innerhalb einer Population

**Mortalität** Sterblichkeit, das Verhältnis der Anzahl der Sterbefälle zum Durchschnittsbestand der Population

**Mycard** Herzmuskel, Muskuläre Wand des Herzens

**Nachlast** Auswurfswiderstand, Widerstand, den die Herzmuskulatur bei der Entleerung der Kammer überwinden muss

**Neonatologie** Wissenschaft u. Lehre von der Erkennung u. Behandlung von Neugeborenenkrankheiten

**Nephrektomie** operative Entfernung einer Niere

**Obstruktiv** Gefäße od. Körperkanäle verstopfend

**Ostium** Öffnung, Einmündungsstelle an einem Hohlorgan od. Körper-hohlraum

**Perfusion** Durchströmung des Körpers od. einzelner Organe mit Flüssigkeit

**Pericard** Herzbeutel, aus zwei Blättern bestehende bindegewebige Umhüllung des Herzens

**Peripher** aussen, am Rande, weg, zu den Randgebieten des Körpers

**Permeable** durchgängig, durchlässig

**Physiologie** Wissenschaft u. Lehre von den normalen Lebensvorgängen

**Pneuma** Luft, Atem

**Präparation** die einzelnen Schichten bei einer Operation durchtrennen

**Protektion** Schutz von Organen od. des Organismus durch Medikamente vor schädigenden Einwirkungen

**Proximal** der Körpermitte bzw. dem zentralen Teil eines Körpergliedes zu gelegen

**Refraktär** widerspenstig, nicht be-einflussbar, (besonders von bereits gereiztem Gewebe gegenüber Neu-reizen)

**Rehabilitation** Eingliederung, Wiederherstellung

**Rekonstruktion** operative Wieder-herstellung normaler Strömungs-verhältnisse in Blutgefäßen

**Relaxanz** Arzneimittel das eine Erschlaffung insbesondere der Muskeln bewirkt

**Renal** die Nieren betreffend

**Reoperation** Wiederholte Operation an der gleichen Stelle

**Rezidiv** Wiederauftreten einer Krankheit, Rückfall

**Ruptur** spontane od. bei operativen Eingriffen erfolgende Zerreißung insbesondere eines Gefäßes od. einer Gewebestruktur

**Sedativum** Beruhigungsmittel, Schlafmittel

**septum** Scheidewand, Zwischenwand, die benachbarte anatomische Strukturen voneinander trennt od. ein Gebilde unterteilt

**Shunt** Kurzschlussverbindung zwischen arteriellen u. venösen Blutgefässen bzw. Gefässsystemen

**Somatisch** den Körper betreffend  
**Stenose** Verengung eines Körperkanals od. einer Kanalöffnung

**Stent** selbstexpandierende Endoprothese zur Offenhaltung gang-artiger Strukturen

**Sterilisation** Massnahme die eine völlige Keimfreiheit bezweckt

**Sternum**  
Brustbein

**Sympathikus** vegetatives, autonomes Nervensystem

**Symptomatisch** nur auf die Symptome, nicht auf die Krankheits-ursache einwirkend

**Tangential** parallel verlaufend

**Thrombolysse** medikamentöse Auflösung eines Thrombus

**Thrombus** Blutpfropf innerhalb eines Blutgefässes

**Transplantation** Verpflanzung von Zellen, Gewebe od. Organen auf ein anderes Individuum od. an eine andre Körperstelle zu therapeutischen Zwecken

**Tumor** Geschwulst, örtliche umschriebene Zunahme des Gewebe-volumens

**V. cava inferior** untere Hohlvene

**V. cava superior** obere Hohlvene

**V. saphena magna** Vene, die vom Venennetz an der Innenseite des Fusses entlang der Innenseite des Unter- u. Oberschenkels zur Leisten-beuge verläuft

