

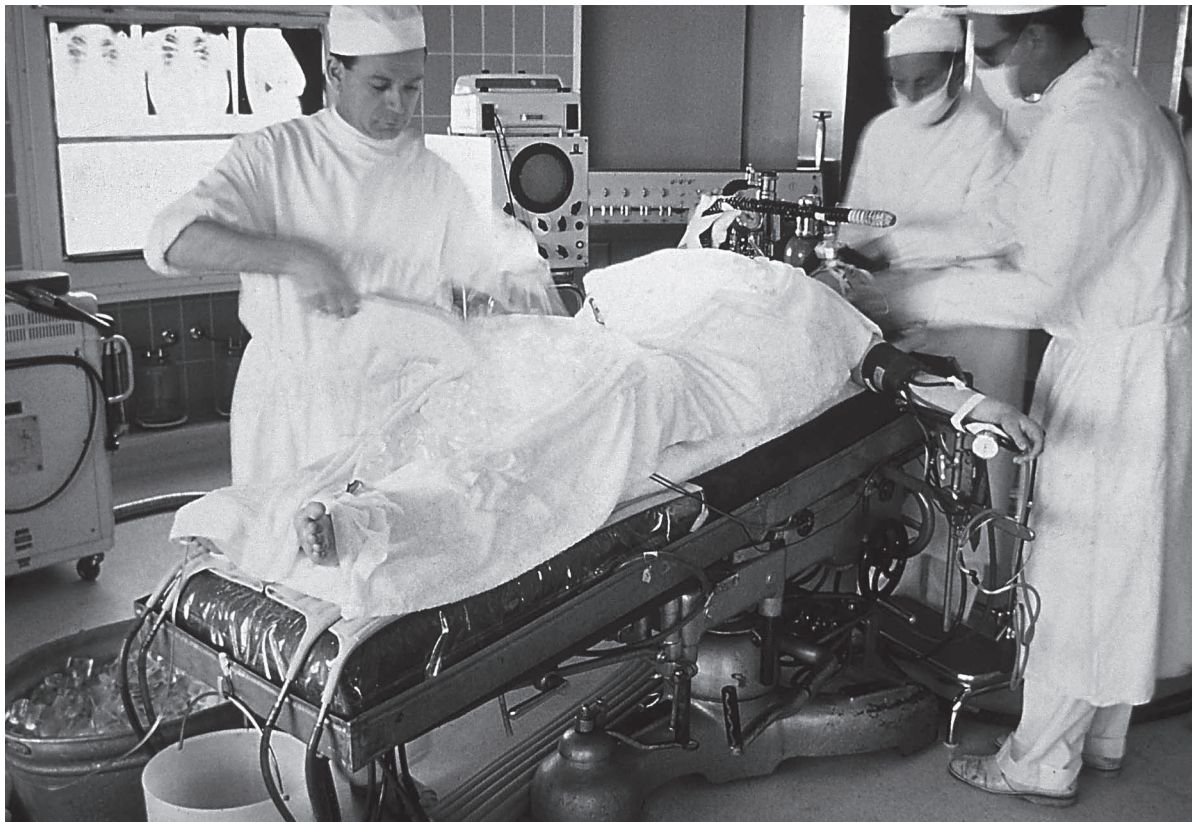


Abbildung 1: Hypothermie mit Eis und Kühlmatte auf OP-Tisch (Düsseldorf 1957)

1 57 Jahre Kardiotechnik in Deutschland – 1955–2012

PETER F. BÖTTGER

Wie alles begann

Weltweit wird als erste erfolgreiche Herzoperation die Herznaht einer penetrierenden Herzstichverletzung durch Ludwig Rehn in Frankfurt am Main am 9. September 1886 angegeben (Tab. 1).¹

Am 2. September 1952 führte Lewis in Minnesota die erste erfolgreiche offene Herzoperation in Oberflächenhypothermie durch.² Weitere Operationen am offenen Herzen unter Sicht fanden auch in Deutschland zunächst ausschließlich in Oberflächenhypothermie mit Eiskühlung statt.

Die ersten 30 Patienten in Düsseldorf wurden nach erfolgter ITN-Narkose in einer Badewanne, gefüllt mit Wasser und Eisstücken, auf ca. 30 °C abgekühlt, danach auf den Operationstisch gehoben und gelagert. Während der anschließenden Operation fiel die Temperatur langsam weiter ab – ohne dass es dabei zum Herzflimmern kommen durfte (Abb. 2).

Später wurde der Patient in Düsseldorf direkt auf dem OP-Tisch narkotisiert, mit Kühlmatten und mit Crushed-Eis in ein Badetuch eingepackt und gekühlt. Das Aufwärmen begann direkt nach Aortenabklemmung mit Wärmematten, die 40 °C warm waren (Abb. 1).

Das Abkühlen eines Erwachsenen dauerte damals mindestens 45 Minuten, das Wiedererwärmen mehr als 60 Minuten.

Am 9. Februar 1955 fand an der Universitätsklinik Düsseldorf die erste offene Herzoperation in Europa durch Derra und Zindler in Hypothermie statt.

Die dafür benötigten großen Eismengen mussten von J. Güttler und Kollegen noch mühsam aus großen, von der Industrie gelieferten Stangeneisblöcken zu kleinen Eisstücken verarbeitet werden. Maschinen zur Herstellung von Eiswürfeln oder Crushed-Eis gab es damals in der Klinik noch nicht. Es folgten weitere sieben Kliniken, die in den nächsten zwei Jahren diese Technik in Deutschland anwandten: Berlin, Bonn, Erlangen, Freiburg, Gießen, Göttingen, Hamburg.³

Mit Abkühlung der Patienten auf ca. 25–30 °C konnten, bei abgeklemmter Aorta und schlagendem Herzen, zeitlich limitiert, valvuläre Pulmonalstenosen und Vorhofseptumdefekte operiert werden. Die Kreislaufunter-

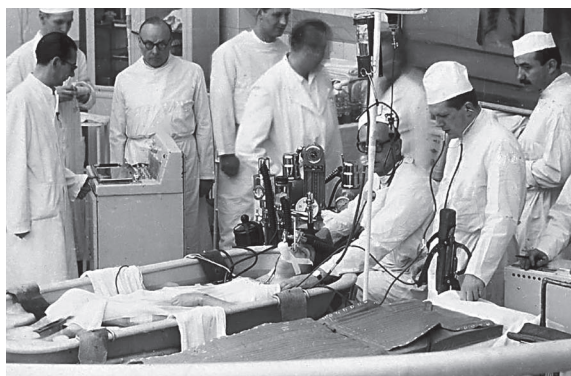


Abbildung 2: Oberflächenhypothermie in Eiswanne (Düsseldorf 1955)

9. 9. 1886	Frankfurt: Erste Herznaht	Rehn
9. 8. 1951	Turin: 1. partieller Bypass mittels HLM	Dogliotti und Constantini
2. 9. 1952	Minneapolis: 1. Herz-OP in Oberflächenhypothermie	Lillehei und Lewis
6. 5. 1953	Philadelphia: 1. erfolgreiche Herz-OP mit HLM	Gibbon und Gibbon
26. 3. 1954	Minneapolis: 1. Herz-OP in gekreuzter Zirkulation	Lillehei
9. 2. 1955	Düsseldorf: 1. Herz-OP in Oberflächenhypothermie in DE	Derra und Zindler
19. 2. 1958	Marburg: 1. erfolgreiche Herz-OP mit HLM in DE	Zenker und Borst
Es folgten:		
14. 6. 1958	Gießen	Voßschulte
1. 10. 1958	München	Zenker
18. 10. 1958	Berlin	Linder
21. 2. 1959	Düsseldorf	Derra
22. 7. 1959	Erlangen	Hegemann
9. 3. 1960	Göttingen	Koncz
20. 2. 1962	Leipzig	Herbst
3. 4. 1952	Halle (Saale)	Schober

Tabelle 1: Erstoperationen am Herzen und ausgewählte Ersteingriffe unter dem Schutz der Herz-Lungen-Maschine

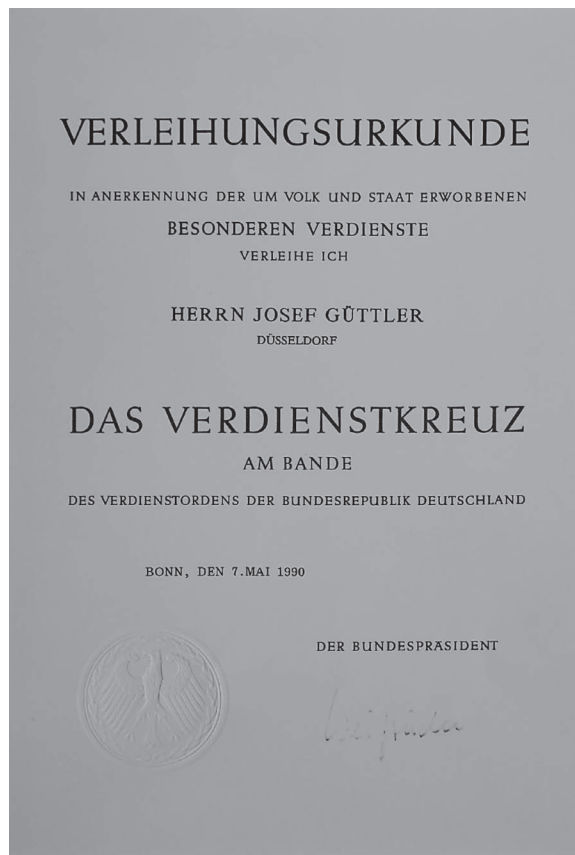


Abbildung 3: Urkunde Verdienstkreuz am Bande für J. Güttler 1990

brechung war bei diesen Operationen auf einige Minuten begrenzt. Mit dieser Methode wurden in Düsseldorf bis 1986 insgesamt 1896 Operationen durchgeführt. Dies ist das weltweit größte Krankengut (Abb. 4). Von Anfang an dabei war Josef Güttler, zuerst als OP-Pfleger, seit 1958 als HLM-Pfleger. 1952 begann Bücherl (Göttingen) mit der Entwicklung einer Herz-Lungen-Maschine (HLM) und habilitierte sich 1955 mit diesem Thema.⁴ Bücherl setzte diese HLM 1957 in Göttingen ein, leider verstarben beide Patienten nach einigen Tagen.

Am 18. Februar 1958 erfolgte die erste erfolgreiche Operation mit Einsatz der HLM in Marburg durch Prof. Zenker. Die Bedienung der HLM erfolgte damals durch den Assistenzarzt Dr. H. G. Borst.⁵

Ab Oktober 1958 kam in Berlin (Linder) und ab 21. Februar 1959 auch in Düsseldorf (Derra) jeweils eine Mayo-Gibbon-HLM zum klinischen Einsatz (Kosten der HLM damals 220 000,- DM).

Mit seinen, schon ab 1955 als OP-Pfleger bei Herzoperationen in Hypothermie gesammelten Erfahrungen kam J. Güttler 1958 zum ärztlichen HLM-Team in Düsseldorf und wurde zum ersten Kardiotechniker in

Deutschland. Das heutige Ehrenmitglied des VdKD war auch Initiator, Gründungsmitglied und Mitglied des ersten Vorstands unseres Verbandes – also der „Vater der Kardiotechnik“ in Deutschland. 1973 ernannte die AmSECT J. Güttler zu ihrem Honorary Member. Anlässlich seiner 25-jährigen Kardiotechniker-Tätigkeit wählte unser Berufsverband ihn zum 1. Ehrenmitglied. Am 7. Mai 1990 wurde Güttler für seine Verdienste um die Kardiotechnik mit dem Verdienstkreuz am Bande der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet (Abb. 3).

Nach einer gewissen Einarbeitungszeit übertrugen in Düsseldorf, wie auch an anderen Zentren, die Ärzte immer mehr Aufgaben auf das nichtärztliche Personal. In den folgenden Jahren übernahmen diese, inzwischen eingearbeiteten und qualifizierten „HLM-Pfleger“, wie sie damals genannt wurden, nach und nach das gesamte Aufgabengebiet der extrakorporalen Zirkulation (EKZ). Seit dieser Zeit ist die Kardiotechnik eng mit der Herzchirurgie verbunden und hat sich zu einem neuen Spezialistentum entwickelt.⁶

Ab 1959 kamen in Düsseldorf die Kollegen E. Vesper, K. Böhmer und ab 1964 H. Gehle, H. Pfeiffer und G. Müller zum kardiotechnischen Team (Abb. 5, 6). So wurde Düsseldorf zur wichtigsten Keimzelle der Kardiotechnik in Deutschland. Viele der dort qualifizierten Kardiotechniker gingen in den folgenden Jahren als leitende Kardiotechniker an neu entstehende herzchirurg-

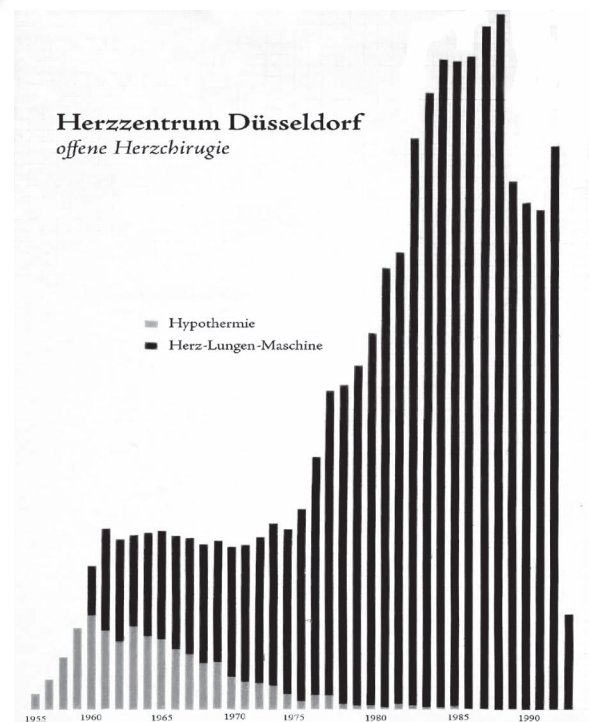


Abbildung 4: Herzoperationen in Hypothermie (hell) und mit HLM (dunkel) in Düsseldorf 1955–1986

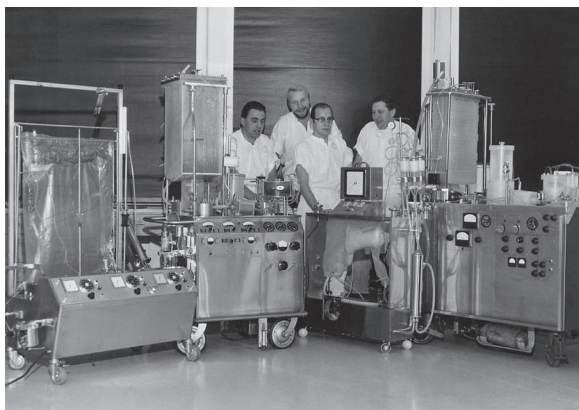


Abbildung 5: Kardiotechniker und HLM, Düsseldorf 1964
v. l.: J. Güttler, H. Pfeiffer, H. Gehle, E. Vesper
HLM: Weisshaar, Mayo-Gibbon II, Polystan, Mayo-Gibbon I

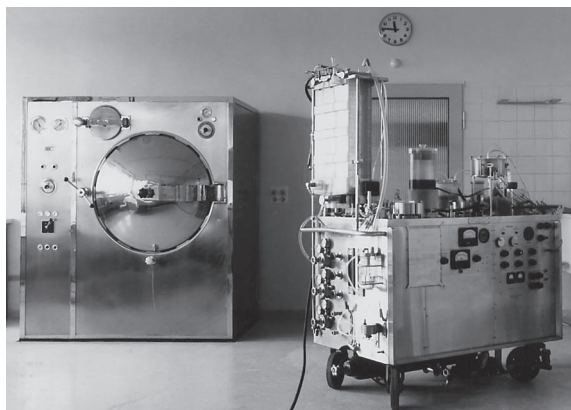


Abbildung 6: ETO-Gassterilisator (l.) und Mayo-Gibbon-HLM (r.), Düsseldorf 1960

gische Zentren (K. Böhmer nach Kiel; H. Gehle und H. Pfeiffer nach Bad Krozingen; H. Schmidt nach Essen; H. Hotter nach Innsbruck; D. Hintzen nach Hamburg, H. Teschner nach Duisburg; von Ratingen nach Oldenburg, A. Mesbahi nach Marrakech/Marokko; H. Schön nach Merida/Venezuela, R. Sporleder-Grubba nach Athen).

Vergleichbares galt auch an anderen Herzzentren, so z. B. in Göttingen, Erlangen und Essen. In Göttingen gab H. Bock sein Debüt als „Pumpentechniker“ am 9. März 1960 bei dem von Prof. Koncz durchgeführten ersten herzchirurgischen Eingriff mit HLM. Prof. Koncz wurde 1969 auch der erste Lehrstuhlinhaber für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie. Auch in Göttingen qualifizierte Kardiotechniker waren später leitende Kardiotechniker (J. Abel, Tübingen; H. Brieden, Bonn; U. Grzenkowski, Stuttgart; W. Jochem, Bad Homburg).

In Erlangen waren ab 1966 Fritz Wortmann und ab 1968 Peter Becker für den Einsatz der HLM (großes Erlanger HLM-Modell, Fa. Ulrich, und Mayo-Gibbon I) verantwortlich (Abb. 7, 8). Die erste Herzoperation in Hypothermie fand in Erlangen am 16. Februar 1959, die erste Operation mit Einsatz einer HLM am 22. Juli 1959 statt.

In Essen begann H. Schmidt nach seiner Ausbildung zum Kardiotechniker in Düsseldorf 1967 als leitender Kardiotechniker am Städtischen Klinikum. Mit den von ihm ausgebildeten Mitarbeitern H. Hees und P. Böttger (ab 1973 leitender Kardiotechniker in Frankfurt am Main) kam in Essen eine Weisshaar-HLM erstmals am 30. Oktober 1968 (OA Dr. Mannfeld) zum Einsatz, ab 1969 dann auch die Mayo-Gibbon-HLM (Abb. 11–13). Gleichzeitig liefen Entwicklung und Bau des ersten elektronischen Low-Level-Sensors zur Überwachung und Regelung des Blutspiegelstandes von Blasenoxxygenatoren

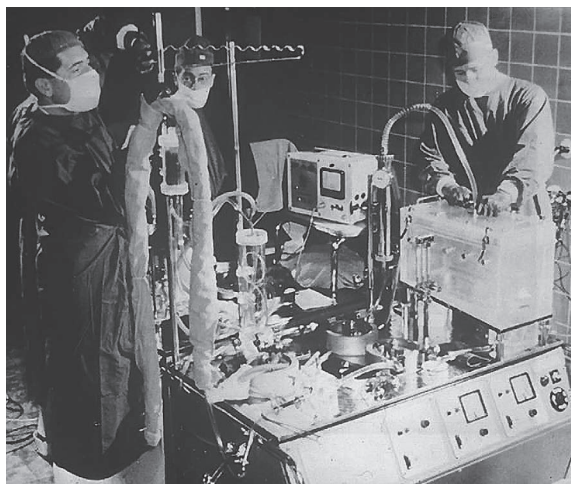


Abbildung 7: HLM Ulrich 1959 Erlangen (großes „Erlanger Modell“)

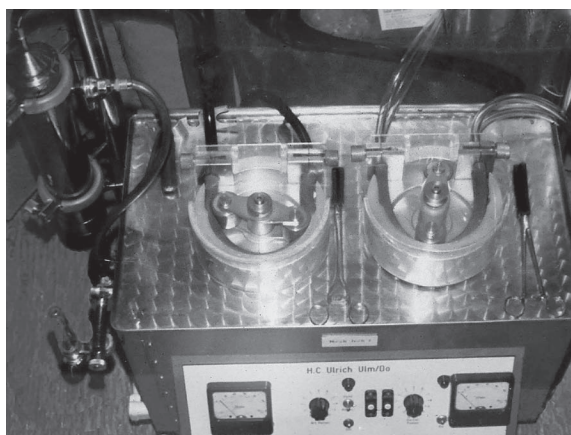


Abbildung 8: Ulrich HLM (kleines „Erlanger Modell, mit Wärmetauscher aus V2a-Stahl und Silikon-Rollenpumpen-Schläuchen“)

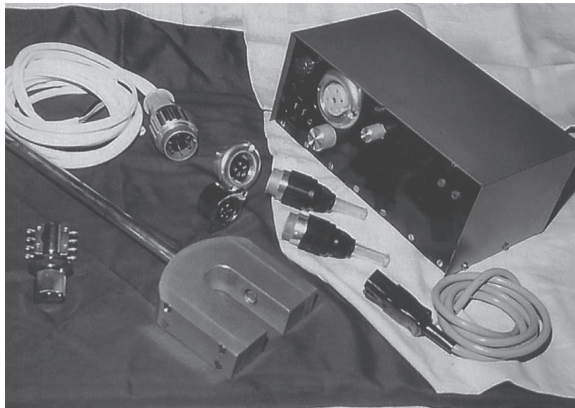


Abbildung 9: Erster Low-Level-Sensor, Essen 1968

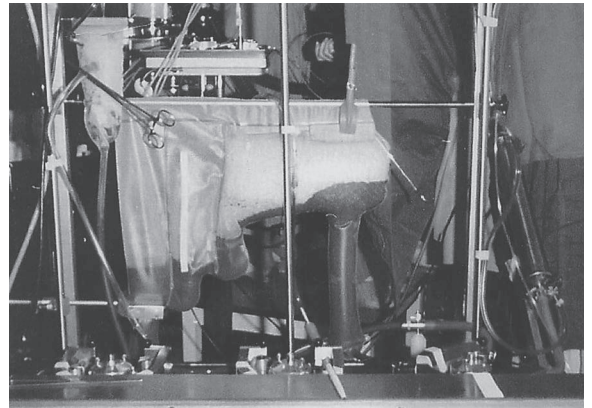


Abbildung 10: Einsatz an Rygg-BO, Essen 1968

(Rygg-Kyvsgaard von Polystan) durch H. Schmidt. 1968 erfolgte der Einbau in die Weisshaar-Herz-Lungen-Maschinen in Düsseldorf und Essen (Abb. 9, 10).

Eine weitere Entwicklung von H. Schmidt, einem geprüften Elektromaschinenbau-Meister, war seinerzeit

in Düsseldorf die Herstellung einer neuen Form von arteriellen und venösen Metallkanülen aus V2a. Diese Kanülen wurden jahrzehntelang an den Herzzentren Düsseldorf, Essen und Frankfurt eingesetzt und danach von der Firma Stöckert produziert. Ab 1969 wurden von

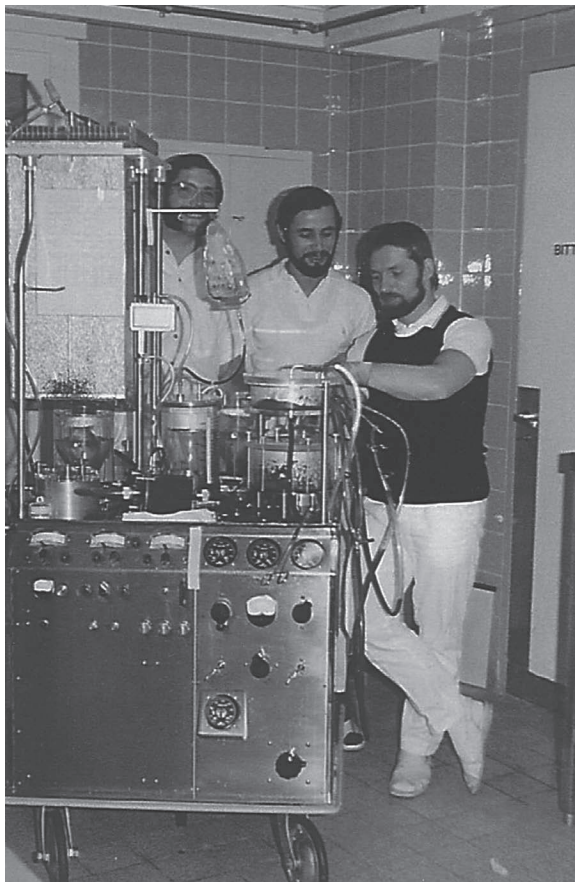


Abbildung 11: Mayo-Gibbon-HLM (v. l.: H. Hees, H. Schmidt, P. Böttger), Essen 1969

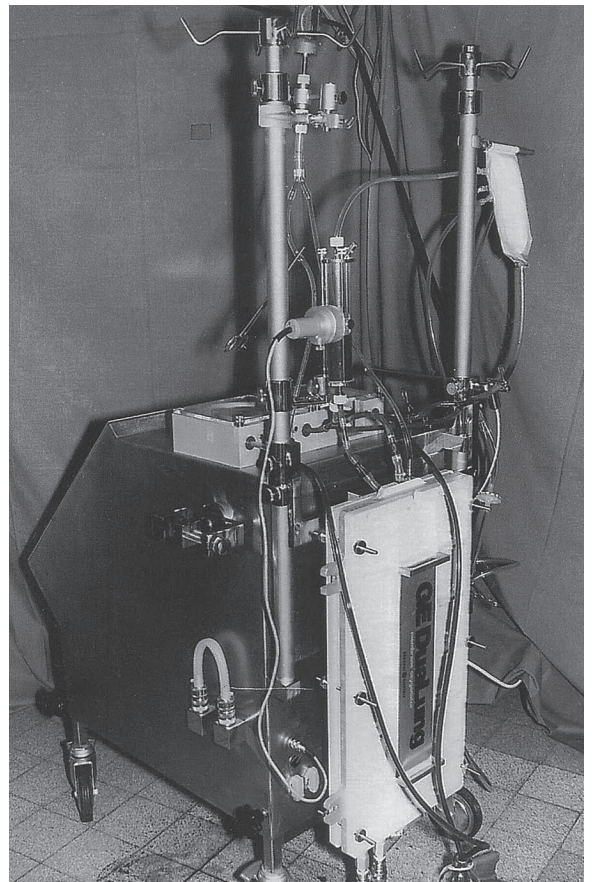


Abbildung 12: Stöckert Kinder-HLM nach Ideen und Vorschlägen von H. Schmidt, 1975

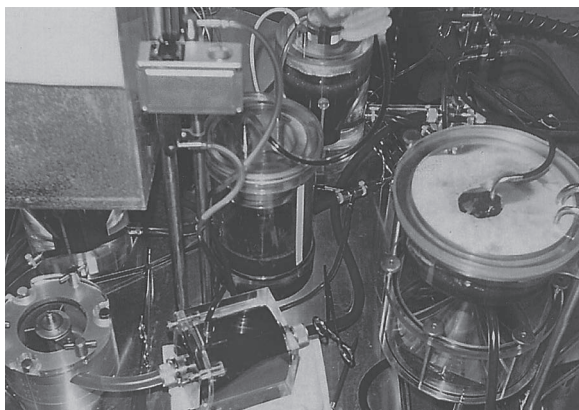


Abbildung 13: Arterielle Pumpe und arterieller Filter der Mayo-Gibbon-HLM

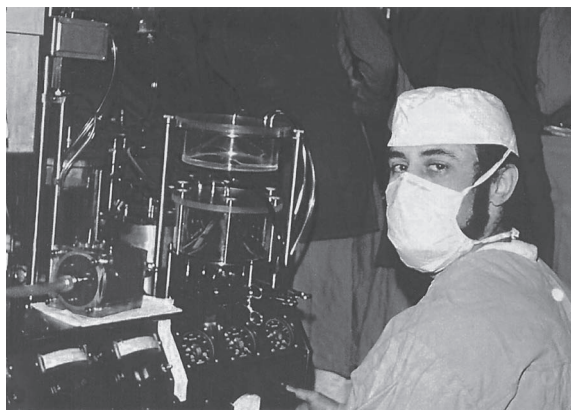


Abbildung 14: H. Schmidt an der Mayo-Gibbon-HLM, Essen 1969

H. Schmidt weitere Präzisionsteile, Kanülen, Verbinder und Instrumente für den Gebrauch bei Operationen entworfen und hergestellt. Sie fanden u. a. Verwendung bei den OPs des damaligen Direktors der Abteilung für Herz- und Thoraxchirurgie, Prof. Dr. P. Satter, und später bei Prof. Dr. Ch. Reidemeister.

Einstellungen und Justierungen der Pumpen, der Automatik, der zwei Vakuum-Sauger sowie Konfiguration, Sterilisation, Aufbau und Bedienung einer Mayo-Gibbon-HLM musste man sich aus einer 65 Seiten umfassenden Bedienungsanleitung selbst erarbeiten (Abb. 9, 10). Ab 1974 entwickelte die Fa. Stöckert nach Ideen und Vorschlägen von H. Schmidt eine Kinder-HLM mit einem System-Füllvolumen von 550 ml (Abb. 12).

Ab 1987 erfolgten Entwicklung und Anpassung von Schlauch-Systemen und Equipment für Lebertransplantationen durch H. Schmidt sowie die Durchführung der ersten zehn Lebertransplantationen mit Einweisung der ärztlichen und pflegerischen Mitarbeiter. Weitere Schritte waren die Bereitstellung von Perfusionssystemen und der Ersteinsatz einer ECMO auf der Intensivstation der Anaesthesie sowie der Einsatz von Extremitätenperfusionen für die Allgemeinchirurgie.

H. Schmidt entwickelte zudem ab 1988 mit Dr. Zerkowski, Dr. Doetsch und der technischen Abteilung in Essen ein transportables Organ-Perfusionssystem zur Entnahme von Herz und Lunge im Block für das laufende Transplantationsprogramm von Herz und Lunge (TOPSY). Um nicht mit einer kompletten HLM und einem Kühlgerät in weit entfernte Kliniken fahren zu müssen, bestand die Notwendigkeit, ein transportfähiges System zu schaffen, das folgende Bedingungen erfüllte: Es sollte möglichst klein, leicht zu bewegen und zu rollen sein. Das heißt, ein Transport in einem PKW-Kofferraum oder einem kleinen Hubschrauber und Learjet-Flugzeug

musste gewährleistet sein. Das komplette „TOPSY“ bietet auf kleinstem Raum die Kombination von Technik und Monitoring einer HLM mit einem Hochleistungskühlsystem und voller Mobilität unter Nutzung jedes verfügbaren Transportmittels. Zunächst erfolgte die Er-

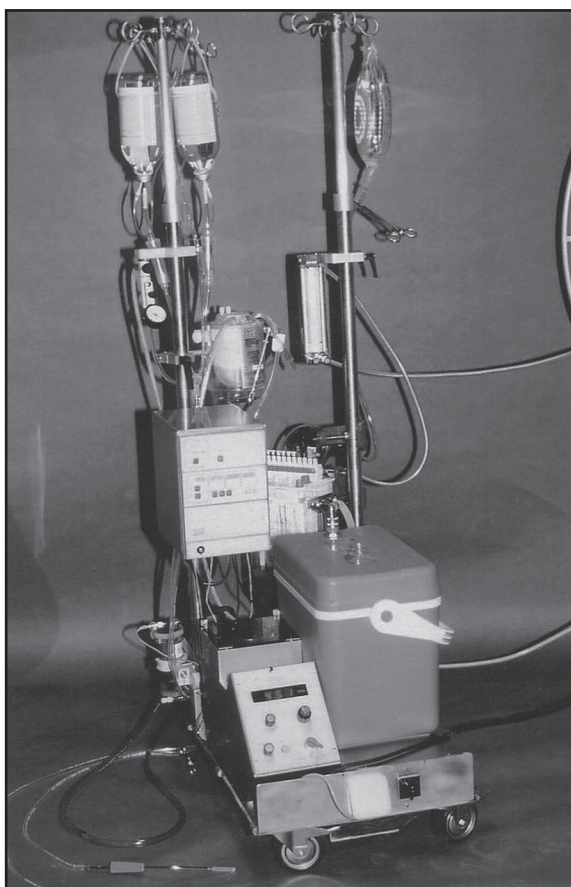


Abbildung 15: Transportables Perfusionssystem zur Entnahme von Herz und Lunge im Block (TOPSY)



Abbildung 16: Transportables Perfusionssystem zur Entnahme von Herz und Lunge im Block (TOPSY)

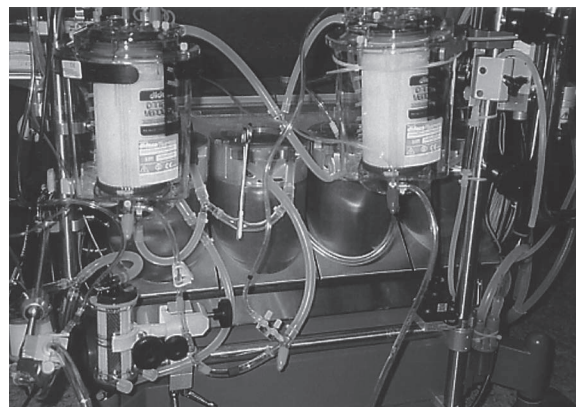


Abbildung 17: Biventrikuläres System ohne Oxygenator zum Einsatz bei koronaren Bypassoperationen

probung im Tierversuch und anschließend die klinische Anwendung (Abb. 15, 16).

2002 war H. Schmidt federführend am Aufbau und klinischen Einsatz eines biventrikulären Systems ohne Verwendung eines Oxygenators beteiligt. Dieses System kam bei 24 koronaren Bypassoperationen zum Einsatz. Es bestand aus zwei Hartschalenreservoirs der Fa. Dideco, wobei je eines dem separaten offenen Lungenkreislauf und eines dem separaten offenen Körperkreislauf zur Drainage diente. Die beiden Kreisläufe wurden je über eine Rollenpumpe gesteuert. Als Pumpenkonsole wurde die HLM S III der Fa. Stöckert (München) mit dem dazugehörigen Online-Aufzeichnungsprogramm benutzt. Das war aufgrund einer deutlich aufwendigeren Bypassführung erforderlich (Abb. 17).

Aufwendiger Aufbau einer HLM

In den ersten Jahren waren Vor- und Aufbereitung, Reinigung und Sterilisation einer HLM mit großem Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden. Alle blutführenden Teile der HLM, einschließlich der Gitter- oder Plattenoxygenatoren, mussten nach jeder Operation zerlegt, gereinigt und in einem Formaldehydbad sterilisiert werden. Gassterilisatoren und Einmalartikel, wie z. B. fertige Schlauchsets und Oxygenatoren, aber auch Kanülen, Mehrweg-Hähne, Hahnbanken, Spritzen, Sauger und Filter wie sie heute von der Industrie angeboten werden, gab es zu dieser Zeit nicht. So legte man beispielsweise alle Einzelkomponenten der HLM in Düsseldorf in eine ca. 6 m³ große Stahlwanne. Gefüllt wurde die Wanne dann mit einer aus 40%iger Formaldehydlösung und Aqua Destillata hergestellten 11%igen Lösung. Bis zum nächsten Morgen mussten alle Teile dort so sterilisiert werden. Sollte die HLM

(Mayo-Gibbon I) gegen 8.30 Uhr einsatzbereit im Operationssaal stehen, mussten Güttler und Kollegen gegen 4.00 Uhr beginnen, alle Teile mit destilliertem Wasser zu spülen, mit sterilen Tüchern zu trocknen und zusammenzubauen.

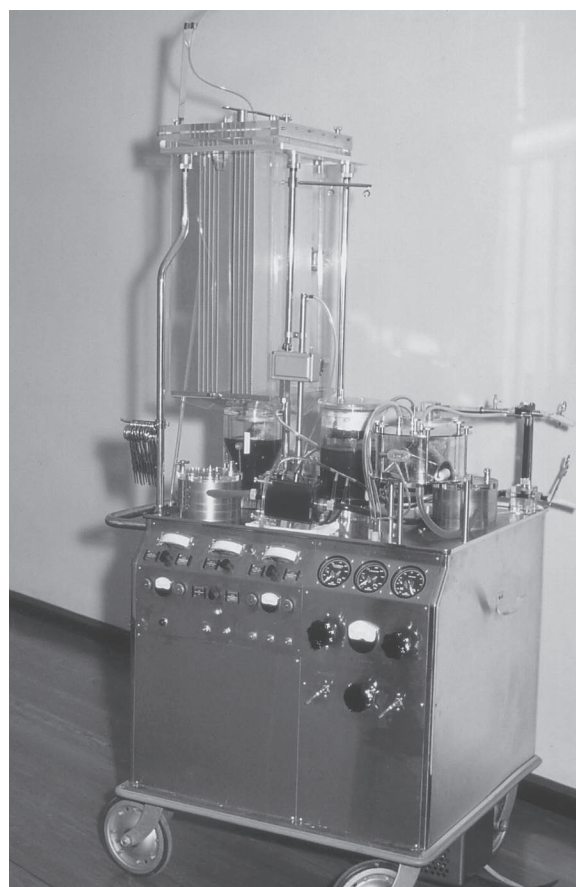


Abbildung 18: Mayo-Gibbon II mit Film-Oxygenator (o. l.), Düsseldorf 1962

1962 wurde in Düsseldorf eine zweite, modifizierte und verbesserte Mayo-Gibbon-HLM II durch eine Spende des Deutschen Gewerkschaftsbundes angeschafft (Abb. 18). Heute steht diese HLM als historischer Schatz in der Klinik für Thorax- und Kardiovaskularchirurgie Düsseldorf in einer Plexiglas-Vitrine.

Das erste Modell der Mayo-Gibbon-HLM wird im Medizin-Historischen Museum in Ingolstadt ausgestellt. Weitere Entwicklungen in der Kardiotechnik führten bald zur Vereinfachung extrakorporaler Techniken. Blutförderpumpen wurden verbessert, die Sauerstoff-Transferleistungen und CO₂-Eliminationsraten künstlicher Lungen deutlich gesteigert.

HLM-Maschinenpark erweitert werden. Es folgten die HLM-Modelle „Rygg-Kyvsgaard“, „Weishaar“ und „Polystan“, Herz-Lungen-Maschinen, die speziell für die neuen Einweg-Oxygenatoren (Bubble- oder Gasdispersions-Oxygenatoren) zur Verfügung standen. Bei diesen Oxygenatoren erfolgt der Gasaustausch durch Einperlen von Sauerstoff in direktem Kontakt mit der venösen Blutsäule, erstmals in Deutschland eingesetzt in Göttingen 1963. Im Gegensatz dazu hatten Mayo-Gibbon-Maschinen „Film-Oxygenatoren“, bei denen der Blutfilm über Gitter oder Platten ausgebreitet und in einer mit Sauerstoff durchströmten Kammer oxygeniert wurde (Abb. 18).

Erste Bubble-Oxygenatoren (BO)

Bubble-Oxygenatoren wurden in den 1950er Jahren entwickelt (Abb. 19).

Seit 1963 standen sie zunehmend als Einmal-oxygenatoren zur Verfügung. Da die Zahl der Herzoperationen ständig stieg, musste auch in Düsseldorf der

Erste Membran-Oxygenatoren

In Düsseldorf entschied man sich 1970 für den „Bramson“-Membranoxygenator, den ersten MO mit einem integrierten Wärme-Austauschersystem. Allerdings war dieser Oxygenator kein Einmal-Oxygenator. Er musste für jede Operation in mühevoller Kleinarbeit

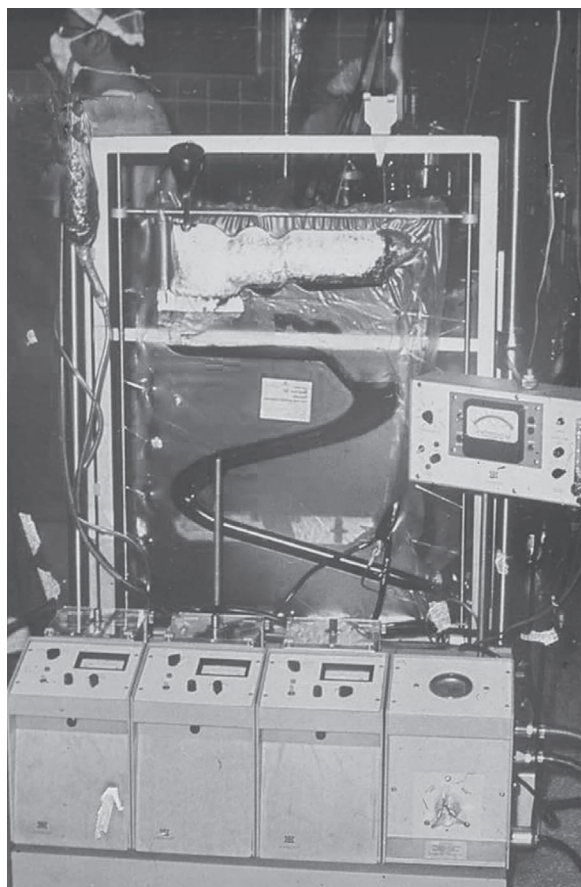


Abbildung 19: Travenol-Bubble-Oxygenator und HLM, Göttingen 1963

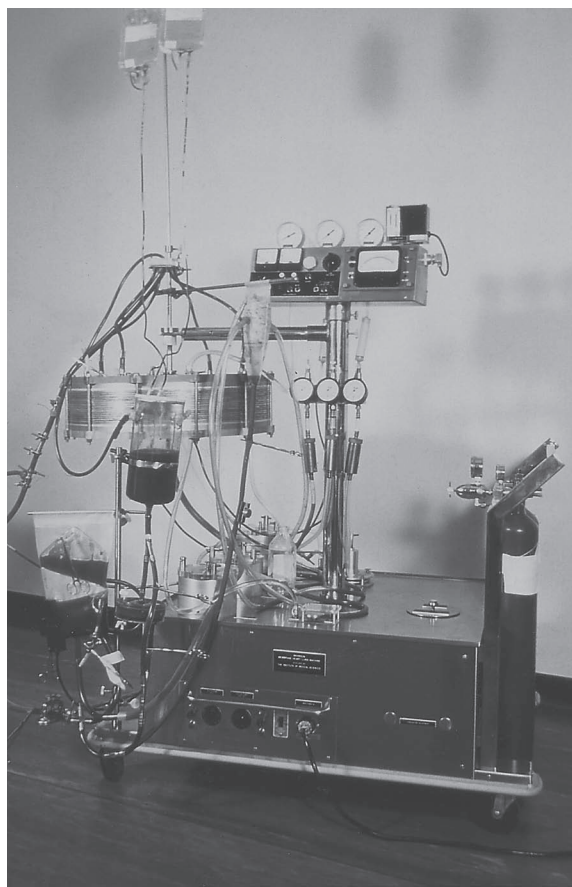


Abbildung 20: Bramson-MO (o. l.) und Bramson-HLM, Düsseldorf 1970

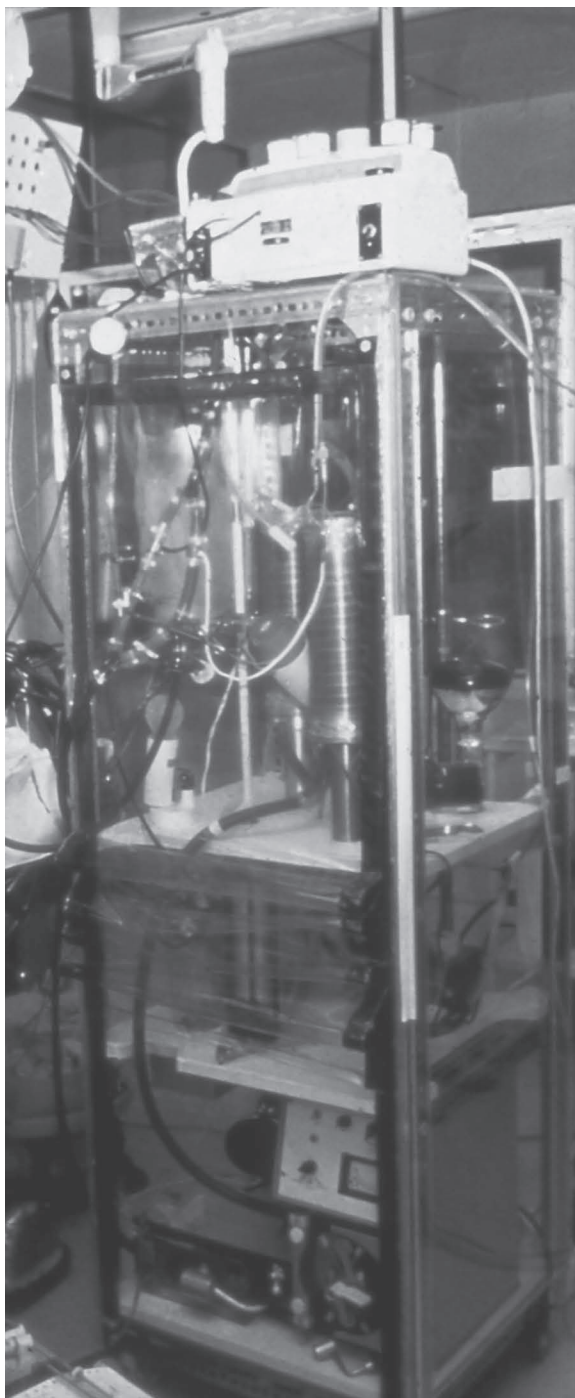


Abbildung 21: ECMO-Turm mit Kolobow-Silicon-MO, Düsseldorf 1970

in Form einer Trommel aus vielen Einzelkomponenten steril und auch wasserdicht zusammengebaut werden – ein Rückfall in Bezug auf den Arbeitsaufwand fast in die Ära der Mayo-Gibbon-Oxygenatoren! Diese „Bramson-Lunge“ erlaubte, wegen ihrer blutschonenden, effektiven Arbeitsweise, Langzeitperfusionen, die in Düsseldorf erstmals 1971 erfolgreich über 42 Stunden – für damalige Zeiten sensationell! – durchgeführt werden konnten (Abb. 20). Es war dies die fünfte erfolgreiche Langzeitperfusion mit einem Membranoxygenator weltweit.

Erste „ECMO-HLM“

Zur extrakorporalen CO₂-Elimination bei schwerem akuten Lungenversagen hat J. Güttler selbst unter Anleitung von Prof. K. Falke eine ECMO-HLM gebaut und aus Platzmangel auf der Intensivstation den Turmbau gewählt, unten eine Blutpumpe mit einem, durch Volumen gesteuerten, automatischen Pumpenstop, darüber die Gasversorgung mit Vakuum- und Befeuchtungsvorrichtungen, in der nächsten Etage ein Colobow-Membran-Oxygenator mit gerollter Silicon-Membran. Dieser Bereich blieb verschlossen und konnte so mit Hilfe einer Rotlichtlampe und Warmluftumwälzung auf den gewünschten Temperaturen gehalten werden. Dadurch war es möglich, auf einen externen Wärmeaustauscher, der die Fremdoberfläche zusätzlich vergrößert hätte, zu verzichten. Auf dem Dach folgte abschließend ein 6-Kanal-Temperaturmessgerät. Mit dieser Maschine haben J. Güttler und Kollegen Langzeitperfusionen bis zu 14 Tagen, z. T. erfolgreich, durchgeführt (Abb. 21).⁷

In Göttingen begann an der Chirurgischen Universitätsklinik Prof. Koncz am 28. Mai 1956 die offene Herzchirurgie mit dem Verschluss eines ASD im hypothermen Kreislaufstillstand. Ab 1957 gehörte H. Bock zum herzchirurgischen Team. Ab 1959 wurde in Göttingen mit einer Melrose-HLM experimentiert. Ab März 1960 konnten 41 Patienten mit Hilfe dieser HLM und 7 Patienten mit zusätzlicher Oberflächenhypothermie am offenen Herzen operiert werden. Bis 1964 wurden 135 Patienten mit diesem Verfahren behandelt.

Der Einsatz der HLM war in den Anfangszeiten auch in Göttingen eine aufwendige Angelegenheit. Bis auf die Schläuche wurden alle Teile des Systems wiederverwendet. Das bedeutete, dass nach jeder Operation eine langwierige Reinigung notwendig war. Die in Göttingen verwendete Melrose-HLM bestand aus einem Scheibenoxxygenator, Wärmetauscher, arteriellem Filter, Blutreservoir und Kardiotomie-Reservoir. Mit den Kanülen, Koronar-Saugern etc. waren mehr als 300 Einzelteile mechanisch unter fließendem Wasser zu reinigen. Nach der Reinigung kamen alle Teile für 20 Minuten in ein 5%iges

Natronlaugebad, um Eiweißrückstände zu eliminieren. Zur Neutralisation der Laugenrückstände wurden alle Teile kurz in ein Salzsäurebad getaucht und anschließend eine Stunde lang unter fließendem heißem Wasser gespült. Nach dem Wasserbad trockneten Bock und Kollegen alle Teile sorgfältig und tauchten sie in ein Azeton-Silikonbad, um durch den Silikonfilm gut benetzbare Oberflächen zu erhalten. Oxygenator, Wärmetauscher und Filter wurden zusammengesetzt, sorgfältig verpackt und mit den dazugehörigen PVC-Schläuchen anschließend im Autoklaven sterilisiert. Für die ganze Aufbereitung benötigten mehrere Personen ca. vier Stunden. Vor der Operation wurden dann alle Teile unter sterilen Bedingungen mit den Schläuchen verbunden und die HLM aufgerüstet. Vor der endgültigen Blutfüllung füllte man das System mit Kochsalz-Lösung und spülte durch Rezirkulation der Lösung. Das Priming der HLM erfolgte anschließend mit 6–8 Konserven Heparin-Blut. Wegen der kurzen Haltbarkeit des Heparin-Blutes wurde das Fremdblut, genau wie die zusätzlich benötigten 6–8 Zitratblut-Konserven, am Morgen des Operationstages den eigens dazu einbestellten Blutspendern entnommen.

Bis Ende 1962 wurden ausschließlich Kinder mit kongenitalen Herzvitien operiert. Die Oxygenierungsleistung des Melrose-Oxygenators war für diese Eingriffe ausreichend. Bei den ersten erwachsenen Herzklappen-Patienten genügte die Sauerstofftransfer-Kapazität dieses Oxygenators jedoch nicht. Eine zweite HLM mit einem Kay-Cross-Scheiben-Oxygenator war allein auch nicht leistungsfähig genug. Mit der Kombination beider Maschinen konnte das Problem der Oxygenierung gelöst werden (Abb. 22).

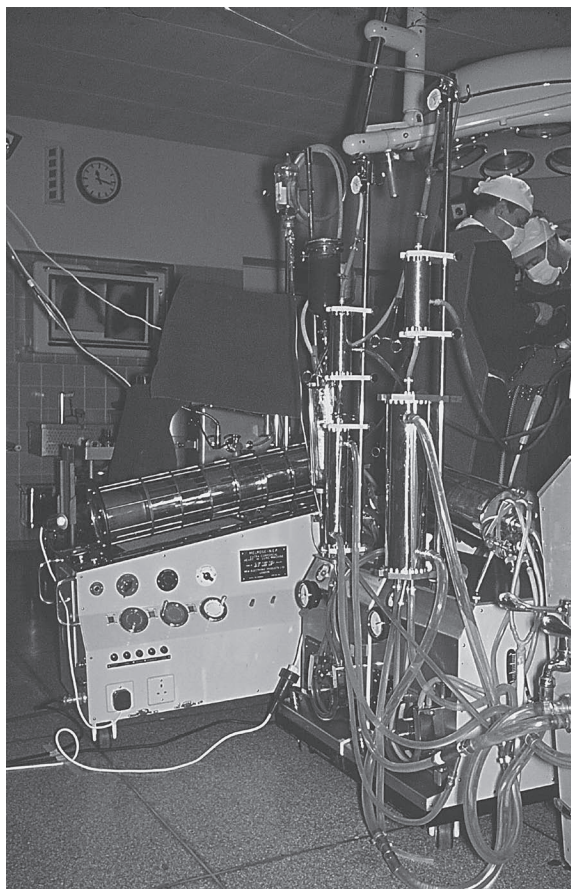


Abbildung 22: Melrose-HLM mit zweiter HLM mit Kay-Cross-Scheiben-Oxygenator, Göttingen 1962

Hoher Fremdblutbedarf und fehlende Blutbanken

Zur Füllung beider Herz-Lungen-Maschinen benötigten Bock und Kollegen allerdings 10–12 Frischblut-Konserven. Die Beschaffung dieser großen Blutmengen war sehr problematisch und erforderte den Aufbau einer eigenen „Blutbank“. Die Blutspender wurden überregional gesucht. Für 125 Herzoperationen, die in Göttingen im Jahre 1963 durchgeführt werden konnten, benötigte man mehr als 2000 Frischblut-Konserven! Die Blutbeschaffung wurde so zum limitierenden Faktor bei der Zunahme der dringend erforderlichen Herzoperationen und man suchte auch in Göttingen nach anderen Wegen, um eine Steigerung der Operationszahlen zu erreichen.

Bubble-Oxygenatoren verdrängen Film-Oxygenatoren

Ab Oktober 1963 erfolgte in Göttingen (und erstmals in Deutschland) der Einsatz von Bubble-Oxygenatoren zum Einmalgebrauch. Die anfänglich zur Füllung des extrakorporalen Systems benötigten vier Konserven Frischblut wurden bei erwachsenen Patienten durch zwei Zitratblutkonserven und je eine Flasche Ringer-Laktat und 5%iger Glukose ersetzt.

Der BO als Einmal-System (disposable) verdrängte sehr bald die wiederverwendbaren (reusable) Film-Oxygenatoren. Mit dem Bubble-Oxygenator fand zudem die Haemodilution als zweite wichtige und neu etablierte Methode zunehmend Platz in der Perfusionstechnik. Ab 1973 setzte H. Bock in Göttingen auch den Landé-Edwards-Membran-Oxygenator ein (Abb. 23). Dabei waren bis zu vier parallel geschaltete Membran-Einheiten mit insgesamt 16 m² Membranoberfläche erforderlich, um eine ausreichende Oxygenierung zu gewährleisten.

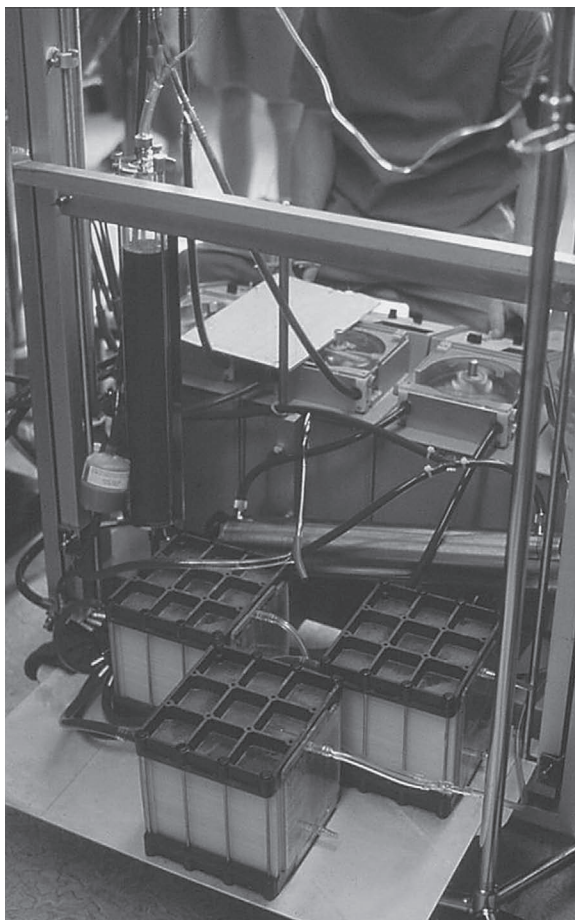


Abbildung 23: Drei Membranoxygenatoren in Serie geschaltet, Göttingen 1973

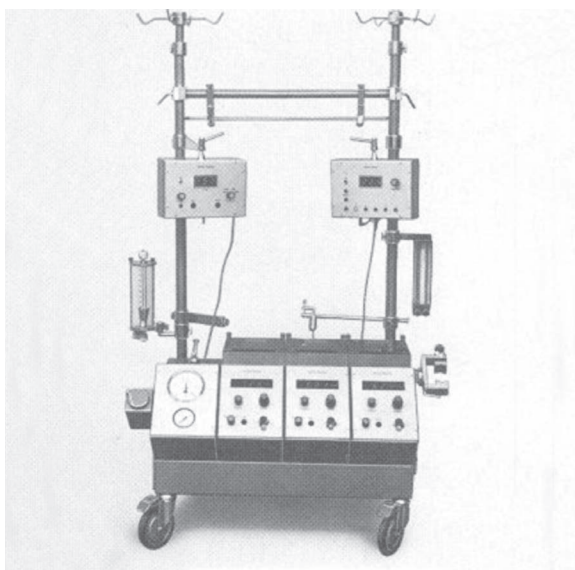


Abbildung 24: Erste modulare HLM mit Bubble-Detektor, Low-Level-Sensor und Hochdruck-Stop, Fa. Stöckert 1973

1970 gab es fünf Kliniken (Düsseldorf, Erlangen, Göttingen, Hamburg und München), die mehr als 500 Herzoperationen pro Jahr durchführten.⁸

Erster Einsatz kardioplegischer Lösungen

Der Einsatz kardioplegischer Lösungen zum Schutz des Herzmuskels vor operationsbedingten ischämischen Schädigungen erfolgte seit 1967 zur Protektion des Myokards. Diese von Prof. Bretschneider (Göttingen) ab 1966 experimentell entwickelten kardioplegischen Lösungen verlängerten die Ischämietoleranzzeit des Herzmuskels signifikant. Erstmals eingesetzt wurden sie von Prof. Sondergaard in Aarhus.

Auf Anregung von P. F. Böttger organisierte H. Bock (Göttingen) ein erstes Symposium „Kardioplegie“ unter der Leitung von Prof. Bretschneider. Dies führte zum Durchbruch der Kardioplegie in Deutschland. Damit waren die ersten Phasen der frühen Perfusionstechniken im Wesentlichen abgeschlossen. Was folgte, waren ab 1970 immer weitere Verbesserungen der bestehenden Systeme. Kontinuierliche Messungen und Kontrollen der Perfusionsabläufe führten zu immer größerer Sicherheit und zur Standardisierung der extrakorporalen Zirkulation (Low-Level-Sensor, Bubble-Detektor, Hochdruck-Stop etc.; Abb. 24).

Prof. B. J. Messmer (Aachen) hat schon früh auf die große Bedeutung der Kommunikation zwischen Chirurgie, Anästhesie und Kardiotechnik während der Perfusion, aber auch davor und danach, hingewiesen, die im Idealfall eine echte Dreierbeziehung gewährleistet und ohne die auch eine sonst perfekte Perfusionstechnik nicht auskommt.⁹

Entwicklung der Blutpumpen an Herz-Lungen-Maschinen

Mit der Erfindung des geschlossenen Kreislaufs durch Frey und Gruber 1885 wurden aktive Pumpsysteme unabdingbar.¹⁰ Die ersten Pumpsysteme waren motorbetriebene Spritzenpumpen.

Ein Pumpsystem, das ohne Ventile einen gerichteten Blutstrom erzeugen konnte, war die Rollenpumpe. 1887 wurde diese Pumpe, die zur Bluttransfusion entwickelt worden war, von Allen zum Patent angemeldet. Truax stellte 1889 eine Weiterentwicklung vor.¹¹

Die bekannteste Modifikation erfolgte 1935 durch De Bakey. Diese Doppelrollenpumpe hat sich bis heute als weltweit am häufigsten eingesetzte Blutpumpe an Herz-Lungen-Maschinen durchgesetzt. Alternativ wurden in den 1970er Jahren von Rhone-Poulenc sogenannte

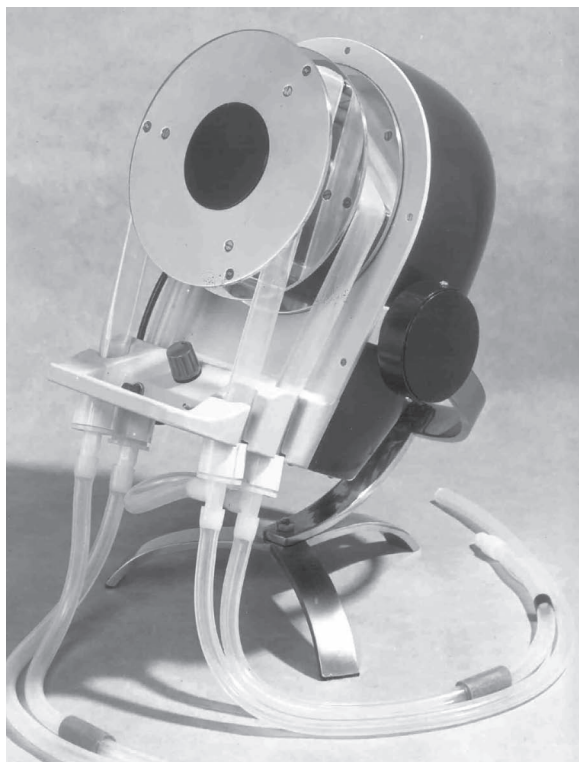


Abbildung 25: Rhône-Poulenc Peristaltikpumpe, 1973

Peristaltikpumpen entwickelt (Abb. 25), die zwar eine Flussmessung benötigten, dafür im Langzeiteinsatz mit Membranoxygenatoren sehr günstige Haemolyseparameter aufwiesen und das Risiko einer massiven Luftembolie minimierten.

Konkurrenz bekam die Rollenpumpe durch die Einführung von Zentrifugalpumpen ab 1960. Die Fa. Med-



Abbildung 26: Zentrifugpumpe, Medtronic, 1987

tronic konzipierte diese Pumpen zunächst als mechanische Kreislaufassistenten und implantierbare Pumpe. Ab 1985 wurden dann die heute noch eingesetzten Vortex Zentrifugalpumpen vom Typ BP-80 für den Erwachsenen- und vom Typ BP 50 für den pädiatrischen Einsatz vorgestellt. H. Bock (Göttingen) setzte als Erster ab 1985 Centrimed (Medtronic) BP 80 und Impellerpumpen (Sarns) als arterielle Pumpen bei Patienten mit Low output an der HLM ein (Abb. 25, 26). Ab 1987 erfolgte der Einsatz auch bei zu erwartenden Langzeitperfusionen und ab 1989 bei allen HLM-Operationen. In den vorangehenden Jahrzehnten waren Zentrifugalpumpen auch die am häufigsten eingesetzten Systeme zur uni- und bi-ventrikulären Kreislaufunterstützung.

Nach einer im Jahre 2000 veröffentlichten Umfrage werden heute in den USA mehr Zentrifugalpumpen als arterielle Pumpe an der HLM eingesetzt als Rollenpumpen.¹²

Anmerkungen

- 1 Rehn, L.: Über penetrierende Herzwunden und Herznaht. Archiv Klin. Chirurgie, 1887; Kongressband, S. 315–329.
- 2 Lewis, F. J.; Taufic, M.: Closure of a atrial septum defect with the aid of hypothermia: exper. Accomplishments and the report of one successful case, in: Surgery 1953, 33, S. 52–59.
- 3 Kliner, W.: Herzchirurgie – Herzzentren heute in Deutschland, in: Fortschr. Med., 88. Jg., 1970.
- 4 Bücherl, E.: Über ein künstliches Herz-Lungensystem. Göttingen, 1955.
- 5 Zenker, R.; Heberer, G.; Gehl, G.; Borst, H.; Beer, H.; Yeh, Y. H.: Zur Aufrechterhaltung der Organfunktion und des Stoffwechsels im extrakorporalen Kreislauf. Hamburg 1958, S. 289 und 294–302.
- 6 Doll, N.: Editorial, in: Kardiotechnik 2011/4, S. 103.
- 7 Güttler, J.: persönliche Information, am 14. April 2012.
- 8 Bock, H.: Die Entwicklung der Kardiotechnik in Deutschland, in: Kardiotechnik 1994/4, S. 7–10.
- 9 Messmer, B. J.: Wechselbeziehung der Chirurgie, Anaesthesie und Kardiotechnik während der Perfusion, in: Kardiotechnik 1978/1, S. 7–14.
- 10 Frey, M.; Gruber, M.: Ein Respirationsapparat für isolierte Organe. Physiologische Abteilung. Leipzig 1885, S. 519–532.
- 11 Truax, C.: The Allen surgical pump. Chas. Truax & Co., Chicago 1889.
- 12 Böttcher, W.: Historische Entwicklung der Blutpumpen, in: Kardiotechnik 2003/2, S. 55–61.



Abbildung 27: Anstecknadel des VdKD, aufgelegt zum zehnjährigen Gründungsjubiläum 1981