**valva mitralis** Mitralklappe, zweizipfelige Segelklappe zwischen linkem Vorhof u. linker Herzkammer

**valva tricuspidalis** Trikuspidal- klappe, dreizipfelige Segelklappe zwischen rechtem Vorhof u. rechter Herzkammer

**venös** sauerstoffarm u. Kohlen-säurehaltig

**Ventrikel**  
Herzkammer

**Vorlast** Vorbelastung, Vorspannung die einer Kontraktion voraus geht

**Zirkulär** kreisförmig, rund um

## 6 Literaturverzeichnis

### 6.1 TEXTQUELLEN

- Lauterbach G. Handbuch der Kardiotechniker  
(3. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996
- Larsen R. Anästhesie und Intensivmedizin in Herz-, Thorax- und Gefässchirurgie  
(5. Auflage), Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1999
- Tschaut R.J.(Ed.) Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis  
(1.Auflage), Pabst Verlag, Stuttgart 1999
- Netter F.H. Farbatlanten der Medizin Band Herz  
(3.Auflage), Thieme Verlag, Stuttgart 1990
- Debrand-Passard A. Pflegeleitfaden OP  
Wunderle G. (1. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1996
- Paetz B. Chirurgie für Pflegeberufe  
18. Auflage), Thieme Verlag, Stuttgart 1994
- Schäffler A. Mensch Körper Krankheit  
Schmidt S. (2. Auflage), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart 1997
- Ennker J. Operationen am Herzen Herzkranzgefässe  
Bauer K. (1. Auflage), Steinkopf Verlag, Darmstadt 2000
- Redaktion Natur- Duden Das Wörterbuch medizinischer Fachausdrücke  
wissenschaft und Medizin (5. Auflage), Dudenverlag, Mannheim 1992
- Pschyrembel Klinisches Wörterbuch  
(257. Auflage), de Gruyter, Berlin 1994
- Morant J. Arzneimittel Kompendium der Schweiz  
Ruppanner H. (20. Auflage), Documed AG, Basel 1998
- Unterlagen von Frau Mostert Carmen, OP-Schwester  
UniversitätsSpital Zürich, Departement Chirurgie F-OPS/Herzklinik
- Gespräch mit Frau Mostert Carmen, OP-Schwester  
UniversitätsSpital Zürich, Departement Chirurgie F-OPS/Herzklinik,  
6.09.2000/12.01.2001/14.01.2001
- Gespräch mit Herrn Lijovic Tomislav, Kardiotechniker  
UniversitätsSpital Zürich, Departement Chirurgie F-OPS/Herzklinik,  
20.09.2000/10.01.2001

### 6.2 ABBILDUNGEN

Abbildung 1	KoronargefäÙe des Herzens (Internet)
Abbildung 2	Venöser und arterieller Fluss vom Herz (Internet, eigene Beschriftung)
Abbildung 3	Statistik der wichtigsten Todesursachen der letzten 120 Jahre (Internet)
Abbildung 4	ACBP mit V. saphena magna (Internet, eigene Beschriftung)
Abbildung 5	ACBP mit A. mammaria interna (Internet, eigene Beschriftung)
Abbildung 6	Schematische Darstellung der EKZ (Internet, eigene Beschriftung)
Abbildung 7	HLM ohne Schlauchsystem (Internet)
Abbildung 7.1	HLM mit Schlauchsystem in Betrieb (In der Praxis fotografiert)
Abbildung 8	Arterielle Kanüle (Medtronic Katalog)
Abbildung 9	Arterielle Kanülierung (Medtronic Katalog)
Abbildung 10	Venöse Two-Stage Kanüle (Medtronic Katalog)
Abbildung 11	Venöse Kanülierung (Medtronic Katalog)
Abbildung 12	Aortic-Root Kanüle (Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis)
Abbildung 13	Aortic-Root Kanülierung (Medtronic Katalog)
Abbildung 14	Table-Set (HLM läuft im Shunt) (Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis)
Abbildung 14.1	Table-Set (Foto) (Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis)
Abbildung 15	Kardiotomiereservoir (Internet)
Abbildung 16	pO <sub>2</sub> - und pCO <sub>2</sub> -Partialdruckdifferenz (Handbuch der Kadiotechnik)
Abbildung 17	Oxygenator mit integriertem Wärmeaustauscher und aufgesetztem Kardiotomiereservoir (Internet)
Abbildung 18	Rollerpumpe (Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis)
Abbildung 18.1	Rollerpumpe (Zeichnung) (Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis)