

# KARDIOTECHNIK

Perfusion · Monitoring · Organprotektion ·  
Medizinische Informatik · Elektrostimulation

Offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik e. V.

The Official Publication Organ of the German Society for Cardiovascular Engineering

Dezember 2009  
18. Jahrgang/Heft

# 4



**RAUMEDIC**  
Lifeline to Health

**ORIGINALARBEITEN** Mini-ECC vs. konventionelle ECC, eine Betrachtung von venöser Sauerstoffsättigung, Hämoglobin, Hämatokrit und Cardiac Index

*T. Döbele, G. Schwirtz, B. Gahl, D. Mauth, C. Endres, F. Eckstein*

Balancierte Infusionslösungen mit metabolisierbaren Anionen zeigen keine Vorteile für die extrakorporale Zirkulation

*J. Gehron, M. Wolff, A. Böning*

Messung des „endtidalen“ CO<sub>2</sub> an der Herz-Lungen-Maschine

*C. Klüb, H. Keller, K.-H. Oeinck, M. Diefenbach, R. Meinert, M. Koch, J. Meier, D. Meininger, K. Zacharowski, A. Moritz*



### Herausgeber, Verlag/Editor, Publisher

Kardiotechnik Verwaltungsgesellschaft mbH, D. Lorenz, Bad Nauheim

### Mitherausgeber und Redaktion/Co-Editors and Editorial Staff

M. Foltan, Regensburg; J. Gehron, Gießen (Schriftleiter); E. Kranke, Würzburg; T. Leusch, Düsseldorf; G. Morche, Hamburg;  
A. Vehling, Rottenburg; U. Wolfhard, Essen; M. Wollenschläger, Bad Nauheim. Autorenbetreuung: N. Doetsch, Köln

### Wissenschaftlicher Beirat/Editorial Board

A. Bauer, Coswig; C. Benk, Freiburg; M. Beyer, Augsburg; F. Beyersdorf, Freiburg; I. Friedrich, Halle, M. Günnicker, Essen;  
G. Haimerl, Villingen-Schwenningen; H. Keller, Frankfurt; K. Klak, Bochum; R. Körfer, Bad Oeynhausen; A. Laczkovics, Bochum;  
A. Liebold, Rostock; J. Optenhöfel, Hannover; U. Schirmer, Bad Oeynhausen; F.-X. Schmid, Krefeld; C. Schmid, Regensburg;  
A. Thrum, Regensburg

Die Zeitschrift Kardiotechnik veröffentlicht im „Peer-review“-Verfahren Originalartikel, klinische und experimentelle Arbeiten, Fallberichte, Übersichtsreferate, Leserbriefe und Buchbesprechungen aus dem Bereich Perfusion, Monitoring, Organprotektion, Medizinische Informatik und Elektrostimulation.

The German Journal of Perfusion Kardiotechnik is a peer-reviewed journal. It publishes original articles, clinical and experimental papers, case reports, review articles, letters to the editors and book reviews in the field of perfusion, monitoring, organ protection, computer science in medicine and electric stimulation.



### Titelbild

Die RAUMEDIC AG ist seit 50 Jahren bewährter Schlauchlieferant der Kardiotechnik und Innovationsführer auf dem Gebiet neuer bio- und blutkompatibler Materialien.

Grafik: A. Orth, P. Saar, Freiburg

### Heft 1/2010

#### Erscheinungstermin

13.2.2010

Einsendeschluss für

● redakt. Beiträge

16.11.2009

● Anzeigenaufträge

11.1.2010

### Heft 2/2010

#### Erscheinungstermin

25.5.2010

Einsendeschluss für

● redakt. Beiträge

22.2.2010

● Anzeigenaufträge

22.4.2010

### Inhalt

### Seite

<b>Editorial</b> .....	92
<b>Mini-ECC vs. konventionelle ECC, eine Betrachtung von venöser Sauerstoffsättigung, Hämoglobin, Hämatokrit und Cardiac Index</b>	
<i>T. Döbele, G. Schwirtz, B. Gahl, D. Mauth, C. Endres, F. Eckstein</i> .....	93
<b>Balancierte Infusionslösungen mit metabolisierbaren Anionen zeigen keine Vorteile für die extrakorporale Zirkulation</b>	
<i>J. Gehron, M. Wolff, A. Böning</i> .....	97
<b>Messung des „endtidalen“ CO<sub>2</sub> an der Herz-Lungen-Maschine</b>	
<i>C. Klüß, H. Keller, K.-H. Oeinck, M. Diefenbach, R. Meinert, M. Koch, J. Meier, D. Meininger, K. Zacharowski, A. Moritz</i> .....	101
<b>Erratum</b> .....	104
<b>Bücherjournal</b> .....	105
<b>Journal-Club</b> .....	105
<b>Fortbildung: Kälteerzeugung moderner Hypothermiegeräte – physik.-technische Betrachtung</b>	
<i>M. Pruckner, A. Vehling</i> .....	106
<b>Das Porträt: Sorin Group Deutschland GmbH</b> .....	108
<b>Aktuell: Weltweit erster klinischer Einsatz der neuen HLM C5 von Sorin</b> .....	110
TU Wien: Herzpumpe mit Luftantrieb .....	111
Heidelberger Herzchirurgen implantieren weltweit erstmals DeBakey Heart Assist .	111
<b>Klinikporträt: Herzchirurgische Klinik Heidelberg</b> .....	112
<b>Kongressnotizen: Symposium Kinderherz</b> .....	114
1. Fokustagung Herz .....	115
23. EACTS Annual Meeting .....	115
38. Internationale Fortbildungs- und Arbeitstagung der DGfK .....	116
<b>Stellenanzeigen</b> .....	116, V, 118
<b>Neues aus der Industrie</b> .....	117
<b>Mitteilungen der DGfK</b> .....	119
<b>Kongressstermine</b> .....	123
<b>Impressum</b> .....	123

Redaktion KARDIOTECHNIK  
im Internet: <http://www.dgfk.de>

Gelistet und indexiert in:  
Current Contents Medizin  
EMBASE – Excerpta Medica  
SCImago Journal & Country Rank  
SCOPUS

# Editorial



Liebe Leserinnen  
und Leser,  
liebe Kolleginnen  
und Kollegen,

im Juni 1971 haben sich 25 Kollegen aus 10 Universitätskliniken, die dort als nichtärztliches Personal die Herz-Lungen-Maschine bedienten, in Hamburg getroffen und den Verband der Kardiotechniker Deutschlands e. V. gegründet. Um die Gemeinnützigkeit zu erhalten, hat der Verband 1984 die Satzung geändert. Damit verbunden war eine Namensänderung in Deutsche Gesellschaft für Kardiotechnik e. V. Ich selbst war Gründungsmitglied und wir haben uns damals neben der standespolitischen Vertretung der Kardiotechniker die Organisation von Ausbildung, Fort- und Weiterbildung auf die Fahne geschrieben. Die Ausbildung der Kardiotechniker fand zu dieser Zeit noch ausschließlich berufsbegleitend statt. 1985 wurde ich auf der Mitgliederversammlung in Essen zum 1. Vorsitzenden unseres Verbands gewählt und konnte so die weitere Entwicklung in der Kardiotechnik mit Steuern und die Richtung entscheidend beeinflussen. Aus damaliger Sicht war die Schaffung einer qualifizierten Ausbildung vorrangig.

Das Tätigkeitsfeld unseres Berufs hat sich im Lauf der Jahre wesentlich erweitert und machte eine akademische Qualifizierung der Kardiotechniker erforderlich. Ich habe deshalb bereits 1985 Kontakt mit der Fachhochschule Aachen, Abt. Jülich, aufgenommen, um erste Gespräche über eine Ausbildung zum Kardiotechniker zu führen. 1996 wurde dann in Jülich der Schwerpunkt Kardiotechnik im Rahmen eines Studiengangs zum Diplom-Ingenieur ein-

gerichtet. 1998 folgte die FH Furtwangen, Abt. Villingen-Schwenningen, und 2005 die FH Münster, Abt. Steinfurt.

Die Notwendigkeit einer Ausbildung hat Prof. Hetzer ebenfalls früh erkannt und deshalb bereits im April 1988 die Akademie für Kardiotechnik am Deutschen Herzzentrum Berlin gegründet. Mit der Einrichtung eines neuen Studiengangs „Kardiotechnik“ hat sich Berlin letztes Jahr den gestiegenen Anforderungen gestellt. Heute kann man sagen, dass das Ziel, für Kardiotechniker eine qualifizierte Ausbildung zu schaffen, erreicht ist.

Was wir noch nicht erreicht haben, ist die bundesweite staatliche Anerkennung. Trotz der erheblichen Anstrengungen, die wir bis heute unternommen haben, ist es bis zum Erreichen dieses Ziels noch ein mühseliger und beschwerlicher Weg.

Die erste Ausgabe der Zeitschrift KARDIOTECHNIK erschien bereits im Mai 1975 unter der Schriftleitung von Peter Böttger. Rund 15 Jahre lang erschien die Zeitschrift regelmäßig dreimal im Jahr, und ich selbst habe zu dieser Zeit einige Jahre in der Redaktion aktiv mitgearbeitet. 1989 wurde die Herausgabe der Zeitschrift aufgrund fehlender Manpower bedauerlicherweise vorübergehend eingestellt. 1991 ist es uns mit professioneller Unterstützung durch Herrn Gunter Morche gelungen, die Zeitschrift rundum zu erneuern. Die Zeitschrift befindet sich nun im 18. Jahrgang und ist bei Ärzten, Kardiotechnikern und der Industrie etabliert. An dieser Stelle

möchte ich mich bei allen Redaktionsmitgliedern, die diese Aufgabe ehrenamtlich verrichten, sowie bei allen, die an der Fertigstellung der Zeitschrift beteiligt sind, für die ausgezeichnete Arbeit ganz herzlich bedanken.

Ich selbst werde im nächsten Jahr in den Ruhestand gehen und habe deshalb auf der Mitgliederversammlung für die Wahl zum 1. Vorsitzenden nicht mehr kandidiert. Trotzdem werde ich aber die künftige Entwicklung in der Kardiotechnik interessiert weiterverfolgen. Meinem Nachfolger wünsche ich die nötige Geduld und Ausdauer für die anstehenden Aufgaben. Ich bin überzeugt, dass wir gemeinsam die Ziele erreichen können.

Gerhard Lauterbach,  
Köln

# Mini-ECC vs. konventionelle ECC, eine Betrachtung von venöser Sauerstoffsättigung, Hämoglobin, Hämatokrit und Cardiac Index

## ZUSAMMENFASSUNG

In unserem klinischen Alltag fällt auf, dass bei Mini-ECC-Systemen meist geringere Cardiac Indices ohne nachteilige Auswirkungen gefahren werden als an offenen ECC-Systemen. Diese Untersuchung zeigt, dass sich beim Einsatz von Mini-ECC-Systemen das Angebot an Sauerstoffträgern pro Zeiteinheit und Körperoberfläche – trotz eines geringeren Cardiac-Index-Wertes – nicht vom Angebot an einem offenen Standard-ECC-System unterscheidet. Dieses Phänomen erklärt sich durch die wesentlich geringere Hämodilution und dadurch höhere Hämoglobinkonzentrationen.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Venöse Sauerstoffsättigung, Hämoglobin, Hämatokrit, Cardiac Index, MECC, ECC

## ABSTRACT

In our clinical use of minimized ECC-systems, it's conspicuous that, without any disadvantages, mostly lower cardiac indices could be driven as in open ECC-systems. This study shows that the level of

oxygen carriers per time and bodysurface area in perfusions with minimized ECC is as high as in perfusions with open standard ECC-systems. The cause of this is the lower hemodilution and the resulting higher hemoglobin level.

## KEY WORDS

Venous oxygen saturation, hemoglobin, hematocrit, cardiac index, MECC, ECC

## EINLEITUNG

Minimierte, geschlossene Perfusionssysteme gibt es inzwischen in vielen Varianten und Ausführungen [11], auch wenn der Anteil der minimierten Systeme an der Gesamtzahl der Perfusionen nur langsam wächst. Verschiedene Untersuchungen mit diversen minimierten Perfusionssystemen haben in differenzierten Sättigungsmessungen und Untersuchungen gezeigt, dass die Sauerstoffversorgung der verschiedenen Organsysteme und Körpergewebe gewährleistet ist und die minimierten ECC-Systeme qualitativ hochwertige Perfusionen ermöglichen. [4, 9, 13, 14].

In unserer Klinik werden routinemäßig ein geschlossenes Mini-ECC-System

(MECC-System<sup>®</sup>, Minimal ExtraCorporeal Circulation System, Fa. Maquet Cardipulmonary AG, Hirrlingen) (Abb. 1) und ein offenes ECC-System (Terumo Advanced System 1<sup>®</sup>, Terumo, Deutschland) (Abb. 2) verwendet. In unserem klinischen Alltag fällt auf, dass während MECC-Perfusion ein tendenziell geringerer Fluss bzw. Cardiac-Index-Wert ausreicht, um eine adäquate Perfusion durchzuführen. Marker dafür sind: Perfusionsdruck, Blutgasanalyse, venöse Sauerstoffsättigung und das gute Outcome der Patienten [3, 4, 8, 10]. Dies widerspricht zum Teil der Erwartung, da z. B. eine Änderung des Cardiac Index eine Auswirkung auf die venöse Sättigung nach sich ziehen sollte [2, 12].

Es ist nun Ziel dieser Arbeit, einige mögliche Unterschiede zwischen dem MECC- und den ECC-Systemen zu untersuchen, zu quantifizieren und eine mögliche Erklärung für das Phänomen der offensichtlich nicht nachteiligen niedrigeren Perfusionsflüsse beim Einsatz von MECC-Systemen zu finden.

## MATERIAL UND METHODEN

In der Literatur besteht weitgehend Konsens, dass eine niedrige venöse Sauerstoffsätti-



Abb. 1: MECC-System mit M2-Messgerät



Abb. 2: Das ECC-System auf der Terumo Advanced System 1

gung mit einer mangelhaften Sauerstoffversorgung korreliert und damit während der ECC keine adäquate Perfusion erreicht wird [1, 6, 7]. Zur differenzierten Betrachtung der Gewebe- und Organsättigungen wurde neben dem Hämoglobinwert (HB) bzw. Hämatokrit (HKT) und dem Cardiac Index (CI) der relativ einfach zu erhebende Parameter der gemischtvenösen Sauerstoffsättigung (SvO<sub>2</sub>) als Indikator einer eventuell schlechten gesamtkörperlichen Sauerstoffversorgung bestimmt.

Im Rahmen der Untersuchung wurden die Daten von Operationen mit MECC (n = 10) und mit ECC (n = 10) mit dem Sättigungsmessgerät Modell M2 von Spectrum Medical (Spectrum Medical LLP, Cheltenham/GB) ausgewertet und analysiert. Bei allen Perfusionen beider Gruppen kam der Oxygenator Quadrox (Fa. Maquet Cardio-pulmonary AG, Hirrlingen) zum Einsatz.

Alle Operationen wurden in milder Hypothermie durchgeführt, Blasen-temperatur 32 °C. Ausschlusskriterien waren Kreislaufstillstand in tiefer Hypothermie (DHCA) und Gaben von Fremdblut vor und während der extrakorporalen Zirkulation (EKZ).

Die Patientenauswahl erfolgte innerhalb der Ausschlusskriterien konsekutiv. Da die unterschiedlichen ECC-Typen für unterschiedliche Eingriffe indiziert sind, ergibt sich zwangsläufig eine gewisse Ungleichheit in der Gruppenzusammensetzung, welche für diese Betrachtung von uns allerdings als nicht problematisch eingestuft und akzeptiert worden ist. Aus diesem Grund wurde auch auf eine Randomisierung verzichtet.

In der MECC-Gruppe (n = 10) befanden sich nur Patienten mit aortokoronarer Bypassoperation. Kardioplegischer Stillstand wurde mittels Single-Shot-Kardioplegie mit Cardioplexol® (Fa. Bichsel, Interlaken, Schweiz) erreicht. Die Gruppe beinhaltet 9 männliche Patienten und 1 weibliche Patientin mit einem Alter von 60,6 ± 10,4 Jahren. Die durchschnittliche Zeit der extrakorporalen Zirkulation lag bei 107,6 ± 30,9 Minuten, das Primingvolumen des MECC betrug 700 ml. Als Antrieb der MECC-Systeme wurden Rotaflow-Pumpen (Fa. Maquet) verwendet.

Die Vergleichsgruppe der offenen ECC (n = 10) setzt sich zusammen aus aortokoronaren Bypassoperationen (n = 2), isoliertem Aortenklappenersatz (n = 2) und verschiedenen kombinierten Eingriffen (n = 6). Das Primingvolumen am offenen ECC betrug 1600 ml. Als Kardioplegie wurde bei den reinen Bypassoperationen

Messzeitpunkte für die Auswertung	
T1	5 Minuten nach „Aorta zu“
T2	10 Minuten nach „Aorta zu“
T3	15 Minuten vor „Aorta auf“
T4	10 Minuten vor „Aorta auf“
T5	5 Minuten vor „Aorta auf“
T6	„Aorta auf“

Tab. 1: Definition der Messzeitpunkte

ein Single-Shot Cardioplexol verabreicht, bei den reinen Klappenoperationen sowie den kombinierten Operationen wurde als Initialdosis Cardioplexol verwendet, ergänzt durch Gaben von Blutkardioplegie nach Buckberg (Fa. Bichsel, Interlaken, Schweiz). Diese Patientengruppe umfasst 7 männliche und 3 weibliche Patienten im Alter von 73,4 ± 8,9 Jahren. Die durchschnittliche Perfusionszeit lag bei 107,7 ± 36,9 Minuten.

Nach Start der EKZ wurde das Spectrum-Medical-Sättigungsmessgerät mittels einer venösen Vergleichsblutgasanalyse justiert.

Für die Blutgasanalysen wurden i-Stat 1 Analyser Modell 300 (Fa. Abott/Fa. Axon-Lab, Baden, Schweiz) und i-Stat-CG8+-Kartuschen verwendet.

Nach dem Öffnen der Aortenklamme wurden keine Daten mehr miteinbezogen, da beim MECC-Verfahren nach Öffnen der Aortenklamme und dem meist sehr schnellen Einsetzen des Herzrhythmus das Herz sofort wieder einen Teil des Herzzeitvolumens (HZV) selbst übernimmt und somit keine vergleichbaren Daten mehr erfasst werden können (Tab. 1).

Die deskriptive Statistik besteht aus Mittelwert ± Standardabweichung für die Beschreibung der Patienten-Kollektive und die Messwerte während der Perfusion. Angesichts der kleinen Gruppen

wurde auf Angaben in Prozent verzichtet und die absolute Anzahl angegeben. Um die Unterschiede zwischen den Systemen ECC und MECC während der relevanten Operationsdauer vergleichen zu können, war es trotz der geringen Patientenanzahl notwendig, die Verläufe mit Messwiederholungs-analyse zu untersuchen (repeated measures ANOVA).

Die statistische Analyse wurde mit SPSS for Windows Version 15.0 (SPSS Inc., Chicago, USA) durchgeführt.

## ERGEBNISSE

Die x-Achsen aller Diagramme stellen die Messzeitpunkte T1 bis T6 dar.

Auf die Darstellung der Standardabweichungen wurde in den Diagrammen zugunsten der besseren Übersichtlichkeit verzichtet. Interessierte Leser können diese Informationen als Datentabelle beim Autor anfordern.

Der Verlauf des SvO<sub>2</sub> zeigt über alle Messpunkte gesehen in der Repeated-Measures-Auswertung keinen signifikanten Unterschied (p = 0,078).

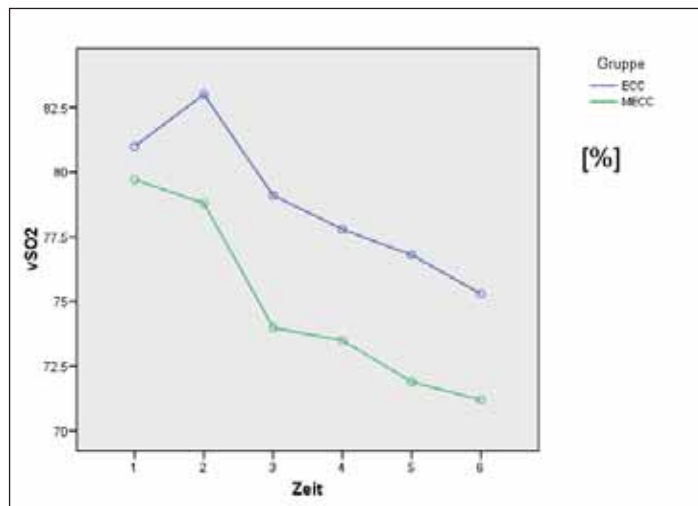


Abb. 3: Diagramm des SvO<sub>2</sub>-Verlaufs

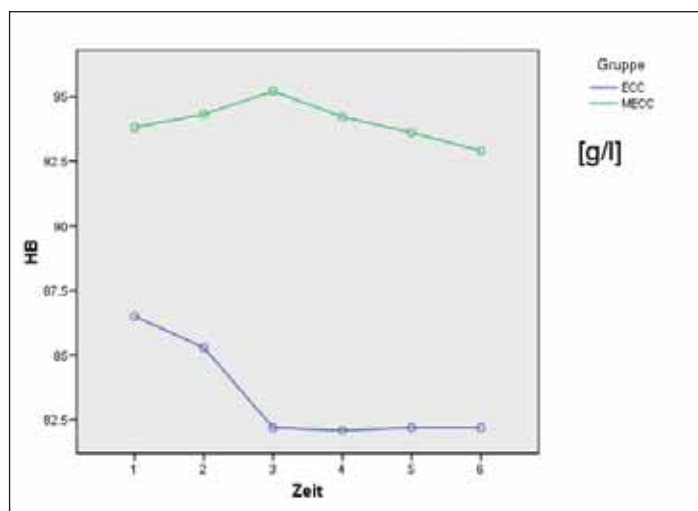


Abb. 4: Diagramm des HB-Verlaufs

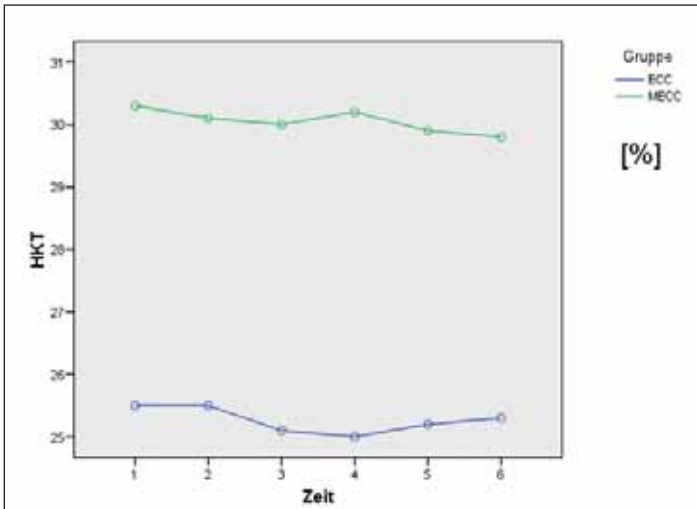


Abb. 5: Diagramm des HKT-Verlaufs

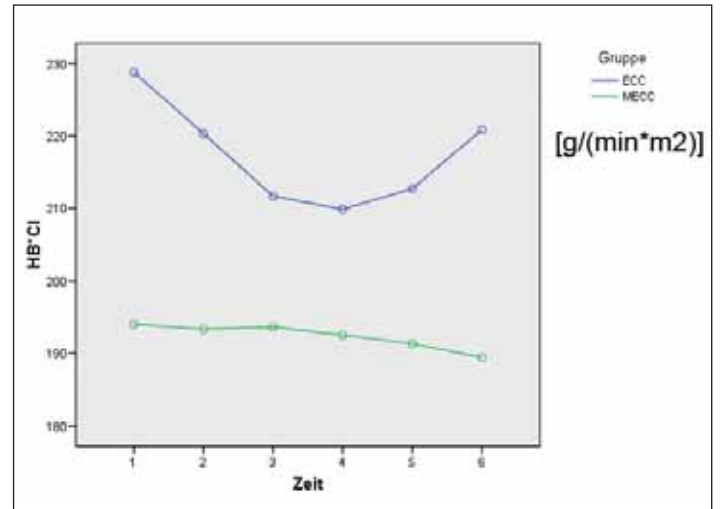


Abb. 7: Diagramm des HB\*CI-Verlaufs

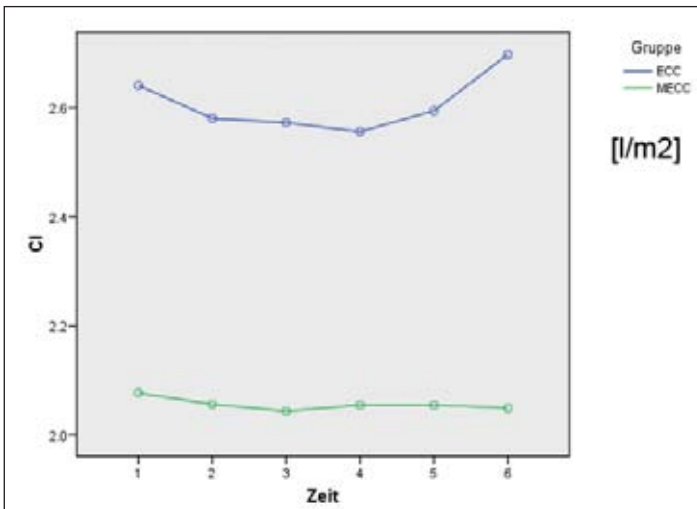


Abb. 6: Diagramm des Cardiac-Index-Verlaufs

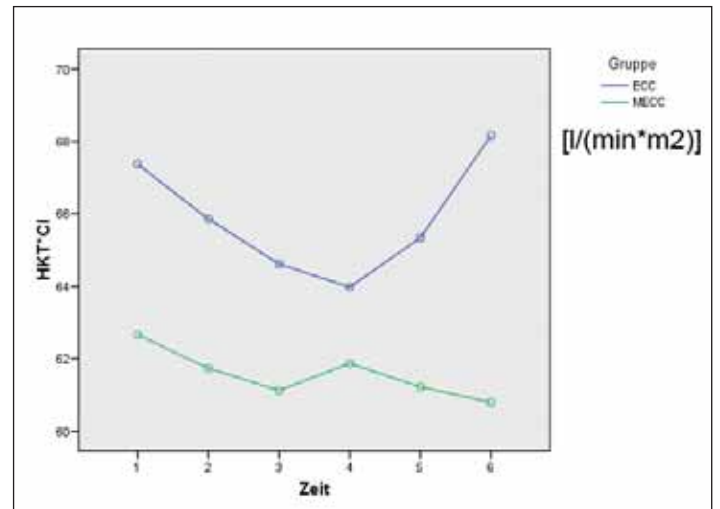


Abb. 8: Diagramm des HKT\*CI-Verlaufs

Der Mittelwert aller Messwerte ergibt für die MECC-Gruppe einen Wert von  $74,9 \pm 5,1$  % und für die ECC-Gruppe  $78,8 \pm 7$  % (Abb. 3).

Über alle Messpunkte gesehen sind die Verläufe von HB ( $p = 0,012$ ) sowie auch von HKT ( $p < 0,001$ ) in der Repeated-Measures-Auswertung signifikant unterschiedlich (Abb. 4).

Der Mittelwert aller HB-Messwerte ergibt für die MECC-Gruppe einen Wert von  $94 \pm 9,9$  g/l und für die ECC-Gruppe  $83,4 \pm 7,6$  g/l. Beim HKT ergeben alle Messwerte wiederum für die MECC-Gruppe einen Wert von  $30,1 \pm 2,3$  % und für die ECC-Gruppe  $25,3 \pm 1,1$  % (Abb. 5).

Der Cardiac-Index-Verlauf zeigt in der Repeated-Measures-Auswertung über alle Messpunkte hinweg gesehen einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen ( $p < 0,001$ ).

Der Mittelwert aller Einzelwerte über alle Messpunkte hinweg ergibt für die MECC-Gruppe einen Wert von  $2,06 \pm 0,18$  l/(min\*m<sup>2</sup>) und für die ECC-Gruppe  $2,61 \pm 0,34$  l/(min\*m<sup>2</sup>) (Abb. 6).

Das Produkt aus CI und HB zeigt die Menge des Hämoglobins pro Zeiteinheit und Quadratmeter Körperoberfläche, also die Menge Sauerstoffträger pro Minute und Quadratmeter KOF. Die statistische Auswertung ergibt für diesen Verlauf über alle Messpunkte hinweg gesehen lediglich eine grenzwertig knappe Signifikanz ( $p = 0,047$ ).

Der Mittelwert aller Einzelwerte über alle Messpunkte hinweg ergibt für die MECC-Gruppe einen Wert von  $192,4 \pm 18,1$  g/(min\*m<sup>2</sup>) und für die ECC-Gruppe  $217,4 \pm 34,3$  g/(min\*m<sup>2</sup>) (Abb. 7).

Bei der Betrachtung des Anteils aller zellulären Bestandteile im Blutvolumen in Verbindung mit dem Cardiac Index (HKT\*CI) ist in der Repeated-Measures-Auswertung über alle Messpunkte hinweg kein signifikanter Unterschied festzustellen ( $p = 0,165$ ).

Der Mittelwert aller Einzelwerte über alle Messpunkte hinweg ergibt für die MECC-Gruppe einen Wert von  $0,616 \pm 0,046$  l/(min\*m<sup>2</sup>) und für die ECC-Gruppe  $0,659 \pm 0,092$  l/(min\*m<sup>2</sup>) (Abb. 8).

## DISKUSSION

Der Abfall der SvO<sub>2</sub>-Werte in beiden Gruppen im Verlauf der Perfusionen erklärt sich aus dem erhöhten Sauerstoffbedarf beim Wiedererwärmen der Patienten (Messpunkte 3 bis 6).

Die gemessenen SvO<sub>2</sub>-Werte zeigen jedoch keinen signifikanten Unterschied zwischen der ECC-Gruppe und der MECC-Gruppe, trotz eines signifikant niedrigeren Cardiac Index bei Zirkulationen mit dem MECC-System. Dies überrascht, da speziell eine solch deutliche Änderung des Cardiac Index eine signifikante Auswirkung auf die venöse Sättigung haben sollte [2, 12].

Jedoch waren gleichzeitig sowohl HB als auch HKT am MECC-System signifikant höher, bei der Auswertung der Sauerstoffträger pro Zeiteinheit und m<sup>2</sup> KOF wurde nur ein grenzwertig signifikanter Unterschied festgestellt. Weitet man diese Betrachtung auf alle zellulären Blutbestandteile pro Zeiteinheit und m<sup>2</sup> KOF aus, ist kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen mehr nachweisbar.

Die Niveaus unterscheiden sich also kaum zwischen den beiden Perfusionsarten.

Da also die Anzahl der Sauerstoffträger bzw. die zellulären Blutbestandteile pro Zeiteinheit und m<sup>2</sup> KOF und die gemessenen venösen Sauerstoffsättigungen in beiden Gruppen annähernd gleich sind, ist es aufgrund der erhöhten HB- und HKT-Werte am MECC-System möglich, bei extrakorporalen Zirkulationen einen signifikant niedrigeren Cardiac Index zu fahren. Hierdurch wird die Quantität des Sauerstoffangebotes und damit der gesamten Sauerstoffversorgung nicht beeinträchtigt.

Diese Ergebnisse bestätigen die Daten einer dänischen Studie über normovoläme Hämodilution im Tierversuch. Dort konnte gezeigt werden, dass eine Senkung des HB durch normovoläme Hämodilution physiologisch mittels einer Erhöhung des Cardiac Output kompensiert wird, um das Sauerstoffversorgungsniveau, inkl. venöser Sauerstoffsättigung, stabil zu halten [5].

Diesem physiologischen Kompensationsmechanismus entsprechend ermöglicht die systembedingte, geringere Hämodilution des MECC-Systems im Vergleich mit dem offenen Standard-ECC-System eine adäquate Perfusion mit deutlich geringeren Perfusionsflüssen bzw. Herzminutenvolumina während des kardiopulmonalen Bypasses.

Der Effekt, mit geringerem Cardiac Index ein gleichwertiges Niveau an Sauerstoffträgern anbieten zu können, eröffnet in der Perfusionstechnologie der minimierten ECC-Systeme neue Ansätze zur Wei-

terentwicklung. Wenn man grundsätzlich niedrigere Cardiac Indices einkalkulieren und ansetzen kann und die Flüsse dementsprechend niedriger im Vergleich zum offenen Standard-ECC sind, ist auch der generelle Einsatz von kleineren Kanülengrößen denkbar oder auch der Einsatz von kleineren Oxygenatoren, welche die Größe der Fremdoberflächen und deren negative Effekte auf den menschlichen Organismus weiter reduzieren könnten. Dies eröffnet neue Perspektiven in der Entwicklung zukünftiger minimalisierter Bypasssysteme.

#### LITERATUR

- [1] Baraka A, Naufal M et al: Correlation between cerebral and mixed venous oxygen saturation during moderate versus tepid hypothermic hemodiluted cardiopulmonary bypass. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2006; 20(6): 819–825
- [2] Ho KM, Harding R, Chamberlain J: The impact of arterial oxygen tension on venous oxygen saturation in circulatory failure. *Shock* 2008; 29(1): 3–6
- [3] Immer FF, Ackermann A et al: Minimal extracorporeal circulation is a promising technique for coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2009; 87(1): 352–353
- [4] Immer FF, Pirovino C et al: Minimal versus conventional cardiopulmonary bypass: assessment of intraoperative myocardial damage in coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg* 2005; 28: 701–704
- [5] Krantz T, Warberg J, Secher NH: Venous oxygen saturation during normovolaemic hemodilution in the pig. *Acta Anaesthesiol Scand* 2005; 49(8): 1149–1156
- [6] Meineke M, Ott E et al: Clinical feasibility tests on a novel optical on-line blood monitoring sensor for cardiopulmonary systems. *Medical Laser Application* 2007; 22: 248–255

[7] Müller T, Pfeifer M, Muders F: Das Monitoring der zentralvenösen und gemischtvenösen Sauerstoffsättigung in der Intensivmedizin. *Intensivmedizin und Notfallmedizin* 2003; 40(8): 711–719

[8] Philipp A, Foltan M et al: MECC – ein minimiertes EKZ-System für ACB-Operationen. *Kardiotechnik* 2001; 1: 14–19

[9] Philipp A, Schmidt FX et al: Miniaturisierte extrakorporale Kreislaufsysteme. *Kardiotechnik* 2006; 1: 3–8

[10] Stalder M, Gyax E et al: Minimized cardiopulmonary bypass combined with a smart suction device: the future of cardiopulmonary bypass? *Heart Surg Forum* 2007; 10(3): E235–238

[11] Schmidt S, Philipp A et al: Mikroblassenaktivität in miniaturisierten EKZ-Systemen. *Kardiotechnik* 2007; 1: 8–12

[12] Vaughn S, Puri VK: Cardiac output changes and continuous mixed venous oxygen saturation measurement in the critical ill. *Crit Care Med* 1988; 16(5): 495–498

[13] Wegener K, Skrabal C et al: Zerebrale Oxygenierung und Auftreten von Mikroembolien unter minimierter EKZ. *Kardiotechnik* 2006; 1: 9–12

[14] Wiesenack C, Liebold A et al: Four years experience with a miniaturized extracorporeal circulation system and its influence on clinical outcome. *Artif Organs* 2004; 28(12): 1082–1088

Thomas Döbele  
Klinik für Herzchirurgie/Kardiotechnik  
Universitätsspital Basel  
Spitalstr. 21  
4031 Basel/Schweiz  
tdoebele@uhbs.ch

# Balancierte Infusionslösungen mit metabolisierbaren Anionen zeigen keine Vorteile für die extrakorporale Zirkulation

## Experimentelle Untersuchungen

### ZUSAMMENFASSUNG

Für das Volumenmanagement der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) stehen verschiedenste Infusionslösungen zur Verfügung. Aus produktionstechnischen und physikalisch-chemischen Gründen sind ein ausgeglichenes Elektrolytmuster und ein physiologischer Säure-Basen-Status nur näherungsweise möglich. Fehlende Pufferbasen und die damit entstehende Dilutionsazidose können durch metabolisierbare Anionen in den Lösungen kompensiert werden. Ob die Anionen für die Initialisierung der EKZ einen Vorteil zeigen, muss überprüft werden. In einem In-vitro-Blutkreislauf im Labormaßstab wurde der Beginn der EKZ bei Erwachsenen und Kindern mit konventionellen und balancierten Infusionslösungen simuliert und der Säure-Basen-Status bei der Interaktion von Priming und Patientenblut gemessen. In einer Serie von sechs Simulationen führte das pädiatrische Priming mit balancierten Infusionslösungen, die metabolisierbare Anionen enthielten, in der Initialphase der EKZ zu einem massiven pH-Abfall auf 7,1; der Effekt der Metabolisierung war in vitro nicht reproduzierbar. Konventionelle Lösungen dagegen zeigten bei der Initialisierung einen nahezu physiologischen Säure-Basen-Status im Modellkreislauf. Um Nebenwirkungen wie die Beeinträchtigung der myokardialen Kontraktilität durch niedrigen pH zu vermeiden, muss der Einsatz balancierter Lösungen für die EKZ sorgfältig abgewogen werden.

### SCHLÜSSELWÖRTER

Extrakorporale Zirkulation, Kreislaufsimulation, Volumentherapie, Azidose, Anionen, Metabolismus

### ABSTRACT

Priming solutions for cardiopulmonary bypass may contain a large variety of different infusion fluids. Due to technical and chemical reasons the electrolyte and acid base status of these solutions is only an approximation to their physiological basis. The

lack of buffering compounds with the developing dilutional acidosis may be compensated with balanced fluids containing metabolisable anions. Whether these fluids are advantageous for the initialization of cardiopulmonary bypass still was not assessed. With a small scale blood mock loop the initialization of adult and pediatric cardiopulmonary bypass was simulated. During the initialization the pH of the mock loop was measured with two different primings containing either conventional or balanced infusion fluids. Within repeated measurements balanced fluids showed a marked drop of the pH down to 7,1 during the pediatric simulation. The buffering effects of metabolisable anions could not be confirmed in vitro with this simulation. In contrast conventional fluids showed an almost physiological acid-base status during the simulation. As a low pH may compromise the myocardial contractility, the use of balanced fluids for cardiopulmonary bypass should be carefully considered.

### KEY WORDS

Cardiopulmonary bypass, mock circulation, fluid therapy, acidosis, anions, metabolism

### Einleitung

Für das Volumenmanagement der extrakorporalen Zirkulation (EKZ) steht dem Anwender eine Vielzahl verschiedenster Infusionslösungen zur Verfügung. Meistens überträgt er dabei Erfahrungen aus der Intensivtherapie. Nach wie vor vermischen sich größere Flüssigkeitsvolumina innerhalb kürzester Zeit mit dem Patientenblut. Allen Lösungen ist gemeinsam, dass sie neben einem physiologischen Elektrolytmuster und einer iso-osmotischen Wirkung vor allem einen physiologischen Säure-Basen-Status aufweisen müssen [1]. Trotz zahlreicher pharmazeutisch-technologischer Möglichkeiten sind die Eigenschaften von Vollblut bei der EKZ nicht zu erreichen. Der viel beobachtete Druckabfall zu Beginn der EKZ wird dabei auch deutlichen rheologi-

schen Veränderungen durch die plötzliche Dilution mit einem korrespondierenden Viskositäts- und Widerstandsabfall zugeschrieben. Neben rheologischen Effekten spielen aber auch physikochemische Effekte, die durch die pharmazeutische Herstellung vorgegeben sind, eine entscheidende Rolle [2]. So führen wasserbasierte Infusionslösungen zu einer Verdünnungs- oder Dilutionsazidose, die durch Zufuhr von Bikarbonat als Pufferbase korrigiert werden muss. Bereits 1948 konnten Shires und Holman qualitativ diese Azidose nachweisen, indem sie einem Hund 1,5 l einer NaCl-0,0%-Lösung infundierten und dabei einen pH von 7,2 erreichten [3]. Die Infusion gleicher Volumina  $\text{NaHCO}_3$ -8,4%-Lösung dagegen führte nicht zu einem pH-Abfall. Diese qualitativen Ergebnisse wurden in Folge durch mehrere quantitative Studien bestätigt. Bei allen wurde nach Infusion kristalloider bzw. kolloidaler Lösungen ein pH-Abfall auf bis zu 7,12 erreicht [4, 5].

Neben der fehlenden Pufferbase Bikarbonat in diesen Lösungen muss aber auch der Neutral-pH der Lösungen bedacht werden: Chemisch bedingt weisen wasserbasierte Lösungen einen niedrigeren Neutral-pH auf als Blut (< 7,0 vs. 7,4). Allein hierdurch ist bei der Infusion mit einem sofortigen pH-Abfall zu rechnen. Diese deutlichen Säure-Basen-Veränderungen sind aber nicht nur theoretisch-experimenteller Natur, sondern zeigen auch klinische Wirkungen. Tierexperimentell konnte gezeigt werden, dass bei einem pH von < 7,1 die myokardiale Kontraktilität deutlich abnimmt [6]. Gerade bei der EKZ für Neugeborene und Kinder, bei denen das Priming einen höheren Anteil am Gesamtvolumen hat, können diese Effekte nicht vernachlässigt werden. Verschiedene Arbeitsgruppen versuchten diese physikochemischen Gegebenheiten zu kompensieren, indem sie das Priming bereits vor Beginn der EKZ filtrierte oder Laktat-basierte Lösungen als Teil des Primings verwendeten [7, 8]. Laktat-basierte Lösungen verhindern allerdings eine qualitative Kontrolle der Perfu-



sionsqualität, da sie die Laktatbestimmung verfälschen. Durch eine Bikarbonat-gepufferte Hämofiltration des Primings ließ sich ein physiologischer Säure-Basen-Status erreichen, der gerade bei der Initialisierung der Kinder-EKZ wichtig ist.

Neue pharmazeutische Entwicklungen stellen metabolisierbare Anionen wie Azetat, Malat und Glukonat in Infusionslösungen zur Verfügung, die im Körper innerhalb von ca. 10 bis 15 Minuten unter dem Verbrauch von Protonen und Sauerstoff in der Leber und/oder in den Muskeln zu Bikarbonat verstoffwechselt werden. Das innerhalb dieser Zeit entstehende Bikarbonat wirkt dann antagonistisch zur entstehenden Dilutionsazidose. Praktisch alle Studien zu Infusionsregimen entstammen aber der Intensivtherapie, bei der sich die Verabreichung hoher Volumina auf Stunden bis Tage erstreckt. Die Initialisierung der EKZ dagegen, verbunden mit der Mischung hoher Volumina, findet innerhalb weniger Minuten statt.

Somit ergeben sich folgende Fragestellungen:

1. Wie gestalten sich physikochemische Effekte in Bezug auf den Säure-Basen-Status bei der Initialisierung der EKZ?
2. Lassen sich die alkalisierenden Effekte balancierter Infusionslösungen bereits bei der Initialisierung der EKZ nachweisen?

Mit einem experimentellen Blutkreislauf simulierten wir die Initialphase der EKZ und untersuchten Veränderungen des Säure-Basen-Status innerhalb der ersten Minuten nach EKZ-Beginn, indem wir konventionelle und balancierte Infusionslösungen als Priming einer Kinder- und Erwachsenen-EKZ mit Humanblut vermischten.

## MATERIAL UND METHODEN

Um die klinischen Bedingungen zu simulieren, übertrugen wir die Volumenverhältnisse zwischen Patienten und EKZ auf den Labormaßstab, die zeitlichen Abläufe des Modells entsprachen dabei den realen klinischen Abläufen. Wir gingen bei der Erwachsenen-Simulation von einem Patienten mit 70 kg Körpergewicht und einem Blutvolumen von 4,4 l aus. Bei der pädiatrischen Simulation orientierten wir uns an einem Patienten mit einem Körpergewicht von 13 kg und einem Blutvolumen von ca. 975 ml, bei dem erfahrungsgemäß ebenfalls ein blutfreies Priming möglich ist. Für beide Gruppen stellten wir Priminglösungen her, die zunächst aus konventionellen Infusionslösungen bestanden. Im zweiten Schritt ersetzten wir die kolloidale bzw.

kristalloide Komponente jeweils durch Lösungen mit metabolisierbaren Anionen. Nach Mischung entnahmen wir jeweils aliquote Anteile und bestimmten dreimal den pH-Wert des Simulationsprimings (Tab. 1).

Als Blutvolumen diente verworfenes Restblut der HLM, bei dem auf einen ausgeglichenen Säure-Basen-Status geachtet wurde.

Der Modellkreislauf mit ca. 50 ml Gesamtvolumen bestand aus einem Erlenmeyerkol-

Gruppe	Volumen (ml)		pH
	Klinik	Simulation	
<b>Adult_alt; pH 6,913</b>			
Ringer	1000	200	4,0–5,5
<i>Volufen 6 % konventionell</i>	250	50	
Humanalbumin 5 %	250	50	
Gesamtmenge	1500	300	
<b>Adult_neu; pH 6,677</b>			
Ringer	1000	200	5,6–6,4
<i>Tetraspan balanciert</i>	250	50	
Humanalbumin 5 %	250	50	
Gesamtmenge	1500	300	
<b>Ped_alt; pH 7,030</b>			
<i>Ringer konventionell</i>	500	76,9	5,0–7,0
Humanalbumin 20 %	150	23,1	
Gesamtmenge	650	100,0	
<b>Ped_neu; pH 5,830</b>			
<i>Sterofundin ISO balanciert</i>	500	76,9	4,6–5,4
Humanalbumin 20 %	150	23,1	
Gesamtmenge	650	100,0	

Tab. 1: Zusammensetzung der verschiedenen Priminglösungen mit den jeweiligen pH-Werten

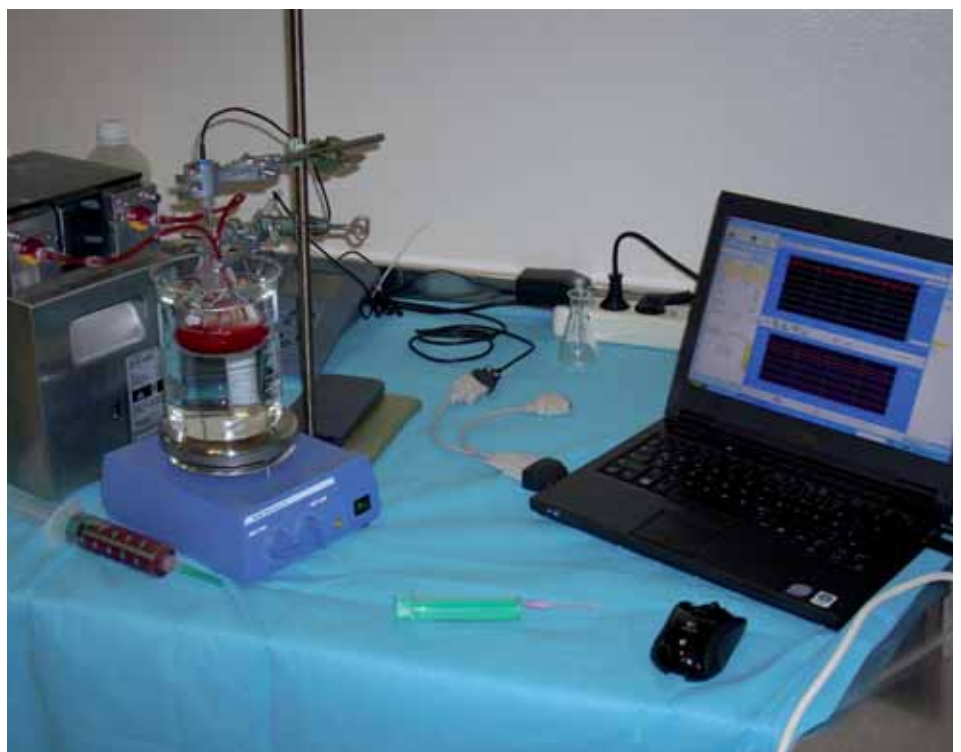


Abb. 1: Aufbau des Modellkreislaufs

ben im Erlenmeyerkolben im Wasserbad als intravasales Volumenkompartiment, das Blutvolumen wurde mit einer Rollenpumpe mit ¼"-Pumpenschlauch sowie 3-mm-Infusionsschläuchen zirkuliert (Abb. 1 und 2).

Nach Füllung des Modellkreislaufs mit Blut und einer Äquilibrierungsphase von 4 min zum Erreichen der Modelltemperatur von 36 °C bestimmten wir bei einem Fluss von 200 ml/min für 1 min den pH des Blutes mit einem pH-Meter inoLab® pH 730 (WTW GmbH, Weilheim). Die Initialisierung der EKZ erfolgte durch die Zugabe aliquoter Priminganteile (ebenfalls im Wasserbad erwärmt) über einen Zeitraum

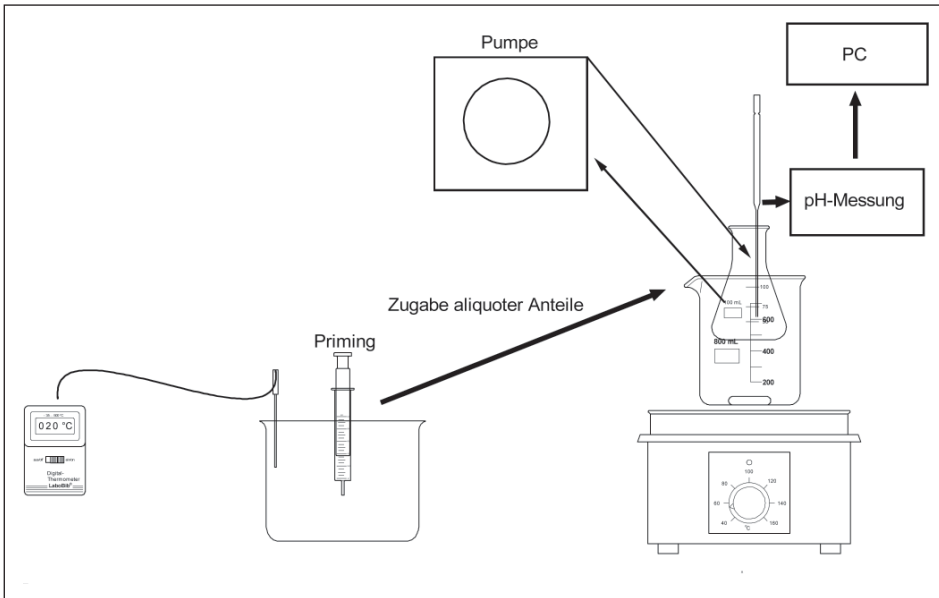


Abb. 2: Schematische Darstellung der Simulation

von einer Minute. Der Zugabe schloss sich eine weitere Messphase von 9 min an.

Die pH-Daten wurden über eine mit dem pH-Meter verbundene PC-Karte und mittels MultiLab pilot software 5.04 (WTW GmbH, Weilheim) visualisiert. Die Messungen fanden mit jeweils erneuertem Schlauchsystem und Volumina sowie gereinigten Behältern dreimal für jede Gruppe statt (Abb. 3).

mit einem pH von 7,03 sank der pH bei der Umstellung von konventioneller auf balancierte kristalloide Infusionslösung auf 5,83 (siehe Tab. 1). Die Simulation der EKZ-Initialisierung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Bei der Simulation der Erwachsenen-EKZ veränderte sich der pH im Modellkreislauf nach Zumischung des Primings nur geringfügig und blieb während der gesamten Versuchsdauer stabil (Abb. 4). Das

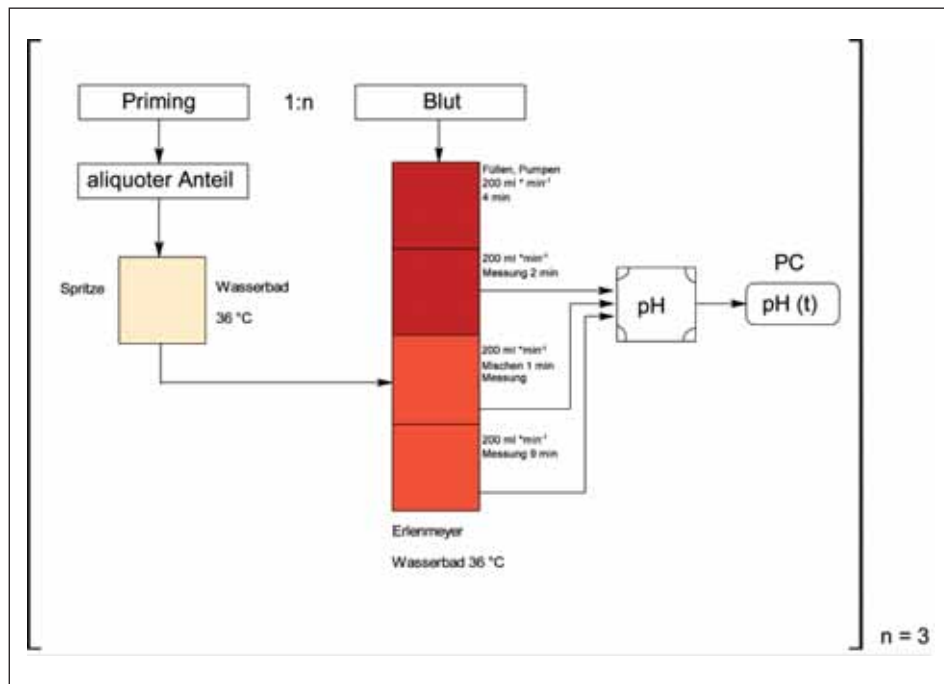


Abb. 3: Darstellung des Versuchsablaufs

## RESULTATE

Beim Erwachsenenpriming mit einem pH von 6,91 führte der Ersatz des konventionellen Kolloids Voluven durch das balancierte Kolloid Tetraspan zu einem pH-Abfall auf 6,67. Beim pädiatrischen Priming

Tetraspan-Priming zeigte sich dabei gegenüber dem Voluven-Priming über den gesamten Verlauf alkalischer (7,6 vs. 7,3).

Deutlichere Änderungen waren bei der pädiatrischen Simulation zu erkennen: Während bei der konventionellen Gruppe

nach Zugabe des Primings keine Veränderungen auftraten, fiel der pH nach Zugabe des balancierten Primings innerhalb von 15 bis 30 Sekunden von 7,3 auf 7,0 bis 7,1 und verblieb bis zum Ende der Simulation auf diesem niedrigen Niveau (Abb. 5).

## DISKUSSION

Die in allen Gruppen niedrigen pH-Werte der Priminglösungen reagierten unterschiedlich bei den Simulationen: Bei den ersten drei Simulationen reichten die Puffereigenschaften des Modells aus, um den pH auf physiologischem Niveau zu halten. Ersetzte man im pädiatrischen Priming die konventionelle kristalloide Lösung durch eine balancierte, fiel der pH innerhalb von 15 bis 20 Sekunden auf 7,1 nach Zumischung des Primings. Die Puffereigenschaften konnten den deutlich niedrigen Neutral-pH des Primings nicht mehr kompensieren, die Dilutionsazidose bestand bis zum Versuchsende. Die gewonnenen Daten bestätigen damit ältere Daten über die Entstehung einer Dilutionsazidose bei der Zufuhr hoher Infusionsvolumina.

Bereits Wakim stellte 1970 fest, dass die Kochsalzlösung NaCl 0,9 % weder normal noch physiologisch ist [9]. Produktionstechnische Gründe führen auch heute noch dazu, dass Natrium- und Chloridgehalt dieser Lösung über der physiologischen Norm liegen und zu einer erhöhten Chloridzufuhr führen, die indirekt auch zu der bereits erwähnten Azidose beiträgt. So hat sich in der klinischen Praxis die Zufuhr von Pufferbasen als probates Mittel durchgesetzt, um die entstehende Dilutionsazidose bei der Zufuhr hoher Flüssigkeitsvolumina zu kompensieren. Durch neuere balancierte Infusionslösungen mit einem geringeren Chloridgehalt und metabolisierbaren Anionen soll gerade bei der Intensivtherapie die Dilutionsazidose vermieden werden, da innerhalb weniger Minuten durch die Verstoffwechslung der Anionen Pufferbasen zur Verfügung gestellt werden können. Hier zeigen sich die Grenzen des Modells: Eine Metabolisierung von Anionen in vitro innerhalb der ersten Minuten lässt sich nicht bestätigen. Die Metabolisierung der Anionen findet in der Leber und in den Muskeln statt, die dieses Modell nicht simulieren kann. Andererseits ermöglichen die Grenzen des Modells die Erkennung physikochemischer Effekte, die bei vorhandener Metabolisierung nicht möglich sind. Ein pH-Abfall auf 7,1 ist gerade zu Beginn der EKZ nachteilig. Da in vivo die Alkalisierung durch die metabolisierten Anionen erst nach 10 bis 15 Minuten ein-

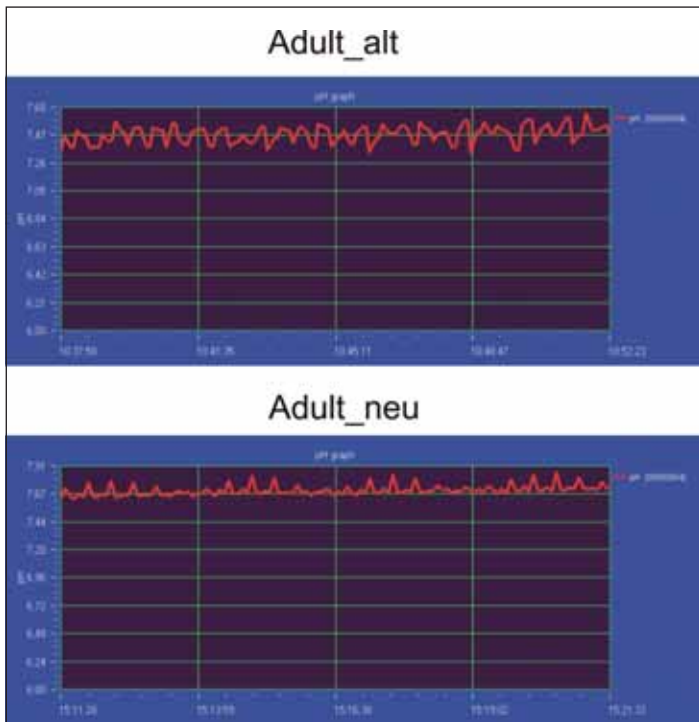


Abb. 4: Verlauf der pH-Werte des alten und neuen Primings bei der Erwachsenen-Simulation

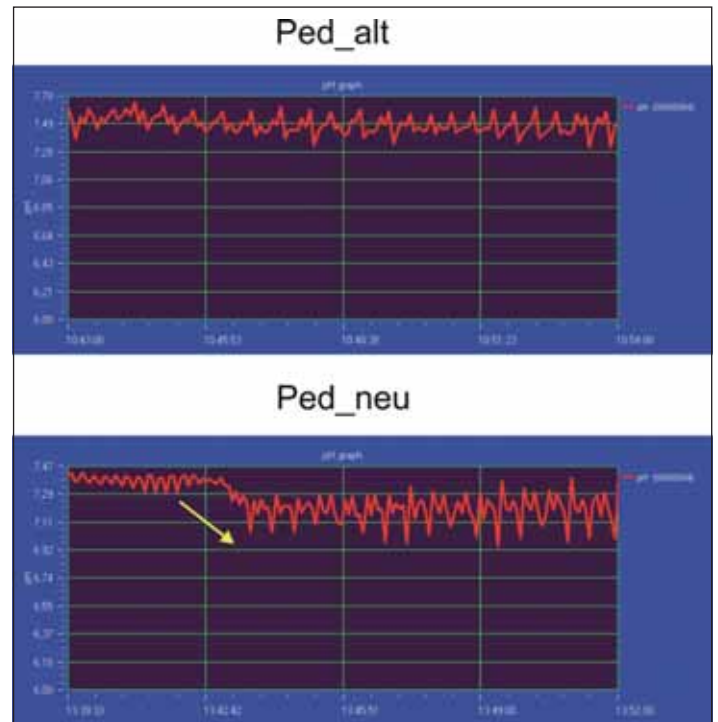


Abb. 5: Verlauf der pH-Werte des alten und neuen Primings bei der pädiatrischen Simulation

setzt, ist gerade bei der Initialisierung der EKZ mit Nebenwirkungen zu rechnen. Der gemessene pH von 7,1 bei der Simulation erreicht Bereiche, bei denen experimentell eine deutliche Beeinträchtigung der myokardialen Kontraktilität beobachtet wurde [5]. Für die neonatale und pädiatrische EKZ, bei der gerade der Initialisierung der EKZ eine besondere Bedeutung zukommt, sind diese Erkenntnisse nicht zu vernachlässigen.

Aus diesen Ergebnissen ziehen wir folgende Schlüsse:

1. Konventionelle Infusionslösungen, denen die Pufferbase Bikarbonat fehlt, scheinen zur Erhaltung eines physiologischen Säure-Basen-Status für den Beginn der EKZ besser geeignet zu sein.
2. Die Metabolisierung von Anionen ist mit balancierten Lösungen in vitro nicht reproduzierbar.
3. Die in der Studie verwendeten balancierten Lösungen zeigen einen deutlich niedrigeren pH als konventionelle Lösungen und könnten somit Nebenwirkungen induzieren.

Die in vitro gewonnenen Daten erscheinen unter physikochemischen Aspekten sinnvoll, eine Bestätigung in vivo muss durch kontrollierte Studien erfolgen.

#### LITERATUR

- [1] Zander R: Flüssigkeitstherapie. Bibliomed Med. Verlagsgesellschaft mbH, Melsungen, 2. erweiterte Auflage 2009
- [2] Druml W: Why are infusion solutions so (poorly) compounded? A historical perspective. Wien Klin Wochenschr 2005; 117(3): 67–70
- [3] Shires GT, Holman J: Dilution acidosis. Ann Intern Med 1948; 28: 557–559
- [4] Asano S, Kato E, Yamauchi M, Ozawa Y, Iwasa M: The mechanism of acidosis caused by infusion of saline solution. Lancet 1966; 287 (7449): 1245–1246
- [5] Zander R: Zur Beteiligung potentieller Blut-Ersatzlösungen mit Sauerstoffträger-eigenschaften und deren Einsatzmöglichkeiten. Infusionstherapie 1981; 8: 274–286
- [6] Berger DS, Fellner SK, Robinson KA, Vlasic K, Godoy IE, Shroff SG: Disparate effects of three types of extracellular acidosis on left ventricular function. Am J Physiol 1999; 276 (2.2): H582–594
- [7] Optenhöfel J, Tiedge S, Osthaus W: Bikarbonatgepufferte Hämofiltration (BB-HF) zur Herstellung einer physiologischen Priming-

lösung für die Pädiatrische Herzchirurgie. Kardiotechnik 2009; 3: 69–72.

[8] Alston RP, Theodosiou C, Sanger K: Changing the priming solution from Ringer's to Hartmann's solution is associated with less metabolic acidosis during cardiopulmonary bypass. Perfusion 2007; 22 (6): 385–389

[9] Wakim KG: "Normal" 0.9 per cent salt solution is neither "normal" nor physiological. JAMA 1970; 214 (9): 1710

Addendum: Wir danken der Firma B. Braun Melsungen für die Bereitstellung der balancierten Infusionslösungen.

Johannes Gehron BSc (Open) ECCP  
 Universitätsklinikum Gießen und Marburg  
 GmbH  
 Standort Gießen  
 Klinik für Herz-, Kinderherz- und Gefäß-  
 chirurgie  
 Abt. Kardiotechnik  
 Rudolf-Buchheim-Str. 7  
 35385 Gießen  
 Johannes.Gehron@dgfkt.de

C. Klüß, H. Keller, K.-H. Oeinck,  
M. Diefenbach, R. Meinert, M. Koch, J. Meier<sup>1</sup>,  
D. Meininger<sup>1</sup>, K. Zacharowski<sup>1</sup>, A. Moritz<sup>2</sup>

Maquet Cardiovascular GmbH,  
Clinical Service  
Klinik für Thorax-, Herz- und  
thorakale Gefäßchirurgie

<sup>1</sup>Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin  
und Schmerztherapie  
(Direktor: Prof. Dr. Dr. Kai Zacharowski, FRCA)

<sup>2</sup>Klinik für Thorax-, Herz- und thorakale  
Gefäßchirurgie  
(Direktor: Prof. Dr. Anton Moritz)

Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt/Main

# Messung des „endtidalen“ CO<sub>2</sub> an der Herz-Lungen-Maschine

## ZUSAMMENFASSUNG

Die endtidale CO<sub>2</sub>-Messung bei beatmeten Patienten während der Narkose ist seit Langem ein bewährtes Standardverfahren zur Beurteilung der sicheren Intubation sowie zur Abschätzung des zu erwartenden CO<sub>2</sub>-Spiegels in der arteriellen Blutgasanalyse (BGA). Hierbei wurden Abweichungen des PaCO<sub>2</sub> zu PetCO<sub>2</sub> von ± 4–5 mmHg beschrieben [1, 2, 3, 4]. Inhalt dieser Studie ist die Übertragung dieser Grundidee auf die extrakorporale Zirkulation (EKZ) unter Verwendung eines Narkosegasmonitors Vamos (Dräger). Während der EKZ wird die Narkose durch Sevofluran-Zufuhr mittels eines vom TÜV zertifizierten Applikationssystem in den Blutkreislauf aufrechterhalten. Bestimmt wurden die Abweichung des PaCO<sub>2</sub> zu PetCO<sub>2</sub> für das Alpha-stat- und pH-stat-Verfahren unter moderater Hypothermie bei 32 °C.

Ziel war es zu zeigen, dass die endtidale CO<sub>2</sub>-Messung an der EKZ genauso verlässlich ist wie bei der Narkoseführung und somit eine Onlinemessung des CO<sub>2</sub> möglich ist.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Expiratorische CO<sub>2</sub>-Messung, endtidales CO<sub>2</sub>, Oxygenator, Narkosegasmonitor, CO<sub>2</sub>-Onlinemessung

## ABSTRACT

Endtidal CO<sub>2</sub> measurement on patients under artificial respiration is since quite a long time a well established standard procedure to come to secured evaluation on intubation

as well as for the purpose of prognosis with regard to patient's CO<sub>2</sub> level to be expected. In that respect aberrances from PaCO<sub>2</sub> to PetCO<sub>2</sub> of ± 4–5 mmHg have been observed [1, 2, 3, 4]. Content of this study mainly is to transfer that basic reflection on procedure of extracorporeal circulation (ECC). The before mentioned aberrances from PaCO<sub>2</sub> to PetCO<sub>2</sub> for alpha-stat and pH-stat procedures have been confirmed under moderate hypothermic effect under 32 °C. Final aim was to prove that endtidal CO<sub>2</sub> measurement during ECC is of comparable reliability compared to those under anesthesiologist's guidance meaning that an online measurement procedure on CO<sub>2</sub> is feasible.

## KEY WORDS

Expiratory CO<sub>2</sub> measurement, endtidal CO<sub>2</sub>, anesthesia monitoring, CO<sub>2</sub> online measurement

## EINLEITUNG

Die Übertragung des Verfahrens der endtidalen Messung des CO<sub>2</sub> aus der Anästhesie an die Herz-Lungen-Maschine ist in der Literatur mehrfach in den 1990er und 2000er Jahren beschrieben worden [5, 6, 7]. Die Autoren kommen in ihren Arbeiten zu widersprüchlichen Ergebnissen über die Verwertbarkeit dieser Technik in der klinischen Anwendung.

Nach Diskussion dieser Arbeiten und Vergleich unserer klinischen Erfahrung mit der endtidalen CO<sub>2</sub>-Messung an der HLM

als Online-CO<sub>2</sub>-Messung kommen wir zu dem Schluss, dass keine der Arbeiten unserer klinischen Bedingungen – Alpha-stat-Verfahren und moderate Hypothermie bei 32 °C – entspricht.

Wir untersuchten daher 70 Patienten mit jeweils drei bis zehn Messzeitpunkten, um die Zuverlässigkeit der CO<sub>2</sub>-Onlinemessung eindeutig zu belegen und eine zu erwartende Abweichung der endtidalen zur arteriellen Messung zu bestimmen.

## PATIENTENAUSWAHL UND GEMESSENE PARAMETER

Alle Patienten dieser prospektiven Anwendungsbeobachtung unterzogen sich einer Herzoperation mit EKZ. In der Zeit vom März bis Juli 2009 wurden insgesamt 90 Patienten mit Einfacheingriffen: ACB 56 %, AKE 27 % und MKR 3 % sowie Doppeleingriffen 14 %, die eine Maschinenzeit von 120 min voraussichtlich nicht überschreiten würden, eingeschlossen.

Ausgeschlossen wurden insgesamt 20 von 90 Patienten [11]. 15 dieser Patienten wurden wegen intraoperativen Wechsels zum OPCAB-Verfahren ausgeschlossen, drei Patienten wegen Schwierigkeiten mit dem Filter in der Narkosegasabsaugleitung.

Auslöser dieses Problems war die Sättigung des Filters durch Kondenswasser, welche zu Messfehlern führte. Die Messungen waren in diesen Fällen falsch niedrig. Ein Wechsel des Abnahmepunktes vor dem Filter löste dieses Problem.

Die verbleibenden zwei Patienten wurden wegen Fehlbestimmungen in der Blutgasanalyse ausgeschlossen.

Bei 13 Patienten wurde jeweils ein Messzeitpunkt ausgeschlossen. Aufgrund

Gruppe	p-Wert
1. PaCO <sub>2</sub> (37) / 2. PetCO <sub>2</sub>	0,03
2. PetCO <sub>2</sub> / 3. PaCO <sub>2</sub> (Temp)	2,85

Tab. 2: Student's t-Test

Eingriff	Anzahl	Geschlecht m / w	Alter	EKZ-Zeit	Klemm-Zeit	Reperfusion
ACB	39	33 / 6	68 ± 9,3	87 ± 31	49 ± 21	27 ± 10
AKE	19	9 / 10	73,5 ± 4,9	97 ± 28	67 ± 20	19 ± 9
MKR	2	1 / 1	67,5 ± 21,9	108 ± 20	80 ± 33	26 ± 14
Kombi	10	7 / 3	69 ± 8,9	133 ± 42	96 ± 28	22 ± 9
Gesamt	70	50 / 20	69 ± 9,1	97 ± 35	61 ± 27	24 ± 10

Tab. 1: Übersicht der Eingriffe

der initialen Kühlung der Patienten kam es zu kurzfristigen Bluttemperaturen von 24 °C. Bei 13 Patienten lagen die gemessenen Bluttemperaturen zu jeweils einem der Messzeitpunkte unter 30 °C. Diese Messzeitpunkte wurden wegen der aus der niedrigen Temperatur resultierenden falsch niedrigen Werten ausgeschlossen (Tab. 1).

Die Kontrolle der mit dem Narkosegasmonitor Vamos (Dräger AG, Lübeck) gemessenen endtidalen CO<sub>2</sub>-Werte erfolgte nach fünf Minuten, 15 Minuten und dann alle 15 Minuten bis zum Ende der EKZ. Zusätzlich erhobene Werte waren die Körperkerntemperatur, gemessen in der Blase, die arterielle Bluttemperatur, gemessen am arteriellen Oxygenatorausgang, der Gasfluss sowie das errechnete, temperaturkorrigierte CO<sub>2</sub>.

Die temperaturkorrigierten Werte wurden mit der im Blutgasanalysator ABL 800 Flex (Radiometer, Willich) hinterlegten Formel berechnet:

$$pCO_2(T) = pCO_2(37\text{ °C}) \times 10^{[0,021 \times (T - 37)]}$$

Bestimmt wurde die jeweilige Abweichung der arteriellen zur endtidalen CO<sub>2</sub>-Messung am Oxygenator jeweils für das Alpha-stat- und das pH-stat-Verfahren.

### SYSTEMAUFBAU UND PERFUSIONSFÜHRUNG

Unsere Standard-Herz-Lungen-Maschine ist die HL 20 Classic mit der Datenaufzeichnung OR Computer, der Online-Blutgasmessung BMU 40 (Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen), ein Vapor 2000, ein Vamos zur Narkosegas- und CO<sub>2</sub>-Messung (Dräger, Lübeck), ein Perfusor Anästhesie Pilot (Fresenius Vial S.A., Brezins, Frankreich). Das Einmalset besteht aus venösem Reservoir mit arteriellen 1/2"-Rollenpumpen-Schlauch, Oxygenator Quadrox-i mit integriertem arteriellen 40-µm-Filter (Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen). Das System wird nach Standard mit 250 ml Manitol 20 %, 500 ml Haes 6 %, 500 ml Ringerlösung, 250 ml Hämodilutionsblut des Patienten, 10.000 I.E. Heparin sowie 2 g Cyclocapronsäure gefüllt. Das Primingvolumen beträgt 1522 ml, 1272 ml hiervon sind kristalloid. Die Heparinisierung des Patienten erfolgte mit 400 I.E./kg/KG. Die Ziel-ACT vor Beginn der EKZ liegt bei > 480 sec. Der Anschluss der EKZ erfolgte arteriell in der Aorta ascendens mit einer 20-Fr.-Kanüle, venös wurde bei ACB und AKE eine Zweistufenkanüle ACB 32/37 Fr. und AKE 28/32 Fr. (Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen) verwendet. Bei der MKR wur-

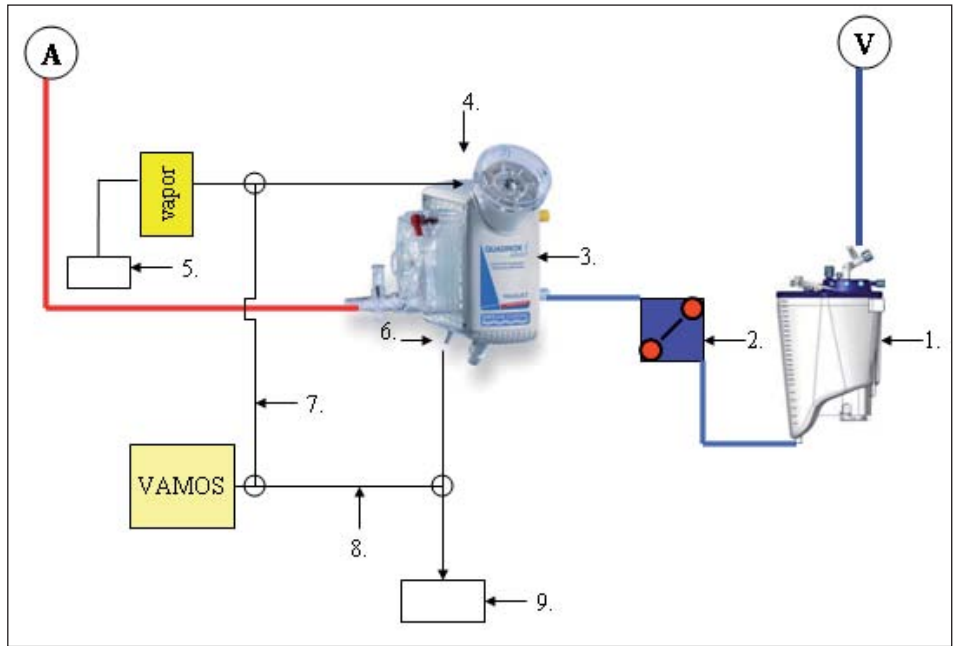


Abb. 1: Schematische Darstellung des Systemaufbaus zur Narkosegas- und CO<sub>2</sub>-Messung  
 Legende: 1. Venöses Reservoir, 2. Rollerpumpe, 3. Oxygenator, 4. Gaseinlass, 5. Gasblende, 6. Gasauslass, 7. Inspiratorische Narkosegasmessleitung, 8. exspiratorische Gasmessleitung, 9. Narkosegasabsaugung

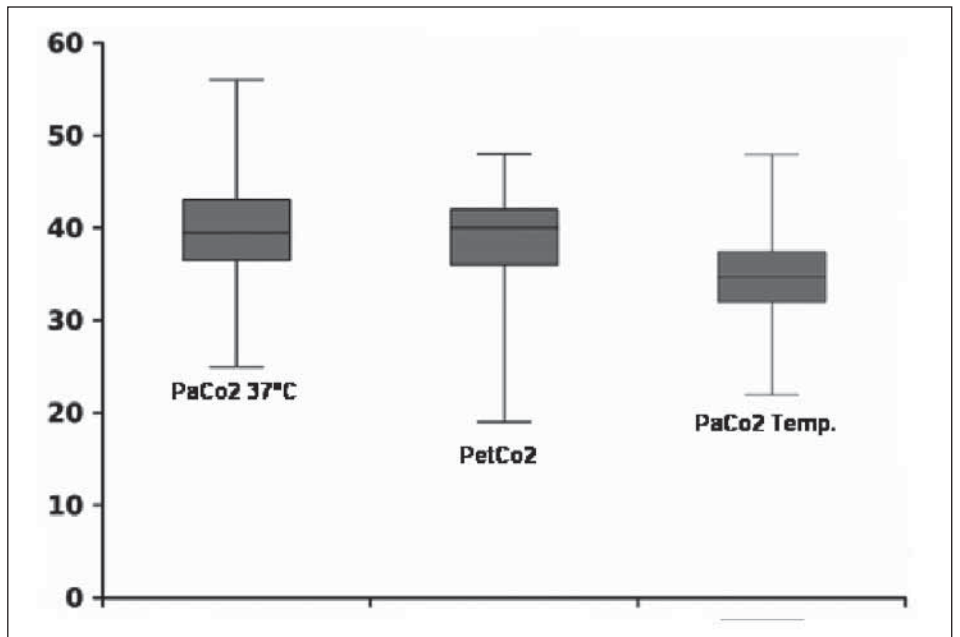


Abb 2: Vergleich der Gruppen 1, 2 und 3

de mit 22-Fr.-Kanülen (Medtronic, Meerbusch) über die obere und untere Hohlvene kanüliert.

Der Cardiac Index betrug je nach Euroscore 2,6 l/m<sup>2</sup>/KOF oder 3,0 l/m<sup>2</sup>/KOF. Die Körperoberfläche (KOF) wurde nach DuBois berechnet.

Das OP-Feld wurde bei Eingriffen mit offenen Herzhöhlen mit 2 l/min CO<sub>2</sub> gespült.

Nach Erreichen des errechneten Flusses wurde der Aortenwurzelvent mit Kardioplegie-, Ventkanüle Antegrad 9 Fr. (Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen) angelegt.

Zur Aortenklemmung wurde die Bluttemperatur kurzfristig auf 24 °C abgesenkt, um danach 32 °C Körperkerntemperatur zu erreichen. Die Kardioplegie erfolgte bei ACBs nach dem Calafiore-Schema. Bei AKEs und MKRs sowie den Doppeleingriffen erfolgte die Kardioplegie nach Buckberg-Schema, initial 800 ml bis 1200 ml, danach alle 20 min eine Reinfusion für zwei Minuten. Vor der Aortenöffnung erfolgte eine normoxische Reperfusion mit 36 °C warmem venösen Blut für zwei Minuten [8, 9]. Nach Beendigung der chirurgischen Therapie und Wiedererwärmung des Patienten erfolgte das stufenweise

Gruppe	Median	25 %	75 %	p-Wert
1. PaCO <sub>2</sub> 37 °C	39,5	36,5	43,15	
2. PetCO <sub>2</sub>	41	36	42	
3. PaCO <sub>2</sub> Temp.	34,7	31,95	37,5	
1. vs. 3.				<0,05
1. vs. 2.				>0,05
2. vs. 3.				<0,05

Tab. 3: Darstellung und Vergleich der Gruppen

Abgehen von der EKZ. Das CO<sub>2</sub>-Management und die Gasflusssteuerung erfolgten nach der Messung der expiratorischen CO<sub>2</sub>-Konzentration, die kontinuierlich mit dem Narkosegasmonitor am Oxygenatorausgang gemessen wurde (Abb. 1).

Der Gasfluss wurde so eingestellt, dass die am Narkosegasmonitor gemessenen

Werte zwischen 35 mmHg und 45 mmHg lagen. Die Kontrolle der Werte erfolgte, wie im Protokoll vorgegeben, nach fünf Minuten, 15 Minuten und danach alle 15 Minuten mit den in der BGA gemessenen CO<sub>2</sub>-Spiegeln.

Die Messung des CO<sub>2</sub> erfolgt innerhalb der Messküvette des Vamos. Gemessen

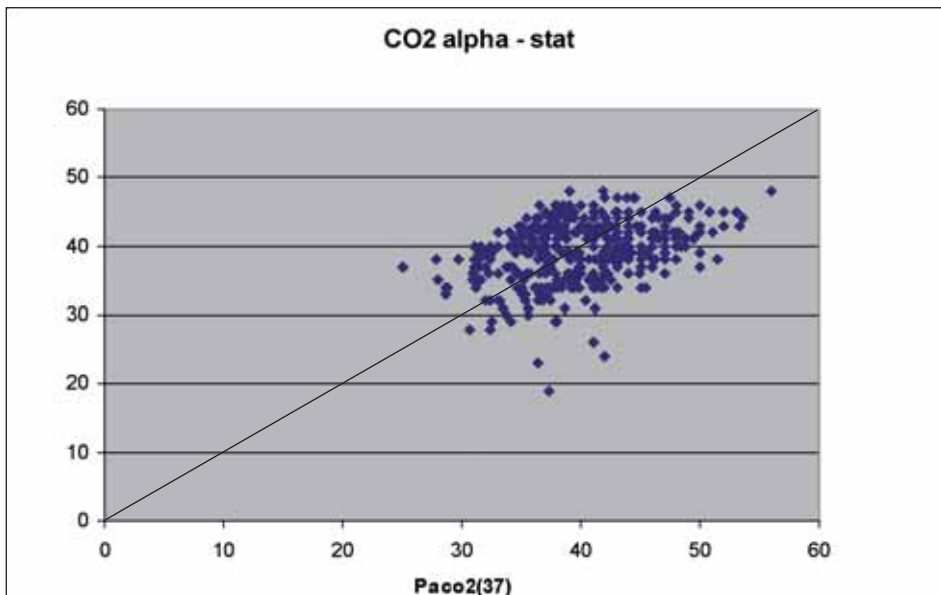


Abb. 3: Darstellung PetCO<sub>2</sub>/PaCO<sub>2</sub> Alpha-stat-Verfahren

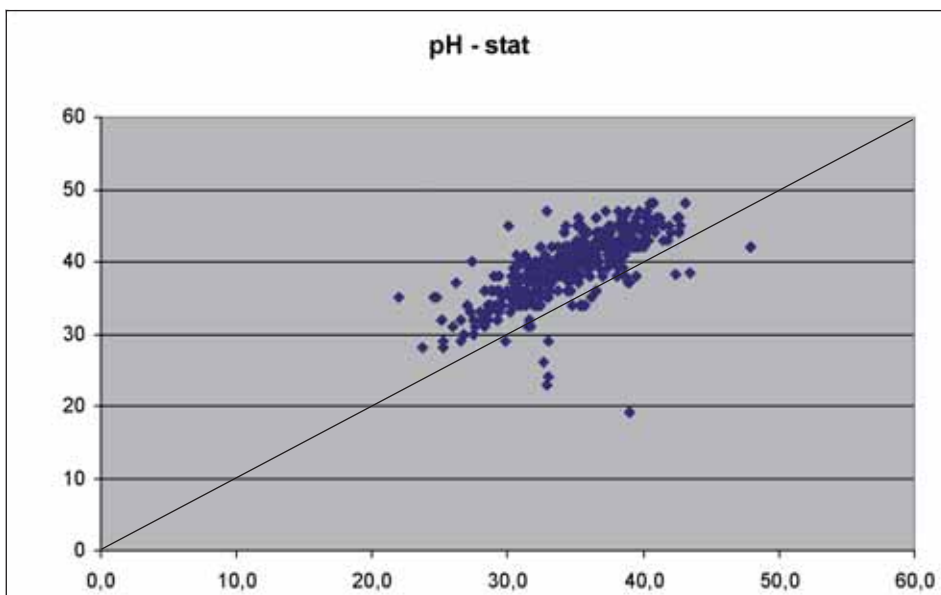


Abb 4: Darstellung PetCO<sub>2</sub>/PaCO<sub>2</sub> pH-stat-Verfahren

wird bei einer konstanten Temperatur von 56 °C innerhalb der Küvette. Diese Temperatur ist von der Umgebungstemperatur im spezifischen Einsatzbereich von 10 °C bis 40 °C unabhängig. Gemessen wird ebenfalls der Luftdruck innerhalb der Küvette, da dieser nicht konstant ist und vom Luftdruck, dem Widerstand der Messgasleitung sowie dem Absaugfluss, der durch die Pumpe erzeugt wird, abhängt. Der gemessene Druck wird zur Korrektur der in der Küvette gemessenen Absorptionswerte genutzt. Temperaturkorrekturen werden im Gerät nicht vorgenommen. Aufgrund des Einflusses des Absaugschlauches auf den Widerstand der Absaugleitung verwenden wir den Standardschlauch der Firma Dräger (Lübeck).

### STATISTISCHE AUSWERTUNG

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit Excel und SPSS. Durchgeführt wurden der Student's t-Test, die Kruskal-Wallis One-way Analysis of Variance (ANOVA) on Ranks sowie der Post Hoc Test Dunn's mit paarweisem Vergleich [11].

### ERGEBNISSE

Das durchschnittliche HZV der Patienten unter EKZ betrug  $5,31 \pm 0,52$  l/min. Die durchschnittliche EKZ-Dauer lag bei  $97,1 \pm 35$  min, die Aortenklemmzeit bei  $61 \pm 27$  min und die Reperfusionzeit bei  $24,6 \pm 10$  min.

Berechnet wurden die Abweichungen von arteriellem CO<sub>2</sub> zu expiratorischem CO<sub>2</sub> am Oxygenatorausgang. Beim Alpha-stat-Verfahren betrug die Abweichung  $0,72 \pm 5,43$  mmHg. Im pH-stat-Verfahren lag die Abweichung bei  $4,74 \pm 3,11$  mmHg.

Gemessen wurden N = 408 Messzeitpunkte in jeder Gruppe. Mit dem Student's t-Test (Excel) wurden folgende Gruppen verglichen:

Für das Alpha-stat-Verfahren die Gruppe 1 mit der Gruppe 2.

Die Gruppen 2 und 3 wurden für das pH-stat-Verfahren verglichen (Tab. 2). Erwartet wurde ein nicht signifikanter Unterschied der Gruppen bei  $p < 0,05$ .

Zur Sicherung des Ergebnisses des Student's t-Test wurde mit SPSS eine Kruskal-Wallis One-way Analysis of Variance (ANOVA) on Ranks durchgeführt. Verglichen wurde hierbei der jeweilige Median der Gruppen 1, 2 und 3 (Abb. 2). Der Unterschied des jeweiligen Median war größer als erwartet. Es besteht ein signifikanter Unterschied der Mediane  $p \leq 0,001$ .

Zur Isolierung der Gruppe oder Gruppen (Tab. 3), die sich von den anderen unterscheiden, wurden diese paarweise mit dem Dunn's Test verglichen. Ein signifikanter Unterschied wurde bei  $p < 0,05$  angenommen (siehe Tab. 3 und Abb. 2).

## DISKUSSION

Die Messung des endtidalen  $\text{CO}_2$  am Oxygenator erlaubt im Alpha-stat-Verfahren unter Normothermie und moderater Hypothermie bei  $32^\circ\text{C}$  eine sichere Onlinemessung des  $\text{CO}_2$ -Spiegels in der BGA. Dies ermöglicht es ohne großen Kostenaufwand, den Gasfluss jederzeit den aktuellen Gegebenheiten anzupassen, ohne hierfür auf Onlinemesszellen zurückgreifen zu müssen.

Als besonders nützlich erweist sich dieses, wenn das OP-Feld mit  $\text{CO}_2$  gespült wird, das durch Absaugen über den Vent und Tischsauger in das EKZ-System gelangt und dazu führt, dass der  $\text{CO}_2$ -Spiegel im Blut deutlichen Schwankungen unterliegt: Klinisch waren bei einer  $\text{CO}_2$ -Spülung des OP-Feldes  $\text{CO}_2$ -Schwankungen von 40 bis 75 mmHg zu beobachten. Diese Schwankungen erforderten eine kontinuierliche, häufigere Anpassung des Gasflusses, die über den normalen klinischen Rahmen der Gasflüsse von 1,5–3,0 l/min hinausging.

Für das pH-stat-Verfahren ist diese Messung aufgrund der hohen Abweichungen der  $\text{CO}_2$ -Werte und dem nicht bestandenen Student's t-Test sowie Dunn's Test nicht geeignet (siehe Tab. 2, 3).

Im Rahmen der initialen Kühlung vor der Aortenklammung konnte ein deutlicher Abfall des im Vamos gemessenen  $\text{CO}_2$ -

Spiegels beobachtet werden, der nicht mit den in der BGA gemessenen  $\text{CO}_2$ -Spiegeln korrelierte und sich nach kurzer Anpassungsphase wieder dem tatsächlichen  $\text{CO}_2$ -Spiegel anglich. Die Ursache dieses Phänomens liegt unserer Meinung nach an dem großen Temperaturunterschied zwischen dem Messgas am Oxygenatorausgang (ca.  $25^\circ\text{C}$ ) und der Temperatur in der Messzelle ( $50^\circ\text{C}$ ) und scheint somit ein physikalisches Problem zu sein.

Zusammenfassend ist die endtidale Messung des  $\text{CO}_2$  am Oxygenatorausgang eine sichere Möglichkeit, das  $\text{CO}_2$  online zu bestimmen. Wir konnten die Aussagen von O'Leary et al., dass die Messwerte extrem variabel sind, nicht bestätigen. Unsere Ergebnisse zeigen deutlich, dass die Abweichung mit  $0,72 \pm 4,74$  mmHg eine sichere Überwachung des  $\text{CO}_2$ -Spiegels zulässt. Hiermit bestätigen sich die Ergebnisse von Graham et al., die eine Abweichung von 6 mmHg angeben. Im pH-stat-Verfahren ist die Messung aufgrund der hohen Abweichungen nicht geeignet.

## LITERATUR

- [1] *Monitoring in der Anästhesie und Intensivmedizin*. Springer 2008
- [2] Lange, *Clinical Anesthesiology*, 2002
- [3] Bendallal H, Busso T: *Analysis of end-tidal and arterial  $\text{PCO}_2$  gradients using a breathing model*. *Eur J Appl Physiol* 2000; 83: 402–408
- [4] Zander R: *Optimierung des Säure-Basen-Status unter Hypothermie*. *Der Anaesthesist* 9/2007; 56: 912–916
- [5] Graham JM, Gibbs NM, Weightman WM, Sheminant MR: *The relationship between oxygenator exhaust  $\text{PCO}_2$  and arterial  $\text{PCO}_2$  during hypothermic cardiopulmonary bypass*. *Anaesth Intensive Care* 2005; 33: 457–461

[6] O'Leary MJ, Mac Donnell SP, Ferguson CN: *Oxygenator exhaust capnography as an index of arterial carbon dioxide tension during cardiopulmonary bypass using a membrane oxygenator*. *Brit J Anaesthes* 1999; 82 (6): 843–846

[7] Ranucci M, Isgrò G, Romitti F, Sara Mele S, Biagioli B, Giomarelli P: *Anaerobic metabolism during cardiopulmonary bypass: predictive value of carbon dioxide derived parameters*. *Ann Thorac Surg* 2006; 81: 2189–2195

[8] Abdel-Rahman U, Risteski P, Tizi K, Kersch S, Bejati S, Zwicker K, Scholz M, Brandt U, Moritz A: *Hypoxic reoxygenation during initial reperfusion attenuates cardiac dysfunction and limits ischemia – reperfusion injury after cardioplegic arrest in a porcine model*. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009; 137 (4): 978–982

[9] Abdel-Rahman U, Aybek T, Moritz A, Kleine P, Matheis G: *Graded reoxygenation limits lipid peroxidation during surgical reperfusion*. *Med Sci Monit* 2003; 9(9): CR389–391

[10] *Taschenatlas der Physiologie*. Thieme, 6. Auflage 2003

[11] *Angewandte Statistik*. Springer, 11. überarbeitete und aktualisierte Auflage 2003

Christian Klüß  
Kardiotechniker ECCP  
Maquet Cardiovascular GmbH,  
Clinical Service  
Klinik für Thorax-, Herz- und thorakale  
Gefäßchirurgie  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Frankfurt/Main  
Theodor-Stern-Kai 7  
60590 Frankfurt/Main  
c-kluess@web.de

## Erratum

KARDIOTECHNIK, Heft 3/2009, Seite 69: Bikarbonatgepufferte Hämofiltration (BB-HF) zur Herstellung einer physiologischen Priminglösung für die pädiatrische Herzchirurgie, von J. Optenhöfel, Hannover.

Leider wurden nicht alle Autoren genannt. Es muss richtig heißen:

J. Optenhöfel, S. Tiedge, T. Breymann,  
R. Sumpelmann<sup>1</sup>, W. A. Osthaus<sup>1</sup>

Klinik für Herz-, Thorax-, Transplantations- und Gefäßchirurgie  
(Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. Axel Haverich)

Medizinische Hochschule Hannover/  
Fa. Life Systems

<sup>1</sup>Klinik für Anästhesiologie und  
Intensivmedizin  
(Direktor: Prof. Dr. Wolfgang Koppert)

Medizinische Hochschule Hannover



## ***Informatik in der Medizintechnik Grundlagen, Software, computergestützte Systeme***

*M. Zauner, A. Schrempf*

*Springer-Verlag, Wien 2009*

*ISBN 978-3-211-89188-9*

*320 Seiten, 126 Abbildungen, Softcover*

*Preis: 49,95 Euro*

Die Medizintechnik leistet entscheidende Beiträge in der modernen Medizin und für die zukünftige Gesundheitsversorgung. Technologisch innovative Medizingeräte eröffnen neue Möglichkeiten in der medizinischen Diagnostik und Therapie sowie zunehmend in der Gesundheitsvorsorge,

Rehabilitation und Pflege. Nur mit der Anwendung der Informatik und dem Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien in medizintechnischen Produkten kann heute und künftig die geforderte Funktionalität, der zuverlässige und sichere Betrieb sowie der kostengünstige Einsatz medizintechnischer Geräte gewährleistet werden.

Das vorliegende Werk zeigt die Potenziale, die durch die Anwendung der Informatik für die Medizintechnik und damit im Weiteren in der modernen Medizin möglich werden.

Das Buch vermittelt alle dazu relevanten Grundlagen, zeigt die lebenszyklusorientierte Entwicklung von Software und deren Einsatz in computergestützten Medizinprodukten und medizinischen Informationssystemen sowie auch zukünftige Potenziale. Ergänzt um mehr als 50 Beispiele und Abbildungen werden Funktionsprinzipien und Zusammenhänge der Computerisierung in der Medizintechnik praxisrelevant vorgestellt.

Trotz all der Faszination, welche die modernen technischen Errungenschaften für die medizinische Leistungserbringung ermöglichen, muss betont werden, dass der Technikeinsatz nur ein Werkzeug ist. Er kann helfen, Qualitätsstandards sicherzustellen, patientenschonende und hochwer-

tige Behandlungen zu ermöglichen sowie den Aufwand und die Kosten für Verwaltungsprozesse zu verringern.

Das vorliegende Buch wendet sich an Medizintechniker, Biomedizintechniker, Software-Ingenieure und Mechatroniker.

Die Kapitel im Einzelnen:

Teil I: Überblick

– Informatik und Medizintechnik

Teil II: Grundlagen

– Informationstechnik und Codierung

– Digitale Computersysteme

– Betriebssysteme

– Datenbanken

Teil III: Software in der Medizinprodukt-Herstellung

– Programmierung

– Software-Engineering

– Modellbildung und Simulation

– Computergestützte Fertigung und Rapid Prototyping

Teil IV: Computergestützte Medizinprodukte

– Medizinische Gerätetechnik

– Medizinische Software

Teil V: Informationssysteme

– Computergestützte Krankenhaus-Informationssysteme

Thomas Leusch, Düsseldorf

## **Journal-Club**

### ***Efficacy and economic assessment of conventional ventilatory support versus extracorporeal membrane oxygenation for severe adult respiratory failure (CESAR): a multicentre randomised controlled trial***

*G. J. Peek, M. Mugford, R. Tiruvoipati, A. Wilson, E. Allen, M. M. Thalanany, C. L. Hibbert, A. Truesdale, F. Clemens, N. Cooper, R. K. Firmin, D. Elbourne*

*Erschienen online am 16. 9. 2009*

*www.thelancet.com*

*DOI:10.1016/S0140-6736(09)61069-2*

Trotz der Fortschritte der letzten 20 Jahre in der Intensivbehandlung von schweren Lungenerkrankungen ist die Mortalität und Morbidität immer noch hoch. Zwar haben sich neue Behandlungsstrategien wie die Positivdruckbeatmung entwickelt, jedoch haben diese Formen der Behandlung auch

Nachteile. Eine Alternative stellt in diesem Falle die ECMO-Therapie dar.

Die oben genannten Autoren haben in ihrer Arbeit die konventionelle Therapie der Behandlung von Lungenerkrankungen mit der Therapie mittels ECMO bezüglich der Sicherheit und dem Kosten-Nutzen-Faktor gegenübergestellt. Hierzu haben sie 766 Patienten in einem Zeitraum von fünf Jahren untersucht, von denen 180 die Kriterien für die Aufnahme in die Vergleichsstudie erfüllt haben. Die eine Hälfte der Patienten erhielt eine konventionelle Therapie, die anderen wurden mittels ECMO therapiert.

Ein Einschlusskriterium war unter anderem die Sedierung und Beatmung des Patienten. Dies machte die Patienten bezüglich des Outcomes vergleichbar, da alle die gleichen Bedingungen erfüllten. Um die Ergebnisse zu vergleichen, wurde die

Lebensqualität der behandelten Patienten mittels EQ-5D-Fragebogen sechs Monate nach Teilnahme an der Studie erfasst und mit den Kosten der Behandlung in Verbindung gesetzt.

Die Autoren konnten zeigen, dass die ECMO-Therapie ein besseres Outcome des Patienten ermöglicht, jedoch die Kosten für die Behandlung mehr als doppelt so hoch sind als die Durchschnittskosten einer konventionellen Behandlung. Dem gegenüber steht jedoch das seltene Auftreten der schweren Lungenerkrankung, so dass der finanzielle Effekt auf das Gesamtbudget im Vergleich zu anderen Erkrankungen eher gering ist.

Marc Wollenschläger

Kerckhoff-Klinik, Bad Nauheim



# Kälteerzeugung moderner Hypothermiegeräte – physikalisch-technische Betrachtung

Matthias Pruckner, Global Product Manager, Alexander Vehling, Clinical Application Specialist  
MAQUET Cardiopulmonary AG

Liebe Leserinnen und Leser,

in der Rubrik Fortbildung stellen wir Ihnen ausgewählte Funktions- oder Messprinzipien von Medizinprodukten aus der Herzchirurgie vor. Für die Vermittlung dieser technischen Basics wenden wir uns an Entwickler und Herstellerfirmen, um Ihnen die Kenntnisse aus erster Hand zu liefern.

Der Redaktion ist es ein großes Anliegen, die Rubrik weiterhin neutral und weitestgehend werbefrei zu gestalten. Aus diesem Grund dürfen Sie erwarten, dass wir Ihnen über den gesamten Zeitraum ein abwechslungsreiches Autorenspektrum bieten und zu den jeweiligen Beiträgen auch Produkte anderer Anbieter erwähnen. Gerne nimmt die Redaktion der KARDIOTECHNIK auch Anregungen und Vorschläge für Beiträge dieser Rubrik entgegen.

Die Redaktion

## Einleitung

Die Erzeugung von kaltem Wasser und die präzise und schnelle Steuerung seiner Temperatur ist eine Grundvoraussetzung für die adäquate Kühlung von Patienten in extrakorporalen Kreisläufen. Moderne Hypothermiegeräte leisten dies über den Anschluss von Wärmetauschern – meist integriert in Oxygenatoren – und von speziellen Matten. Die heutigen „State-of-the-Art“-Wärmetauscher zeichnen sich durch eine sehr effiziente Wärme- bzw. Kälteübertragung zwischen zirkulierendem Wasser und Patientenblut aus. Die Wärmetauschereffizienz wird in der Regel durch einen Performance-Faktor von 0 bis 1 beschrieben. Grundsätzlich gelten Werte über 0,5 als effizient [1]. Unter AAMI-Testbedingungen weist beispielsweise der Blutwärmetauscher im QUADROX-i der Firma Maquet eine Wärmetauschereffizienz von über 0,85 auf.\*

\*Die American Association of Medical Instrumentation (AAMI) schreibt zur Ermittlung der Wärmetauschereffizienz die Einhaltung folgender Parameter vor: Wassertemperatur 40 °C, Bluttemperatur 30 °C, Wasserfluss 15 l/min, Blutfluss 4 l/min.

In der Literatur werden – nicht einheitlich verwendet – folgende Grade der Hypothermie (Rektaltemperatur gemessen) unterschieden [2]:

- milde (leichte) Hypothermie (36–32 °C)
- moderate Hypothermie (32–28 °C)
- tiefe Hypothermie (28–18 °C)
- ausgeprägte (profunde) Hypothermie (18–4 °C)

Die Absenkung der Körperkerntemperatur, aber auch die selektive Kühlung eines Organs reduziert die Stoffwechselaktivität und erhöht die Ischämietoleranz von Zellen und Gewebe. Durch Reduktion der Körpertemperatur um 10 °C sinkt die Stoffwechselrate bzw. der Sauerstoffverbrauch des menschlichen Organismus um die Hälfte (sog. Q10-Effekt). Darüber hinaus ermöglicht die Hypothermie eine Senkung der Blutflussrate und verringert somit Traumatisierungen und den Rückstrom von Blut über Bronchial- und nonkoronare Kollateralf Gefäße [3]. Somit stellt die induzierte Hypothermie eine sehr effektive und bewährte Form der Organprotektion dar, besonders in Situationen potenzieller Minderversorgung oder unmittelbar nach einer Unterversorgung wie dem asystolen Kreislaufstillstand.

Die Generierung von kaltem Wasser spielt aber auch bei der gezielten Wiedererwärmung von unterkühlten Patienten eine äußerst wichtige Rolle. Über das entsprechende Mischverhältnis von warmem und kaltem Wasser kann die Wiedererwärmung über das Hypo-/Hyperthermiegerät gezielt gesteuert werden.

Beim Kühlen und Erwärmen ist darauf zu achten, dass Temperaturgradienten zwischen venösem Blut und im Wärmetauscher zirkulierendem Wasser von über 10 °C vermieden werden, da sonst gasförmige Mikroembolien drohen [4]. Hypo-/Hyperthermiegeräte von Maquet verfügen aus diesem Grund über einen Gradienten- bzw. sog. Patientenmodus, der eine physiologisch optimierte Temperaturregulierung erlaubt. So passen die Geräte in diesem Modus die Wasserausgangstemperatur in konstanten Relationen – in Höhe des gewählten Gradienten – zur venösen Patiententemperatur an, bis die Ausgangstemperatur die Solltemperatur erreicht hat.

Die Erwärmung hypothermen und Aufrechterhaltung normothermen Blutes ist eine wichtige Funktion von Hypo-/Hyperthermiegeräten, der vorliegende Beitrag soll den Fokus jedoch auf die Kälteerzeugung und deren Nutzen für die extrakorporale Zirkulation richten.

## Kälteerzeugung mit heutigen Hypothermiegeräten

In modernen Hypothermiegeräten wird die Erzeugung von Kälte durch sogenannte Siedekühlung realisiert. Der Kühleffekt entsteht dabei durch Verdampfungsenergie, die aufgebracht werden muss, um ein Kältemittel von einem flüssigen in einen gasförmigen Aggregatzustand zu überführen. Diese nötige Verdampfungsenergie wird der Umgebung bzw. dem Wasser in Form von Wärme entzogen und führt somit zu dem gewünschten Kühleffekt. Die Siedekühlung gilt als eine der effektivsten Möglichkeiten, einem System Wärme bzw. thermische Energie zu entziehen. Hypothermiegeräte, die diese Technologie nutzen, werden der Klasse der Kompressionskältemaschinen zugeordnet.

In den Hypothermiegeräten von Maquet basiert die Kühlfunktion gleichsam auf dem Prinzip der Siedekühlung. Konkret vollzieht sich der geschlossene Kühlkreislauf wie folgt: Zunächst wird ein gasförmiges Kältemittel von den Kühlspiralen bzw. Verdampferplatten des Hypothermiegeräts durch einen Kompressor angesaugt und verdichtet. Durch die Kompression des Kältemittels steigt dessen Temperatur. Das gasförmige Kühlmedium wird dann durch die Kühlschlangen des Verflüssigers geleitet und die Wärme über einen Lüfter an die Umgebung abgegeben, wodurch das Kühlmittel kondensiert. Das verflüssigte Kühlmittel strömt im weiteren Verlauf durch einen Trockner, der eventuell vorhandene Wasserpartikel vom Kühlmittel absorbiert. In der Folge gelangt das Kühlmedium zum Zweck der Druckabsenkung in ein Kapillarrohr, schließlich in die Verdampferplatten bzw. -spiralen innerhalb des Wassertanks. In diesen Verdampferplatten oder -spiralen beginnt das Kühlmittel aufgrund des niedrigen Drucks zu siedeln. Zum Verdampfen

benötigt das Kältemittel Wärme. Im Tank entnimmt das verdampfende Kältemittel daher dem umliegenden Wasser die erforderliche Verdampfungswärme (Siedekühlung) und reduziert in der Konsequenz die Wassertemperatur. Das Kühlmittel strömt weiter als Gas zum Kompressor und der beschriebene Kreislauf beginnt von Neuem (Abb. 1).

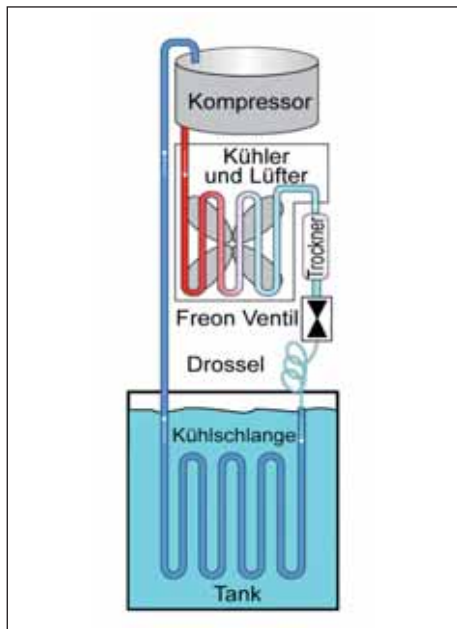


Abb. 1: Schematische Darstellung des internen Kühlkreislaufs

Einen besonders hohen Kühleffekt erzielen Hypothermiegeräte, die – je nach Bauform entweder an den Verdampferplatten oder -spiralen – einen Eisblock bilden. Bei Umspülung des Eises mit dem zirkulierenden Tankwasser wird unmittelbar eine sehr hohe initiale Kühlleistung ermöglicht – deutlich höher als bei Hypothermiegeräten, die ausschließlich mit einem Kompressor nach dem Prinzip eines Durchlaufkühlers betrieben werden. Auf diese Weise reduziert sich die Abkühlzeit des Patienten drastisch. Die schnelle, effektive Kühlung mittels Eis kann in Notsituationen von größter Wichtigkeit und letztlich lebensrettend sein.

Mit dem Hypo-/Hyperthermiegerät HCU 30 von Maquet können im 26 l fassenden Wassertank bis zu 14 kg Eis mit Hilfe modernster Vereisungstechnik binnen weniger als vier Stunden aufgebaut werden. Die extrem hohe, im Eis gebundene Kühlkapazität von 4.690 Kilojoule ermöglicht, dass die Maschine während der Operationen in den meisten Fällen ohne laufenden Kompressor betrieben werden kann, so dass kein Geräusch von Kompressor und Ventilator zu hören ist. Zwischen den Eingriffen sorgt der leistungsstarke Kompressor für

den Wiederaufbau des Eises. Die Leistung des Kompressors ist mit über 4.270 Kilojoule/Stunde so hoch dimensioniert, dass die Maschine, selbst ohne vorher Eis gebildet zu haben, für den sofortigen Einsatz zur Verfügung steht.

Hypo-/Hyperthermiegeräte mit zwei separaten internen Wasserkreisläufen bieten in der Regel die Möglichkeit, zwei verschiedene Temperaturen gleichzeitig an den externen Kreisläufen zu generieren. So unterstützt das moderne Zwei-Kreislaufrühlsystem HCU 30 eine unabhängige und rasche Regulierung der Temperatur des Patienten über den arteriellen Wärmetauscher und Hypo-/Hyperthermiematten sowie Kardioplegie. Eine leistungsstarke Kreiselpumpe lässt das Wasser im Patientenkreislauf zirkulieren. Im Kardioplegiekreislauf übernimmt eine kleiner dimensionierte Pumpe diese Funktion. Die Flussrate der Pumpe für den Patientenkreislauf sowie deren Druck sind bei der HCU 30 einfach über das Display einstellbar.

Das zirkulierende Wasser für den Patienten- und Kardioplegie-Kreislauf im System besteht jeweils aus einem Mix aus kaltem Wasser aus dem Tank und dem rückfließenden Wasser über die Heizer. Das Gemisch wird bei beiden Kreisläufen durch ein Drei-Wege-Ventil über einen elektrischen Motor reguliert. Wenn kein kaltes Wasser benötigt wird, um die Solltemperatur zu halten, wird das Drei-Wege-Ventil zum Tank hin geschlossen und das Wasser fließt in einem geschlossenen Kreislauf. Wenn kaltes Wasser erforderlich ist, um die eingestellte Solltemperatur zu erreichen, wird eine entsprechende Wassermenge vom Tank dem rückfließenden Wasser beigemischt. Um die gleiche Wassermenge im Kreislauf beizubehalten, wird eine entsprechende Wassermenge des rückfließenden

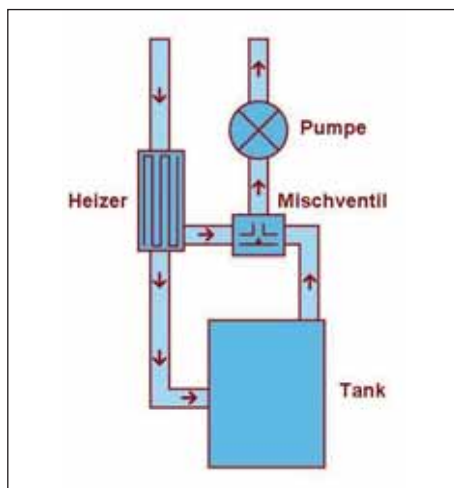


Abb. 2: Funktionsprinzip des internen Patienten- und Kardioplegie-Kreislaufs

Wassers von den Heizern in den Tank zugeführt (Abb. 2).

Sensoren überwachen präzise die Einhaltung der Temperaturvorgaben, die vorherrschende Temperatur in den Heizern, den Wasser- und Eisstand im Tank sowie die Drücke des ausgehenden Wassers. So ist jederzeit ein zuverlässiger und sicherer Einsatz des Hypo-/Hyperthermiegeräts garantiert.

Matthias.Pruckner@maquet-cp.com  
Alexander.Vehling@maquet-cp.com

#### LITERATUR

[1] Böttger, PF: Hypothermie. In: Tschaut R (Hrsg.): Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis. Lengerich 2005, 237

[2] a. a. O., 238

[3] Schelkle H, Göritz S: Die EKZ beim Erwachsenen – Blutsparende Maßnahmen. In: Lauterbach G (Hrsg.): Handbuch der Kardiotechnik, 2002, 229

[4] a. a. O., 229

Weitere Anbieter von Hypo-/Hyperthermiegeräten für den Betrieb an der Herz-Lungen-Maschine wie die Sorin Group oder Terumo nutzen ebenfalls den Effekt der Siedekühlung. Dabei setzen nicht alle Systeme die Vereisungstechnik ein, stattdessen sorgt ein Durchlaufkühler für eine schnelle Kälteerzeugung.

Ein Anspruch auf vollständige Nennung sämtlicher Anbieter und Funktionsprinzipien ist nicht gegeben!

Die Redaktion

# Sorin Group Deutschland GmbH – Global Player mit deutschen Wurzeln

Bereits seit 1973 kommen aus München Herz-Lungen-Maschinen. Damals entwickelte und baute Friedemann Stöckert die ersten modularen Geräte und gründete die Stöckert Instrumente GmbH. 1992 übernahm Sorin Biomedica den Marktführer, brachte 1994 die dritte HLM-Generation SIII und vier Jahre später die erste Kompakt-HLM SC in die Kliniken. Mit dem Stöckert-S5-System wird in fünfter Generation die Tradition der konfigurierbaren HLM fortgesetzt.

Inzwischen hat Sorin die Marktführung bei extrakorporalen Perfusionssystemen gefestigt und plant mit dem Folgemodell C5, der ersten HLM unter der Sorin-Marke, weiter zu punkten.

Die Sorin Group gliedert ihr Deutschland-Geschäft in drei Business Units – Cardiopulmonary, Schrittmacher und Herzklappen. Wir sprachen mit Herrn Norbert Niedworok, Leiter der Bereiche Cardiopulmonary (CP) und Autotransfusion (ATS) und mitverantwortlich für die anderen Fachabteilungen.

**KARDIOTECHNIK:** Herr Niedworok, erst seit März 2009 sind Sie bei Sorin. Haben Sie zuvor schon mit der Medizintechnik bzw. Herzchirurgie zu tun gehabt?

**Sorin:** Ja, ich bin seit 22 Jahren in der Medizintechnik tätig und startete bei Hewlett Packard (heute Philips) für 10 Jahre, dann 5 Jahre bei General Electric und weitere 6 Jahre bei Cardinal Health (heute Care Fusion) in verschiedenen Positionen. Durch meine Tätigkeit in der Anästhesie hatte ich auch Kontakt zur Kardiotechnik.

**KT:** Als neuer Bereichsleiter Cardiopulmonary werden Sie sich bestimmt viel vorgenommen haben. Vielleicht neue Projekte, andere Wege beschreiten oder weiter wie bisher?

**S:** Ich möchte durchaus nicht das Gute und Bewährte verändern, sehe aber gerade für die Kardiotechniker eine sehr, sehr große Zukunft, glaube auch, dass sie deutlich mehr Funktionen als bisher ausüben werden. Dies könnte z. B. im Bereich In-



Norbert Niedworok, neuer Leiter Cardiopulmonary und Autotransfusion

tensiv- oder Notfallmedizin bzw. Kardiologie sein. Unsere Produktplanungen richten sich deshalb auf diese möglichen Arbeitsgebiete und wir arbeiten zusätzlich an neuen Serviceleistungen hierfür.

**KT:** Beziehen sich Ihre Planungen auch auf aktuelle Ereignisse, z. B. die Verbreitung von Infektionen wie die Schweinegrippe?

**S:** Ja, durchaus. Wir sind dafür gerüstet und haben für ECMO-Anwendungen entsprechende Hardware und Einmalartikel für den Langzeiteinsatz, welche beispielsweise auf den Intensivstationen bei akutem Lungenversagen zum Einsatz kommen.

**KT:** Wie umfassend ist das Produktprogramm Ihres Bereichs und wo liegen die Schwerpunkte?

**S:** Zu meinem direkt verantworteten Bereich CP gehören Herz-Lungen-Maschinen, Oxygenatoren und diverses Zubehör. Diese Business Unit umfasst weiter die Autotransfusion mit den Haupteinsatzgebieten Kardiochirurgie und Orthopädie. Außerdem vertrete ich die Interessen der gesamten Sorin Group Deutschland bei der Muttergesellschaft in Mailand. Als Schwerpunkte neben der HLM möchte ich die weitere Entwicklung – gemeinsam mit

den Anwendern und Vertriebspartnern – des Zubehörs wie Oxygenatoren und Kanülen bezeichnen.

**KT:** Derzeit bereiten Sie die Markteinführung einer neuen Herz-Lungen-Maschine vor. Ist die bewährte S5 bereits Technik von gestern?

**S:** Nein, die S5 ist meiner Meinung nach im Moment „State of the Art“, es gibt derzeit keine bessere in Bezug auf Hard- und Software, Servicemöglichkeit und Langlebigkeit. Die neue C5 basiert zu 100 % auf der mittlerweile bewährten S5-Technologie. Als Kompaktmaschine hat sie gewisse Einschränkungen bei der Konfigurierung, ist dafür aber preislich attraktiver.

**KT:** Wo liegen die besonderen Vorteile der C5 gegenüber den aktuellen Geräten?

**S:** Aufbauend auf dem hohen technologischen Niveau der S5 fallen bei der C5 besonders die verbesserte Ergonomie, die Verwendung von Edelstahl und die einfach zu reinigenden – weil versiegelten – Oberflächen auf. Die leichte, kompakte HLM ist ausgezeichnet zu manövrieren und bietet hochauflösende TFT-Touchscreens, ROLLerpumpen mit Direktantrieb und digitale Drehgeber. Die Erweiterungsfähigkeit mit Komponenten garantiert auf Jahre den neuesten Stand der Technik.

**KT:** Ab welchem Zeitpunkt ist die neue C5 auf dem Markt verfügbar?

**S:** Die Validierung wurde jetzt abgeschlossen, so dass die neue C5 ab sofort verfügbar ist.

**KT:** Wenden wir uns dem Oxygenatorenprogramm von Sorin zu. Welche Leistungsgrößen umfasst es und welche Eigenschaften sind hervorhebenswert?

**S:** Unsere Philosophie ist es, das komplette Patientengut in den Kliniken abzudecken – von Kleinstkindern bis zu Erwachsenen. Aufgrund der über 25-jährigen Erfahrung sind wir führend in Entwicklung, Produktion und weltweitem Vertrieb



C5 – Herz-Lungen-Maschine der neuesten Generation

von Oxygenatoren. Diese zeichnen sich durch ergonomisches Design und einfache Handhabung, reduziertes Priming und biokompatible Beschichtung aus. Wir bieten offene und geschlossene Systeme, spezielle Ausführungen für Mini-Bypass- oder ECMO-Anwendungen sowie Systeme für



ECMO-Konsole SCPC

Saugerblutseparation an. Derzeit arbeitet Sorin auch an APOPS.

**KT:** Was verbirgt sich hinter dem Begriff APOPS?

**S:** Eine Vision! „Advanced Patient Oriented Perfusion System“ soll neue Wege und Aufgaben für die Mitarbeiter, speziell Kardiotechniker, in der Herzchirurgie aufzeigen. Beispielsweise kann dazu die Autotransfusion des Patienten und die endoskopische Venenentnahme gehören. Für die Ermittlung der Blutdaten bei der Perfusion bieten wir jetzt einen neuen In-line-Blutmonitor an,

BCare 5 genannt. Seit Mitte 2009 ist ein System zur endoskopischen Venenentnahme lieferbar.

**KT:** Auch im Bereich Autotransfusion sind Sie vertreten. Was bieten Sie hier?

**S:** Hier gehören wir zu den führenden Anbietern in Deutschland. Unsere „Electa“ ist eine flexible, maßgeschneiderte und sichere Lösung für das Blutmanagement. Verschiedene Reservoirs ermöglichen eine patienten- und kostenorientierte Blutsammlung. Für alle Arten von Blutungen stehen unterschiedliche Waschglöcke sowie separate Bausteine für intra- und postoperative Blutaufbereitung sowie präoperative Vollblutseparation zur Verfügung.

**KT:** Von großem Interesse auch für Kardiotechniker sind Schrittmacher. Wie ist Sorin hier bestückt?

**S:** Auch in den anderen Business Units setzen wir derzeit verstärkt auf Innovationen und arbeiten bereichsübergreifend zusammen. Durch die kürzliche Einführung von zwei neuen ICD konnte unsere Produktlinie komplettiert werden. Diese Technologie ermöglicht die kontinuierliche Beobachtung des Herzinsuffizienzstatus der Patienten. Mit den neuen ICDs wurden auch zwei Studien gestartet.

**KT:** Die weltweite Wirtschaftskrise hat auch die Medizintechnik erreicht. Inwie-

weit ist Sorin in Deutschland betroffen und wie steuern Sie dagegen?

**S:** In diesen Zeiten investieren wir verstärkt in die Produktentwicklung und die Kundenbetreuung. Und intern wird geprüft, wo gegensteuert werden kann. Deutlich zu spüren ist die Krise in den Kliniken. Besonders wichtig ist uns jedoch, dass die gemeinsame wissenschaftliche Arbeit nicht beeinträchtigt wird. Als gutes Beispiel hierfür darf das im Juni in Freiburg veranstaltete Kinderherz-Symposium genannt werden. Hier basierte der Erfolg u. a. auf der interdisziplinären Betrachtung des Patienten und seiner Lebensqualität, dargestellt in zahlreichen qualifizierten Vorträgen.

**KT:** Wo liegen die Schwerpunkte von Sorin im Bereich Service/klinischer Support?

**S:** Deutschlandweit kümmern sich 12 Mitarbeiter um den technischen Service. Bei auftretenden Problemen sind unsere Spezialisten sehr schnell vor Ort. Wichtig ist uns auch das HLM-Training bzw. die Einweisung der Kardiotechniker. Nicht zuletzt umfasst unser Service auch die Schulung, wenn neue Maschinensoftware oder neues Zubehör geliefert wird. Service ist für mich ein zentrales Instrument, um die Kundenzufriedenheit zu sichern.

**KT:** Welche Ziele haben Sie sich für die Zukunft vorgenommen?

**S:** Einerseits ist mein Ziel, absolute Stabilität im Unternehmen zu sichern, andererseits sind wir gezwungen, auf Veränderungen im Gesundheitsmarkt zu reagieren. Eine Maßnahme ist, dass Herr Marcus Göllner nun das gesamte Marketing für CP und ATS verantwortet. Meine Position als Landesverantwortlicher wird sich festigen, damit die Kunden für alle Bereiche nur einen Ansprechpartner haben. Wir wollen noch deutlicher machen, dass unser Produktportfolio fachübergreifende Lösungen bietet. Darüber hinaus wird Sorin die Kardiotechniker unterstützen, wenn es darum geht, neue Aufgaben in der Klinik wahrzunehmen.

**KT:** Herzlichen Dank für das Gespräch und viel Glück.

Interview: Gunter Morche, Hamburg

# Weltweit erster klinischer Einsatz der neuen Herz-Lungen-Maschine C5 von Sorin

Die Markteinführung einer neuen Herz-Lungen-Maschine bedarf gewisser Kriterien, unter anderem auch einer klinischen Erprobung. Wir hatten an unserer Klinik die Gelegenheit, im Rahmen einer Evaluation die ersten praktischen Erfahrungen mit der Herz-Lungen-Maschine C5 der Firma Sorin Group zu sammeln.

Ziel dieser klinischen Evaluation war die Überprüfung der C5 im täglichen klinischen Einsatz mit Schwerpunkt auf Bedienung, Ergonomie und den letzten technischen Neuerungen. Zu diesem Zweck haben wir die C5 bei insgesamt 26 herzchirurgischen Operationen eingesetzt. Das Operationsspektrum erstreckte sich von der einfachen Bypassoperation mit einer Perfusionsdauer von 33 Minuten bis zu einer sehr komplexen pulmonalen Endarterektomie mit Gesamtperfusionsdauer von 210 Minuten. In keiner der durchgeführten Operationen kam es zu technischen Problemen oder Ausfällen. Die C5 überzeugte durch ihren logischen Aufbau und ihr intuitives Bedienkonzept.

Die C5 stellt die Nachfolge der jahrelang bewährten und allseits beliebten Stöckert SC dar, die ursprünglich für den asiatischen Markt konzipiert war, jedoch auch weltweit großen Anklang fand. Bei der C5 handelt es sich ebenso wie bei der SC um eine nicht-modulare HLM mit einer vorgegebenen Pumpenkonfiguration. Standen bei der SC noch insgesamt fünf Pumpenköpfe zur Verfügung, nämlich drei große Rollenpumpen und eine Doppelkopfpumpe, so sind es bei der C5 jetzt nur noch vier.

Hierbei handelt es sich um zwei außen angeordnete große Rollenpumpen und zwei mittig angeordnete kleine Rollenpumpen.

Die Pumpenköpfe sind symmetrisch im Konsolengehäuse angeordnet und die Pumpenköpfe können ohne größeren Aufwand gedreht werden (großer Pumpenkopf 180°, kleiner Pumpenkopf 240°, beide in 15°-Schritten). Dies ermöglicht eine hohe Flexibilität bei der Konfiguration der C5. Oxygenator, Reservoir und weiteres Zubehör können sowohl rechtsseitig als auch linksseitig am optionalen seitlichen Mast angebracht werden.

Das Bedienkonzept funktioniert nach dem Prinzip der Stöckert S5. Alle Einstellungen werden über Touchscreens vorgenommen. Dies war für uns an die SC

gewöhnte Kardiotechniker zunächst umstellungsbedürftig. So aktivierten wir bisher die Überwachungsfunktionen mittels eines Drucks auf die entsprechende Taste am Bedienfeld. Nach einer kurzen Eingewöhnungsphase gehen einem die Handgriffe, wie z. B. das Aktivieren des Levelsensors, genauso flüssig von der Hand wie zuvor.

Das Bedienfeld für die Überwachungsfunktionen befindet sich horizontal unterhalb der großzügig gestalteten Ablage und beinhaltet insgesamt vier Touchscreens.

Da sich das System-Panel in Augenhöhe des Bedieners befindet, ist es gut abzulesen und zu bedienen. Alarmer und Hinweise werden optisch sowie auch akustisch angezeigt. Die einzelnen Monitore können bezüglich der Belegung mit den entsprechenden Parametern einzeln konfiguriert werden.



Prüfung auf „Herz und Nieren“: erster Einsatz für die C5 von Sorin.

In der uns zur Verfügung stehenden Version der C5 waren neben den Standardparametern wie Druck (arteriell/Kardioplegie), Levelsensor, Temperaturen, Timer, Luftblasensensor (arterielle Linie/Kardioplegielinie) auch eine Fernsteuerung für das Hypothermiegerät und eine Kardioplegiesteuerung installiert. Die Fernsteuerung für das Hypothermiegerät funktioniert leider nur mit dem 3T-Modell, und da

nur eines unserer verwendeten Hypothermiegeräte ein 3T-Modell ist, kam diese entsprechend selten zum Einsatz.

Die Kardioplegiesteuerung ist im Vergleich zur SC vereinfacht worden. Es kommt die gleiche Version der Kardioplegiesteuerung zum Einsatz, die auch in der S5 Verwendung findet. Diese ermöglicht eine manuelle sowie volumenkontrollierte Kardioplegiegabe. Eine zeitgesteuerte Triggung der entsprechenden Kardioplegiepumpen steht leider nicht mehr zur Verfügung; dies stellte sich in der Praxis jedoch nicht als Nachteil dar.

Die Bedienung der einzelnen Pumpen erfolgt über Drehknöpfe sowie Touchscreen, die entsprechend der Anordnung der Pumpen auf dem leicht geneigten Gehäuse angebracht sind. Einstellungen wie Schlauchgröße, Drehrichtung oder Feinabstimmung der Pumpe werden über das Menü mittels Touchscreen der einzelnen Pumpe eingestellt.

Eine Neuerung gegenüber der SC ist die Möglichkeit der Systemerweiterung der C5 mittels Mastpumpen, Zentrifugalpumpe, elektrischer arterieller Klemme und elektrischem venösen Okkluder. Hierzu stehen an der C5 insgesamt 6 Steckplätze zur Verfügung, die mit den entsprechenden Pumpen bzw. dem entsprechenden Zubehör belegt werden können. Damit kann man die C5 an seine individuellen Bedürfnisse anpassen; bei der SC war dies nur eingeschränkt möglich.

Die C5 hat uns in der Praxis überzeugt. Solide Verarbeitung, intuitive Bedienung, gute Ablesbarkeit der einzelnen Parameter und eine gute Arbeitsergonomie machen das Arbeiten an und mit der HLM einfacher und lassen Zeit, sich um das Wesentliche zu kümmern: die Perfusion des Patienten.

M. Wollenschläger, H. Jung,  
Kerckhoff-Klinik, Bad Nauheim

# TU Wien: Herzpumpe mit Luftantrieb

An der Technischen Universität (TU) Wien entsteht eine winzige Herzkatheterpumpe, die das menschliche Herz in kritischen Zuständen beim Pumpen unterstützt. Die Pumpe darf im Maßstab 1:1 nicht größer als fünf Millimeter im Durchmesser und 45 Millimeter in der Länge sein. Über einen Katheter gelangt sie bis zum Herzen und hilft zwischen den Herzklappen mit, das Blut aus dem Herzen zu pumpen. Neuartig ist vor allem der Pumpenantrieb, der erstmals pneumatisch erfolgt. Wissenschaftler der TU Wien haben im Auftrag des Herzchirurgen und Universitätsprofessors Werner Mohl einen Prototypen im Maßstab 2:1 angefertigt.

„Ziel war es, die Wärmeentwicklung, die beispielsweise durch einen elektromotorischen Antrieb der Pumpe zustande kommt, zu vermeiden. Die entstehende Wärme wird auf das Blut übertragen. Prof. Mohl ist an uns mit dem Wunsch herangetreten, eine Pumpe mit pneumatischem Luftantrieb zu konstruieren, die nicht gekühlt werden muss“, erklärt Projektleiterin Margit Gföhler vom Institut für Konstruktionswissenschaften und Technische Logistik der TU Wien.

Die Herzkatheterpumpe ist für eine kurzfristige Überbrückung nach einer OP oder nach einem Herzinfarkt gedacht. Sie soll für maximal fünf bis zehn Tage ein-

gesetzt werden. Über einen Schlauch wird die Pumpe mit Druckluft angetrieben. Das Blut, das gefördert wird, ist hermetisch abgetrennt von der Druckluft. Das angestrebte Fördervolumen soll fünf Liter pro Minute betragen.

Ein zweiter Prototyp wurde nun in Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnologie der TU Wien aus einer Keramik angefertigt. Das Projekt ist von der FFG (Forschungsförderungsgesellschaft) mit einem Innovationscheck unterstützt worden.

Ao. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Margit Gföhler, Technische Universität Wien

## Heidelberger Herzchirurgen implantieren weltweit erstmals DeBakey Heart Assist

Ende Juli 2009 haben Heidelberger Herzchirurgen weltweit erstmals ein innovatives „Kunstherz“ implantiert, das besonders effektiv, schonend und leise die Pumpfunktion der linken Herzkammer ersetzt. Bei dem 92 g schweren Gerät handelt es sich um eine Herzpumpe aus Kunststoff und Titan, die das Blut aus der geschwächten linken Herzkammer in die Hauptschlagader pumpt.

„Die Patientin hat den 3,5-stündigen Eingriff gut überstanden und ist wohlauf“, berichtet Prof. Dr. Matthias Karck, Ärztlicher Direktor der Klinik für Herzchirurgie

am Universitätsklinikum Heidelberg. Die 50-jährige Frau litt an einer Herzschwäche, die nicht mit Medikamenten behandelt werden konnte. Da aus medizinischen Gründen eine Herztransplantation nicht in Frage kam, wird die implantierte Herzpumpe nun dauerhaft ihr Herz unterstützen. Die Herzpumpe kann prinzipiell auch als Überbrückung für eine Herztransplantation eingesetzt werden.

Bei dem Gerät handelt es sich um die fünfte Generation des sogenannten DeBakey-Herzens. Es war in den 90er-Jahren in Zusammenarbeit mit der NASA von dem

renommierten, 2008 verstorbenen amerikanischen Herzchirurgen Prof. Michael DeBakey am Baylor College of Medicine in Houston entwickelt worden und wird jetzt von der US-Firma Micromed vertrieben. Aus der zunächst mehr als 1 kg schweren Pumpe, die nicht in den Brustkorb passte, ist mittlerweile ein handliches, leichtes Miniatur-Gerät geworden, das unmittelbar am Herzen getragen und extern rund um die Uhr elektronisch überwacht und gesteuert werden kann.

Dr. Annette Tuffs, Heidelberg

# Tradition und Moderne: Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, Herzchirurgische Klinik



RUPRECHT-KARLS-  
UNIVERSITÄT  
HEIDELBERG

Die Ruprecht-Karls-Universität, nach Prag und Wien eine der ältesten Universitäten Europas und die älteste Deutschlands, wurde bereits 1386 nach päpstlicher Genehmigung durch Kurfürst Ruprecht I. gegründet. Schwerpunkt war die Ausbildung von Kirchen- und Staatsdienern, was sich in der religiösen und humanistisch ausgerichteten Lehre widerspiegelte. Reformation und Calvinismus führten 1563 zum berühmten Heidelberger Katechismus. Neben Theologie wurden Recht, Philosophie und Medizin von Anfang an gelehrt. Die Blütezeit endete 1618 mit Beginn des Dreißigjährigen Krieges; die Kriegswirren unterbrachen immer wieder den Lehrbetrieb.

Während einer Phase der intellektuellen Mittelmäßigkeit und Gegenreformation entstand 1712 bis 1735 mit der Domus Wilhelmina am Universitätsplatz die heute sogenannte „Alte Universität“. Nach einem Neuanfang 1802 und finanzieller Unterstützung durch den badischen Großherzog Karl-Friedrich wurde die Universität in Ruprecht-Karls-Universität umbenannt. In der Weimarer Republik galt Heidelberg als eine Hochburg des demokratischen Geistes, was sich in der Widmung „Dem lebendigen Geist“ für die neuerbaute Universität („Neue Universität“) widerspiegelte.

Bereits vor dem Zweiten Weltkrieg schlug Prof. Martin Kirschner (1933–1942) die Brücke von der Allgemein- zur Herzchirurgie. 1924 führte er als Erster eine Embolek-

tomie der Lungenarterie und 1936 die einseitige Lungenlappenentfernung durch. Durch Prof. Fritz Linder (1962–1981), der 1952 in Berlin den ersten Ductus-Botalli-Verschluss durchführte, erfolgte 1961 die erste Operation am offenen Herzen in Heidelberg. Die eigenständige Abteilung Herzchirurgie unter der Leitung von Prof. Schmitz (1969–1988) wurde 1969 gegründet.

Unter Prof. Siegfried Hagl (1988–2006) wurde die Kinderherzchirurgie ausgebaut und die Herztransplantation eingeführt. Bis heute wurden in unserer Abteilung 455 Herzen transplantiert. Neue OP-Techniken, unter anderem die minimal-invasive Herzchirurgie, wurden unter Prof. Mathias Karck (seit 2006) etabliert. Das Leistungsspektrum unserer Klinik umfasst heute: Bypassoperationen, klappenerhaltende und klappenersetzende Eingriffe, z. T. in minimal-invasiver Technik, sowie die Aortenchirurgie. Es werden jährlich etwa 200 Schrittmacher und ICD in unserer Abteilung implantiert. Der demografische Wandel führte auch in unserer Klinik zu vermehrten Kombinationseingriffen.

Neben der Einführung neuer Perfusionsmethoden wie der selektiven Hirnperfusion in der Aortenchirurgie und dem HeartPort-Verfahren mit aktiv-venöser Drainage und geschlossenen EKZ-Systemen bei minimal-invasiven Eingriffen erweiterte sich auch unsere standardisierte kristalloide Myokardprotektion mit der Einführung der Blutkardioplegie.

Ebenso wurde die Implantation von Assistensystemen ausgebaut. Im Juni 2009 wurde an unserer Klinik weltweit erstmalig das kleinste intrathorakale LVAD, die MicroMed DeBakey, implantiert. Derzeit betreuen wir ca. 15 ECMO- (Levitronics/Biomedicus) und 10 Assistensysteme (HeartMate II Thoratec, Incor/Excor Berlin Heart, MicroMed/DeBakey) pro Jahr. Die Kinderherzchirurgie umfasst das komplette Spektrum der angeborenen und erworbenen Herzfehler. Heute werden jährlich etwa 1.500 Patienten an unserer Klinik unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine operiert, davon ca. 120 Kinder und Säuglinge.

Seit Juni 2009 leitet Herr Berthold Klein die Abteilung für Kardiotechnik. Unsere Abteilung umfasst heute acht Kardiotechniker (drei von der Akademie in Berlin), von denen die meisten durch das European Board of Cardiovascular Perfusion (EBCP) zertifiziert sind. Da das Aufgabenspektrum weit gestreut ist, wurden verschiedene Teams gebildet, um den neuen Anforderungen besser gerecht werden zu können. So kümmert sich ein Team um Patienten an ECMO- und Assistensystemen; Angehörige und Pflegepersonal werden im Umgang mit diesen Systemen geschult. Weitere Teams sind für die Kinderperfusion und Transplantation zuständig. In der Herztransplantation wird ein Transplantationskoordinator von der Kardiotechnik gestellt, der in Zusammenarbeit mit der Transplantationsambulanz die Patienten bei Eurotransplant an- und abmeldet und in der Betreuung der Patienten auf der Warteliste sowie bei Aufklärungsgesprächen und Informationstagen eine beratende Funktion innehat.

In jüngster Zeit führen wir die Organtransplantationen mit dem OCS-System von Transmedics durch. Bei diesem Verfahren wird das Spenderherz nach der Explantation in eine Perfusionseinheit integriert, wobei sich das Perfusat aus speziellen Lösungen und Spenderblut zusammensetzt. Das isoliert-perfundierte Herz wird schlagend transportiert, Ischämiezeiten während des Transports werden vermieden.

Neben den Kernaufgaben sieht sich unsere Abteilung auch als interdisziplinärer Dienstleister: Die Bereitstellung der extrakorporalen Zirkulation bei onkologisch-



Haupteingang Chirurgie



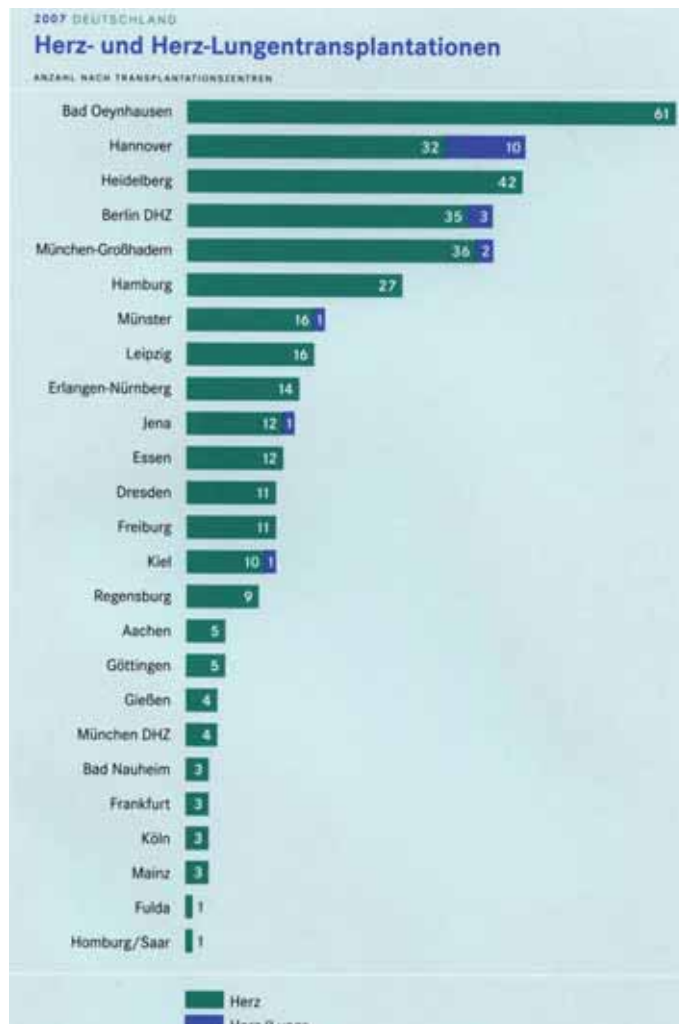
Das Team der Kardiotechnik (v. l. n. r.): Christian Neubert, Berthold Klein (leitender KT), Gülcan Ala, Christoph Lemberger, Bernd Bühn (stellvertr. Leiter KT), Thomas Bitter, Hermann Wiedenöhler

chirurgischen Eingriffen in der Urologie gehört ebenso zur Routine wie die hypertherme Bauchperfusion in Zusammenarbeit mit der Allgemeinchirurgie. Seit Anfang dieses Jahres werden in der Kardiologie in Zusammenarbeit mit der Herzchirurgie transfemorale und transapikale Herzklappen implantiert, wobei unsere Abteilung maßgeblich an der Entwicklung der Infrastruktur beteiligt war. Die Herzchirurgie hat eine eigene experimentelle Abteilung, in der auch die Kardiotechnik bei Versuchen und Studien eine wichtige Rolle spielt.

Neben Unterricht für Funktions- und Stationspflegekräfte ist vor allen Dingen die Mitarbeit im studentischen Unterricht im Rahmen einer Propädeutikwoche eine Bereicherung für die Abteilung. Auch in der Öffentlichkeitsarbeit ist unsere Abteilung stark vertreten. An Tagen der offenen Tür werden regelmäßig die Aufgaben und Tätigkeiten der Kardiotechnik interessierten Besuchern dargestellt. So können z. B. Kinder eine Herz-Lungen-Maschine bedienen oder wir stellen alte Modelle vor.

Da wir flexibel auf neue Herausforderungen reagieren wollen, besprechen wir regelmäßig potenzielle neue Arbeitsfelder. Die Veränderungen des chirurgischen Spektrums und die Einsatzmöglichkeiten der Kardiotechnik in anderen interdisziplinären Bereichen erfordern einen offenen kommunikativen Stil und eine hohe Flexibilität. Nur so können wir kommenden Generationen von Kardiotechnikern ein interessantes Arbeitsfeld bieten.

Berthold Klein, Bernd Bühn  
Abteilung Kardiotechnik  
Herzchirurgische Klinik, Heidelberg



HTX: zweiter Platz für Heidelberg.  
Quelle: Jahresbericht der DSO 2007



## Tagung der Experten: Symposium Kinderherz, 22.–23. Juni 2009, Freiburg

Im Rahmen eines Kinderherz-Symposiums trafen sich jetzt 33 Kinderherzchirurgen, Kardiologen, Kardiotechniker und Intensivpfleger zu einem fachlichen Austausch in Freiburg. Gemeinsam hatten das Universitätsklinikum Freiburg und die Sorin Deutschland GmbH das Symposium „Aktuelle Operationsstrategien in der Kinderherzchirurgie“ organisiert.

Aktuelle Forschungsergebnisse, OP- und Therapiestrategien und Erfahrungen des Klinikalltags wurden gleichermaßen offen präsentiert und Möglichkeiten und Grenzen der Kinderherzchirurgie diskutiert. Norbert Niedworok definierte das Ziel aller ärztlichen Bemühungen gleichermaßen umfassend wie einfach: „Eltern herzkranker Kinder wünschen sich nicht nur eine erfolgreiche Herzoperation ihrer Kinder, sie wollen ein insgesamt gesundes Kind mit nach Hause nehmen!“

Prof. Dr. Dr. h. c. Friedhelm Beyersdorf vom Universitätsklinikum Freiburg würdigte die enorme Entwicklung in der Kinderherzchirurgie innerhalb der letzten zehn Jahre; eine sinkende Mortalitätsrate sei durch Perfusionsverfahren und die Möglichkeit, Operationen zunehmend ohne Fremdblut durchzuführen, erreicht worden. Die Verbesserung der Herzunterstützungssysteme und die Bereitschaft zur Kooperation mit Kardiologie- und Diagnostik-Zentren in Straßburg und Luxemburg seien für die Fortschritte in der Kinderherzchirurgie von entscheidender Bedeutung. Und genau das ist – trotz aller Fortschritte in der Herzchirurgie – das Problem. Bis vor einigen Jahren war es nicht möglich, am schlagenden Herzen zu operieren. Herz- und Kreislaufstillstände mussten künstlich herbeigeführt werden, Herz-Lungen-Maschinen hielten außerhalb des Körpers den Blutkreislauf aufrecht. Bluttransfusionen, minder durchblutete weil künstlich stillgelegte Organe, Abwehrreaktionen des Körpers ... zahlreiche Risikofaktoren sind dafür verantwortlich, dass die Sterblichkeitsrate bei Neugeborenen, Kleinkindern und Kindern immer noch hoch ist, denn Operationen am Herzen von Neugeborenen oder Kleinkindern sind nicht nur rein technisch schwierig. Instrumente im Mini-Format, winzige Organe, jeder geöffnete Brustkorb



Eröffnungsvortrag von Prof. Dr. Robert Cesnjevar, Erlangen

ein Unikat, das sich nicht in schematischen Darstellungen von Lehrbüchern wiederfinden lässt. Jeder Befund ist individuell, jede Konstitution muss unter Berücksichtigung individueller Aspekte analysiert, Defekte diagnostiziert und Therapien konzipiert werden. Darüber hinaus sind Körper und Stoffwechselprozesse eines Neugeborenen oder Kleinkindes noch nicht ausgereift, die Belastbarkeit des Organismus ist gering.

Mehr als 5.000 Operationen am Kinderherzen werden in Deutschland jedes Jahr durchgeführt und die Chirurgen und Kardiotechniker sind wie Mitglieder eines großen Teams, die alle an einem Strang ziehen: „Dieses Symposium ist von unschätzbarem Wert, weil hier ein Höchstmaß an Fachkompetenz gebündelt ist und ein achtungsvoll-kollegialer Austausch möglich ist“, zeigte sich Prof. Dr. Christian Schlenzak von der Universitätsklinik Freiburg hoch zufrieden mit dem Tagungsverlauf.

Gemeinsam mit der Sorin Group Deutschland GmbH hatten die Freiburger Herzspezialisten den zweitägigen Austausch initiiert und organisiert. Nur wenn ein Spezialistenteam, bestehend aus Kardiologen, Chirurgen, Kardiotechnikern und Intensivmedizinern, eng und vertrauensvoll zusammenarbeitet, wenn Erfahrungen gebündelt, die technischen Möglichkeiten und Prozesse optimiert

sind, haben die Herzoperationen bei Neugeborenen und Kindern Aussicht auf Erfolg. Denn: Nicht nur das Herz selbst mit angeborenen oder erworbenen Defekten ist im Fokus der Operateure und Kardiotechniker: Gewebeschädigungen durch die (notwendige) mangelhafte Durchblutung im Bereich des Herzens selbst und/oder des Gehirns, schwere Infektionen, Schädigungen des Blutes, Thrombosen oder Nierenversagen waren bislang eher gleichermaßen traurige wie unvermeidliche Begleiterscheinungen von Herzoperationen bei Kindern. Diese Schäden zu minimieren, Lebenserwartung zu erhöhen und Lebensqualität zu verbessern – das sind die Aufgaben, mit denen sich die Kinderherzchirurgie konfrontiert sieht. Spätestens seit der Verbreitung des Aids-Virus durch Blutübertragungen setzt die Forschung alles daran, Verfahren zu entwickeln, bei denen Operationen ohne Fremdblut durchgeführt werden können. Die isolierte Aufrechterhaltung von Teilkreisläufen, so dass etwa die Durchblutung des Gehirns während der Operation weiterhin gewährleistet ist, oder chirurgische Eingriffe am schlagenden Herzen ohne Kreislaufstillstand sind neue Verfahren, die in den verschiedenen Herzzentren in Deutschland bereits erfolgreich angewendet werden. Organ-, Blut- und Gewebeschäden sollen möglichst vermieden werden, um die Belastung des Organismus gering zu halten,

dauerhafte Behinderungen abzuwenden und kürzere Krankenhausaufenthalte sowie eine schnellere Wiedereingliederung der kleinen Patienten in das unbeschwerte Familienleben zu ermöglichen.

Dipl.-Ing. Christoph Benk, Kardiotechniker und Mitglied des wissenschaftlichen Leitungsteams der Universität Freiburg, attestierte der Veranstaltung ein Höchstmaß an Fachkompetenz, den Teilnehmern die vorbildliche Bereitschaft zur kritischen Reflexion der eigenen Theorien vor dem Hintergrund des fachwissenschaftlich-kollegialen Austauschs.

Auch Prof. Dr. Christian Sebening (Universitätsklinik Heidelberg) unterstrich in

einer abschließenden Einschätzung die große Notwendigkeit, im Rahmen kleiner interdisziplinärer Workshops die Vielseitigkeit gegenwärtiger kardiochirurgischer Therapien und den aktuellen Stand der Wissenschaft zu diskutieren. Wenngleich für ihn auch in der Herzchirurgie die Devise „never change a winning team!“ gilt, fordert er auch die Bereitschaft zur ständigen Prozessoptimierung und kritischen Reflexion der eigenen OP-Praxis.

Caroline Gustedt, München

## 1. Fokustagung Herz: Intensivmedizin, Rhythmustherapie und EKZ, 1.–3. Oktober 2009, Duisburg

Unter dem Motto „Packen wir's an“ wurde von der DGTHG die erste Fokustagung Herz abgehalten. Zu den Themenschwerpunkten fanden die zum Teil parallel verlaufenden wissenschaftlichen Sitzungen sowie eine Posterpräsentation statt. Eine begleitende Industrieausstellung mit Ausstellern aus dem herzchirurgischen Bereich bot die Möglichkeit, sich über deren Produkte zu informieren.

Aus kardiotechnischer Sicht waren besonders die Sitzungen „Kardiotechnik im Wandel – neue Herausforderungen“ sowie die „EKZ außerhalb des OPs“ interessant. In der letztgenannten Sitzung wurden Vorträge aus der Sicht von Herzchirurgen, Kardiologen, Kardiotechnikern sowie Intensivmedizinern vorgestellt und im Anschluss diskutiert. Insbesondere der Vortrag, in dem Interhospitaltransporte

mit einem Netzwerk aus Klinik und peripheren Einrichtungen für den Patiententransport mit Herzunterstützungssystem vorgestellt wurden, fand erheblichen Diskussionsbedarf.

Zusätzlich gab es eine große Anzahl von Hands-on-Kursen und Workshops. Diese wurden zum Teil von kardiotechnischen Kollegen geleitet und durchgeführt, dabei wurden die Vorteile und Probleme dieser Systeme erörtert. Erwähnt seien hier die verschiedenen minimierten EKZ-Systeme wie ECC.O der Fa. Sorin Group, Softfusion der Fa. Medos Medizintechnik, Resting Heart der Fa. Medtronic sowie Rocsafe der Fa. Terumo. Im freien Training konnten hier „Geräteführerscheine“ erworben werden. Weitere Workshops zum Thema IABP, perioperative Beatmung und externe Schrittmachertherapie etc. er-

gänzten für die anderen Fachbereiche das Programm. Leider waren diese zum Teil wegen der parallel verlaufenden Sitzungen nur schlecht besucht.

Neben diesen Workshops stellte die FH Furtwangen ihren HLM-Simulator vor. In einem extra bereitgestellten Raum bestand die Möglichkeit, eine HLM unter realen Bedingungen zu bedienen. Plötzlich auftretende Notfallsituationen wie ein Luftblock im venösen Schenkel oder ein Membranversagen konnten hier simuliert werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass diese Tagung eine weitere Möglichkeit darstellt, theoretisches Wissen und praktische Erfahrungen zu erwerben.

Armin Koch, Bad Nauheim

## 23. EACTS Annual Meeting, 17.–21. Oktober 2009, Wien/Österreich

Im Rahmen der diesjährigen Konferenz der europäischen Herz- und Thoraxchirurgie (EACTS) in Wien fand am 17. Oktober die 9. Europäische Kardiotechnik-Tagung, die „European Conference on Perfusion Education and Training“, unter dem Motto „Strategien bei der Perfusion“ statt. Das European Board of Cardiovascular Perfusion als Veranstalter war mit der Teilnahme von mehr als 350 Besuchern sehr zufrieden.

Bei dem wissenschaftlichen Programm aus 19 Vorträgen und weiteren Postern sorgten Beiträge von Kardiotechnikern und Ärzten für einen vielseitigen Themenmix.

Neben Referaten über arterielle Filter, mikroembolische Komplikationen, Aspekte der Langzeit-Herz-Lungen-Unterstützung, Minisysteme oder Datenmanagement waren auch hochinteressante Beiträge über Gebiete in der Medizin zu hören, die sich neuerdings die Perfusionstechnologie zunutze machen. Von einem Programm namens EX-VIVO aus Kanada wurde berichtet, dass Spenderlungen, die sich in einem „grenzwertigen“ Zustand befinden, mittels eines 12-stündigen Perfusionsverfahrens in einem extrakorporalen Kreislauf vor der Implantation sich entscheidend verbessern. Hiermit kann die „Durchfallquote“ von

Spenderlungen reduziert werden, was das effektive Angebot erhöht.

In einem anderen Beitrag wurde auf den großen Nutzen einer ECMO-Therapie bei Patienten mit schwerem Lungenversagen hingewiesen. Die extrakorporale Oxygenierung erlaubt hier eine lungenprotektive Beatmung, unter der sich eine erkrankte Lunge wieder erholen kann. Die Erfahrungen aus der Kardiotechnik trugen hierbei entscheidend zur Sicherheit und damit zum Erreichen des Therapieziels bei.

Alexander Vehling, Rottenburg

## 38. Internationale Fortbildungs- und Arbeitstagung der DGfK, 6.–8. November 2009, Weimar

Nicht nur an einem neuen Ort, sondern auch unter einem neuem Konzept fand in diesem Jahr unsere 38. Jahrestagung im vom Vorstand sehr schön gewählten Congress Centrum Neue Weimarhalle in Weimar statt. Schirmherr der diesjährigen Tagung mit dem Motto „Kardiotechnik grenzenlos“ war Prof. Dr. med. Dr. h. c. Roland Hetzer vom Deutschen Herzzentrum Berlin, der leider verhindert war.

Am Freitagabend startete schon der erste Themenblock „Berufspolitik international“ mit Referenten aus Österreich, Schweiz, Dänemark, Deutschland und den Niederlanden. Die offizielle Eröffnung am Samstag übernahmen unser scheidender erster Vorsitzender Gerhard Lauterbach, Christoph Benk (Leiter des wissenschaftlichen Beirats) und der Bürgermeister der Stadt Weimar, Christoph Schwind.

Im Anschluss startete der zweite Themenblock: „Sicherheit an der HLM. Bei uns passiert nie was und bei Ihnen?“ Das schöne Wetter gab kurz die Möglichkeit, in der Mittagspause auf den Spuren von Goethe und Schiller zu wandeln und die interessante Industrieausstellung zu besuchen. Am Nachmittag wurden noch zwei Vortragsblöcke zu den Themen „10 Jahre minierte EKZ: Ist weniger mehr?“ und freie Vorträge durchgeführt. Dazwischen fand die Posterbegehung statt. Der sehr schön verlaufene Samstag mit vollem Auditorium fand am Abend einen großen Ausklang mit der Verleihung der Preise und der Laudatio von Peter F. Böttger für Herrn Gerhard Lauterbach, in der seine großen Verdienste als erster Vorsitzender gewürdigt wurden.

In der Mitgliederversammlung am Sonntag wurde ein neuer Vorstand gewählt (siehe

separaten Bericht). Das weitere Programm vom Sonntag umfasste verschiedene Workshops der Industrie und die interdisziplinäre Podiumsdiskussion „Transportable HLM – Wem gehört sie?“. Alle vier Referenten der Podiumsdiskussion waren sich darüber einig, dass der Kardiotechniker bei den Einsätzen der HLM immer dabei sein sollte. Wegen Fachkräftemangel sei es aber schwierig, dies derzeit zu realisieren. Für die Zukunft hofft man auf bessere Bedingungen, denn den transportablen HLM wird ein großes Wachstumspotenzial vorhergesagt.

Zusammenfassend kann ich sagen, dass mit 40 Referenten bzw. Vorträgen und mehr als 240 Anmeldungen (zweithöchste Teilnehmerzahl aller bisherigen Tagungen!) die Veranstaltung ein riesiger Erfolg war. Das ist der richtige Weg, weiter so!

Matthias Diefenbach, Frankfurt/Main

# Neues aus der Industrie

## OXYGENATOREN FÜR DIE KLEINSTEN

Jedes Jahr werden in Deutschland etwa 6.000 Kinder mit Herzfehlern geboren – die häufigsten aller angeborenen Fehlbildungen. Oft sind diese so schwerwiegend, dass sie operiert werden müssen. Die neuen Oxygenatoren Quadrox-i Neonatal und Quadrox-i Pediatric der Maquet Cardiopulmonary AG, Hirrlingen, ermöglichen dabei eine schonendere Perfusion als vergleichbare Produkte. Die Oxygenatoren überzeugen durch den integrierten arteriellen Blutfilter, den niedrigsten Druckverlust und das kleinste Primingvolumen.

Der Anschluss an eine EKZ ist für Neugeborene und Kleinkinder mit einem höheren Risiko verbunden als bei erwachsenen Patienten. Bei Kindern wird das Blut aufgrund des geringen Volumens sehr viel stärker verdünnt. Zudem reagieren sie sensibler als Erwachsene auf Blutschädigungen (Hämolyse), Mikroblasen oder Partikel im Blut.



Maquet Quadrox-i Neonatal

Durch das geringe Primingvolumen wird das Blut bei der Anwendung von Quadrox-i Neonatal oder Pediatric nicht so stark verdünnt. Der Quadrox-i Neonatal hat mit dem integrierten Filter ein gesamtes Füllvolumen von 40 ml. Dabei ermöglichen die hohe Blutflussleistung von 1,5 l/min beim Quadrox-i Neonatal und 2,8 l/min beim Quadrox-i Pediatric mit Gastransferoberflächen von 0,38 und 0,8 m<sup>2</sup> sowie der hohen Wärmetauscherleistung eine optimale

Sauerstoffversorgung von Neugeborenen und Kleinkindern.

Die besondere Webstruktur der Oxygenatoren bewirkt einen im Vergleich mit anderen Produkten deutlich geringeren Druckverlust an der Membran. Der Druckabfall beträgt bei einem Blutfluss von 0,7 l/min mit Filter nur 28 mmHg. Das beugt der Blutschädigung vor. Der widerstandsarme Blutfluss und der optimierte Gastransfer tragen zu einer schonenden Sauerstoffanreicherung des Blutes bei.

Bislang musste beim Einsatz eines arteriellen Filters abgewogen werden zwischen dem Nutzen des Ausfilterns von Mikroblasen und Partikeln und dem Risiko der zusätzlichen Blutverdünnung und der zusätzlichen Fremdoberfläche. Durch die Integration haben die Filter von Quadrox-i Neonatal und Quadrox-i Pediatric mit 2 und 18 ml ein Füllvolumen, das bis zu 90 % kleiner ist als bei vergleichbaren externen Filtern. So werden Mikroblasen und Partikel bis zu einer Größe von nur 33 Mikrometern herausgefiltert, ohne das Primingvolumen erheblich zu erhöhen. Zudem hat der integrierte Filter als einziger eine separate Vor- und Nachfilterentlüftung. Das erleichtert den Primingprozess und Luft kann über die Entlüftungslinie abgeleitet werden.

Die Integration des arteriellen Filters reduziert zudem die Größe der Fremdoberfläche, mit der das Blut in Kontakt kommt. So wird gemeinsam mit den schonenden Oberflächenbeschichtungen Softline und Boline Coating das Risiko von Entzündungen und Komplementaktivierungen im Blut verringert. Das venöse Reservoir reduziert durch die einzigartige Trichterform die Turbulenzen im zurückfließenden Blut auf ein Minimum. Das garantiert einen ruhigen Blutspiegel auch bei hohen Blutflussraten und niedrigem Füllzustand. Die integrierte Entlüftungsmembran ermöglicht ein einfaches Füllen des Oxygenators ohne Schütteln oder Klopfen.

## ERSTE SCHWEDISCHE PATIENTEN MIT MITRA CLIP BEHANDELT

Evalve, Inc., Menlo Park/Kalifornien, USA, ein führendes, auf die Entwicklung von Systemen zur perkutanen Rekonstruktion von Herzklappen spezialisiertes Unternehmen, gab bekannt, dass am Universitätsklinikum Karolinska im schwedischen Solna/Stockholm die erste Gruppe von Patienten mit dem MitraClip®-System be-

handelt wurde. Das System ist das einzige in der EU im Handel erhältliche Medizinergät, das Patienten, die an den Folgen einer funktionellen und degenerativen Mitralklappeninsuffizienz (MI) leiden, eine nichtchirurgische Therapieoption zur Rekonstruktion der Mitralklappe eröffnet.

Zurzeit wird das MitraClip-System in sechs westeuropäischen Ländern implantiert, darunter in Deutschland, Italien, Großbritannien, in den Niederlanden, der Schweiz und in Schweden.

Die perkutane Mitralklappenrekonstruktion mit dem MitraClip-System von Evalve wird vom Arzt im Katheterlabor durchgeführt. Bei dem Eingriff schlägt das Herz normal weiter, so dass der Einsatz einer HLM nicht erforderlich ist. Neben der Verbesserung des Blutflusses im Herzen können sich durch den Eingriff auch Symptome wie schnelle Ermüdung und Kurzatmigkeit, an denen Patienten mit einer klinisch signifikanten Mitralklappeninsuffizienz häufig leiden, bessern. In der Regel erholen sich die Patienten nach dem Eingriff sehr schnell. Der MitraClip kann die Lebensqualität verbessern und dazu beitragen, dass bei Patienten mit Mitralklappeninsuffizienz ein chirurgischer Eingriff umgangen oder zumindest hinausgezögert wird. Zugleich bleiben die chirurgischen Optionen (Klappenrekonstruktion bzw. Klappenersatz) erhalten, sollten diese zu einem späteren Zeitpunkt erforderlich werden.

## KOOPERATION BEI TELEMEDIZINISCHER BETREUUNG VON HERZINSUFFIZIENZPATIENTEN

In Zukunft werden die Biotronik GmbH & Co. KG, Berlin, und der führende, global aufgestellte Telemedizinprovider VitaPhone GmbH, Mannheim, bei der telemedizinischen Betreuung von kardiovaskulär erkrankten Patienten mit aktiven Implantaten in Deutschland noch enger als bisher zusammenarbeiten.

Die Telemedizin hat sich in den letzten Jahren zunehmend als wertvolle Methode bei der Betreuung von herzkranken Patienten etabliert. Die Vorteile für die Leistungserbringer und Kostenträger ergeben sich aus einer Verbesserung von Diagnostik und Therapie sowie einem zeit- und kosteneffizienten Patientenmanagement.

Biotronik Home Monitoring ist für das gesamte Produkt-Portfolio von Herzschritt-

machern, ICDs und CRT-Systemen (kardiale Resynchronisationstherapie) verfügbar. Es erlaubt den Ärzten, über eine gesicherte Website den klinischen Status ihrer Patienten und den Implantatstatus jederzeit und von jedem Ort der Welt aus zu überwachen. Die tagesaktuelle Fernbeobachtung von z. B. herzinsuffizienten Patienten eröffnet neue Möglichkeiten in einem auf Prävention ausgerichteten Therapiemanagement.

„Biotronik als Pionier der Telekardiologie im Bereich der aktiven Implantate und Vitaphone als Betreiber des ersten und bisher einzigen VDE-zertifizierten Telemedizinischen Service Centers in Deutschland bieten sehr erfolgreich Lösungen für die zunehmend komplexer werdende Betreuung herzkranker Patienten an“, sagt Roberto Belke, Geschäftsführer Biotronik Vertriebs GmbH & Co. KG, zu der strategischen Partnerschaft der beiden Unternehmen. „Der Fokus wird zunächst bei der telemedizinischen Betreuung herzinsuffizienter Patienten liegen, bei denen durch ein engmaschiges Monitoring der Implantat- und Vitalparameter eine Verschlechterung des Gesundheitszustands frühzeitig erkannt werden kann“, ergänzt Matthias Quinger, Geschäftsführender Gesellschafter, Vitaphone GmbH.

Herzstück aller telemedizinischen Betreuungssysteme ist das rund um die Uhr dienstbereite und mit Ärzten sowie qualifiziertem medizinischen Assistenzpersonal besetzte telemedizinische Service-Center in Chemnitz. Das Team betreut die Patienten, führt die elektronische Patientenakte, dokumentiert Befunde, wertet EKGs sowie andere medizinische Daten aus und leitet diese an die behandelnden Ärzte in Klinik und Praxis weiter. In Notfall-Situationen übernimmt das telemedizinische Service-Center das komplette Notfall-Management.



# Mitteilungen

der DEUTSCHEN GESELLSCHAFT  
FÜR KARDIOTECHNIK E. V.

Vorstand: Dipl.-Ing. Christoph Benk, Uniklinikum Freiburg, Telefon: 07 61 / 2 70-25 88, Telefax: 07 61 / 2 70-24 33, E-Mail: christoph.benk@uniklinik-freiburg.de

## VERABSCHIEDUNG VON GERHARD LAUTERBACH

Am 7.11.2009 wurde unser 1. Vorsitzender, Herr Gerhard Lauterbach, nach 24 Jahren in diesem Amt anlässlich der 38. Internationalen Fortbildungs- und Arbeitstagung in Weimar verabschiedet.

1971 begann er in dem damals noch jungen Fachbereich der Herzchirurgie und baute an der Universitätsklinik Köln die kardiotechnische Abteilung auf. Im gleichen Jahr zählte er auf der ersten Jahrestagung in Hamburg zu den Gründungsmitgliedern des „Verbandes der Kardiotechniker Deutschlands“. 1984 wurde er auf der 13. Jahrestagung in Basel als Schriftführer erstmals in den Vorstand und ein Jahr später, 1985 in Essen, zum 1. Vorsitzenden gewählt.

Während dieses Zeitraums erlebte die Kardiotechnik in Deutschland eine stürmische Entwicklung. Zählten 1971 gerade mal 26 Personen zum Kreis der Kardiotechniker, waren es 25 Jahre später schon 286 ordentliche Mitglieder. Heute sind es 345 ordentliche, 109 außerordentliche sowie 12 assoziierte Mitglieder, die in der DGfK organisiert sind. Die Anforderungen an die Kardiotechnik haben ebenfalls eine stürmische Entwicklung genommen. So wurden die heutige Membranoxygenie-

rung und die verschiedenen Herzunterstützungssysteme erst durch die Mitarbeit und die praktischen Erfahrungen der Kardiotechniker möglich.

Steigende Anforderungen an die Kardiotechnik machten es erforderlich, dass sich der Vorstand unter Führung von Gerhard Lauterbach schon frühzeitig um eine adäquate Aus- und Weiterbildungsmöglichkeit für Kardiotechniker bemühte. Durch den Mitgliederbeschluss 1986 in Bad Krozingen, die Ausbildung von Kardiotechnikern auf dem Niveau einer Fachhochschule zu etablieren, wurde ein schon damals ehrgeiziges Ziel vorgegeben. In den folgenden Jahrzehnten engagierte sich Gerhard Lauterbach dafür in zahlreichen Sitzungen, Gesprächen und Diskussionen mit den zuständigen Behörden und Ausbildungseinrichtungen. Schließlich wurde 1988 in Berlin unter dem damaligen Leiter Peter Böttger die Akademie für Kardiotechnik als erste Ausbildungsstätte für Kardiotechnik in Deutschland gegründet. In den Folgejahren wurden Studiengänge mit dem Schwerpunkt Kardiotechnik an verschiedenen Fachhochschulen und Hochschulen eingerichtet.

Die in der Satzung festgelegte Veranstaltung einer eigenen Jahrestagung so-

wie die Herausgabe der Zeitschrift KARDIOTECHNIK wurden unter der Ägide von Gerhard Lauterbach im Laufe dieser langen Zeit den wirtschaftlichen und rechtlichen Erfordernissen angepasst. Die 1984 erfolgte Namensänderung des Vereins, das bereits in seiner vierten Auflage vorliegende Handbuch der Kardiotechnik oder die 1996 erstmals auf einem Server der FH Jülich vorgestellte eigene Homepage des Vereins wurden von ihm mitinitiiert. Fragen zu Haftungsproblemen und zur Eingruppierung von Kardiotechnikern gehörten wie die Bündelung der verschiedenen Arbeitskreise seit nunmehr 24 Jahren zu seiner erfolgreichen Arbeit. Mit der Gründung des EBCP und der 1995 erstmals erfolgten Zertifizierung von Kardiotechnikern und Ausbildungsstätten konnte schließlich ein weiterer wichtiger Schritt zu einer einheitlichen Berufsausbildung und Anerkennung gemacht werden.

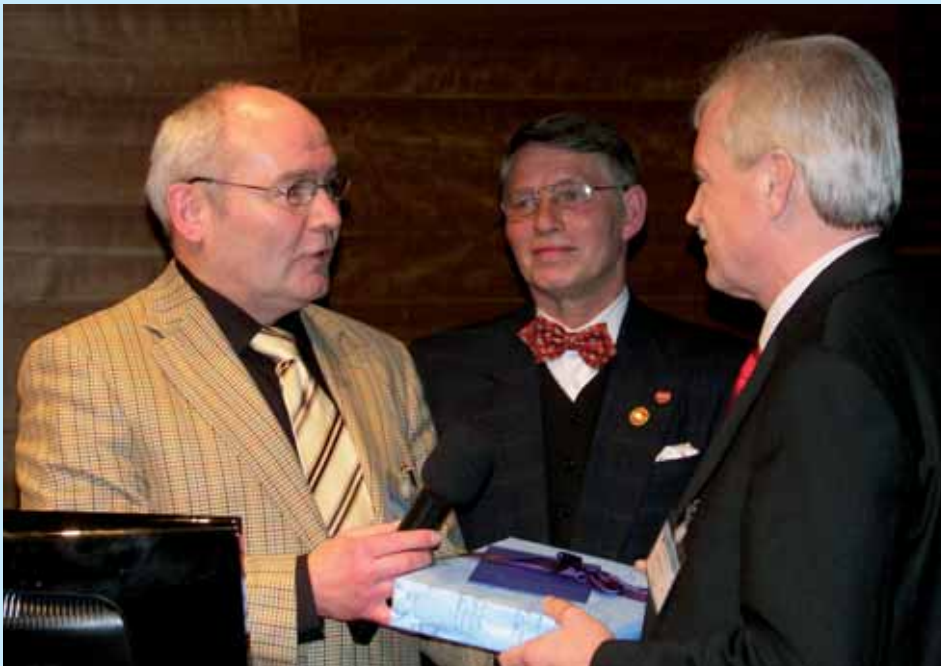
Obwohl er sein großes Ziel, die staatliche Berufsanerkennung, nicht erreichen konnte, hat er den Verein sowie die Kardiotechnik in Deutschland in den letzten zweieinhalb Jahrzehnten maßgeblich und erfolgreich mitgeprägt. Im Namen des Vorstands sowie aller Mitglieder danken wir Herrn Gerhard Lauterbach für seine engagierte Arbeit und wünschen ihm für die Zukunft viel Glück, Gesundheit und alles Gute.

Dieter Lorenz, Schatzmeister  
Bad Nauheim

## VORSTANDSWAHLEN 2009

Entsprechend der Vereinssatzung fanden am 8.11.09 anlässlich der 38. Jahrestagung der DGfK in Weimar die Wahlen zum Vorstand statt. Trotz der frühen Stunde hatten sich über 80 Mitglieder eingefunden, denn es galt, nach 24 Jahren einen neuen ersten Vorsitzenden zu wählen. Gerhard Lauterbach stand nicht mehr für diese Position zur Verfügung, da er im kommenden Jahr in Ruhestand geht.

So wurde mit großer Mehrheit (96 % der Stimmen) Christoph Benk, Freiburg, zum neuen ersten Vorsitzenden gewählt – herzlichen Glückwunsch. Er ist Diplom-Ingenieur, ltd. Kardiotechniker an der Uniklinik



Dank im Namen aller für 24 Jahre DGfK-Arbeit: H. Weitkemper, P. Böttger (hielt die Laudatio) an G. Lauterbach (v. l. n. r.)



Der neue Vorstand (v. l. n. r.): G. Hipp, D. Lorenz, A. Bauer, F. Born, C. Benk

Freiburg und hat als Leiter des wissenschaftlichen Beirats bereits die zweite Jahrestagung organisiert. Christoph Benk (Jahrgang 1974) absolvierte seine Ausbildung in Villingen-Schwenningen und ist seit 1998 Mitglied in der DGfK.

Als neuer stellvertretender Vorsitzender wurde Adrian Bauer, MediClin Herzzentrum Coswig, gewählt. Er ist nicht nur seit 2003 dort ltd. Kardiotechniker, sondern engagiert sich auch stark im EBCP als deutscher Delegierter. Adrian Bauer (Jahrgang 1972) ist seit 11 Jahren Mitglied der DGfK und hat an der Universität Aarhus/DK seinen „Master of Cardiovascular Technology“ (MCVT) gemacht.

Die übrigen Vorstandsmitglieder wurden in ihren Ämtern bestätigt: Gernot Hipp, ltd. Kardiotechniker am Robert-Bosch-Krankenhaus, Stuttgart, als Beisitzer, Dieter Lorenz, Bad Nauheim, als Schatzmeister und Frank Born, ltd. Kardiotechniker in Konstanz/Kreuzlingen, als Schriftführer. Herzlichen Dank an alle für die geleistete Arbeit und viel Erfolg bei den umfassenden Aufgaben der nächsten zwei Jahre.

Gunter Morche, Hamburg

## FÖRDERPREISE FÜR KARDIOTECHNIKER

Das unabhängige Preisgericht hatte sofort getagt: Schon kurz nach dem letzten Referat standen die Gewinner der Kardiotechnik-Förderpreise fest und konnten unmittelbar danach anlässlich des Festabends verkündet werden. Die Preise für die bes-

ten Vorträge auf der 38. Jahrestagung der DGfK erhielten folgende klinisch tätigen Kardiotechniker:

**1. Preis** – Frank Münch, Erlangen, mit dem Vortrag „In-vitro-Vergleichsstudie zwischen Standardset und neuem PVC- und weichmacherfreiem Schlauchsystem“

**2. Preis** – Christian Ulrich, Coswig, mit dem Vortrag „Optimierung der venösen Drainage am minimierten EKZ-System MECC“

**Posterpreis** – Sebastian Tiedge, Hannover, mit dem Thema „Bikarbonatgepufferte Hämofiltration (BB-HF) zur Herstellung einer physiologischen Priminglösung für die pädiatrische Herzchirurgie“

Allen Gewinnern herzlichen Glückwunsch.

Gunter Morche, Hamburg

## TERUMO-PREISE

Die Vergabe dieser Preise soll Kardiotechniker ermutigen, regelmäßig Fachbeiträge in der Zeitschrift KARDIOTECHNIK zu veröffentlichen. Anlässlich des Festabends der DGfK-Jahrestagung wurden die Urkunden für die besten Beiträge im Jahrgang 2008 in dieser Zeitschrift überreicht. Herr Michael Brauner, Terumo Deutschland, übergab Preise in Höhe von 800 Euro und 500 Euro an folgende Kardiotechniker:

**Preis A – Originalarbeit:**

„Interhospitaltransfer mit extrakorporalen Perfusionssystemen“, Alois Philipp, Uniklinik Regensburg

## Preis B – Erstveröffentlichung:

„Performer Cardio Pulmonary Bypass“, Adrian Bauer, Herzzentrum Coswig

Beide Beiträge sind in Heft 1/2008 nachzulesen. Herzliche Glückwünsche an die Gewinner und vielen Dank für die Unterstützung und Förderung an die Fa. Terumo, Eschborn.

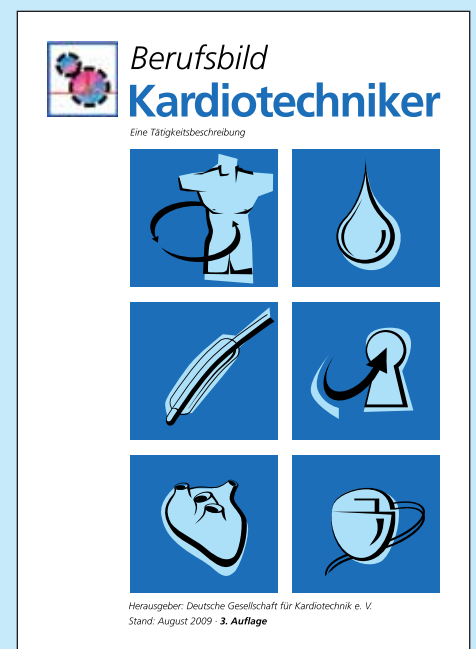
Gunter Morche, Hamburg

## NEUE BROSCHÜRE

### „BERUFSBILD KARDIOTECHNIKER“

Bereits 1995 erarbeitete ein Team von Kardiotechnikerinnen und Kardiotechnikern im Auftrag der DGfK eine Tätigkeitsbeschreibung zum Berufsbild. Jetzt ist die dritte, umfassend geänderte Auflage der Broschüre erschienen. Sie berücksichtigt den großen Wandel in der Herzchirurgie bzw. Kardiotechnik und zeigt neue Tätigkeitsbereiche auf.

Darüber hinaus kann die Broschüre auch klinikintern hilfreich und nützlich sein, das Leistungsspektrum des anspruchsvollen Berufs zu veranschaulichen und ggf. zu erweitern.



Seit der Jahrestagung in Weimar steht die neue Broschüre als PDF zum Download bereit unter [www.dgfmt.de](http://www.dgfmt.de) oder kann unter [kardiotechnik-gmbh@t-online.de](mailto:kardiotechnik-gmbh@t-online.de) angefordert werden.

Gunter Morche, Hamburg

## 9. KONFERENZ FÜR BILDUNG UND AUSBILDUNG; ECoPEAT, EUROPEAN CONFERENCE ON PERFUSION EDUCATION AND TRAINING

Die Fortbildungsveranstaltung des EBCP fand in diesem Jahr in Wien statt und avancierte mit mehr als 350 Teilnehmern zur größten, jährlich stattfindenden internationalen Tagung mit dem Thema Perfusion auf europäischer Ebene. Die kostenlose Tagung wurde vom akademischen Komitee des EBCP organisiert und Carole Hamilton hat wie jedes Jahr ganze Arbeit geleistet, was durch die hohe Teilnehmerzahl bestätigt wurde. Vor allem Gäste aus Übersee wie Mark Kurusz (Galveston, USA) oder Gerard J. Myers (Halifax, Kanada) unterstrichen die internationale Ausrichtung und Bedeutung der Tagung. Das Abstractbook lässt sich weiterhin von der Website der europäischen Kommission herunterladen: [www.ebcpc.org](http://www.ebcpc.org). Die nächste ECoPEAT-Tagung findet am 11.09.2010 in Genf/Schweiz statt ([www.ebcpc.org](http://www.ebcpc.org); Abstract submission deadline: noch offen). EACTS-Kongress: 11.–15.9.2010 ([www.eacts.org](http://www.eacts.org), Abstract submission deadline: 1.4.2010).

### EUROPEAN BOARD MEETING

Während der diesjährigen zweiten EBCP-Sitzung waren für Deutschland anwesend: Frank Merkle (Generalsekretär des Boards), Carole Hamilton (Mitglied des akademischen Komitees) und Adrian Bauer (Delegierter für Deutschland).

### Akkreditierungskomitee: Akkreditierung der Ausbildungszentren

Erklärung: Dieses Komitee beschäftigt sich mit der Zulassung von Schulen, welche Studenten ausbilden, die als Kardiotechniker nach ECCP arbeiten möchten. Die Schulen müssen die Kriterien des EBCP erfüllen, um als anerkanntes Ausbildungszentrum ihren Absolventen den Zugang zum Erhalt des ECCP zu ermöglichen. Alle Schulen werden in regelmäßigen Abständen (i. d. R. 5 Jahre) von Mitgliedern des Akkreditierungskomitees besucht, um die Standards des EBCP zu sichern.

Wenn eine bereits akkreditierte Ausbildungsstätte die vom EBCP geforderten Mindeststandards wiederholt erreicht oder übertroffen hat, wird den Absolventen dieses Programms das ECCP auf Antrag und ohne weitere Prüfung zugesprochen. Diesen Prozess nennt man Harmonisierung. Von dieser Regelung profitieren nach der Harmonisierung der Perfusionsschule Aarhus/Dänemark und der AfK Berlin nun auch die Absolventen der HFU –

Hochschule Furtwangen University. Den Absolventen der HFU mit dem Studienschwerpunkt Operationsingenieur/Kardiotechnik und Abschluss im Jahr 2009 wird das „European Certificate in Cardiovascular Perfusion“ (ECCP) ohne zusätzliche EBCP-Prüfung anerkannt. Die Anträge zur Zertifizierung nach dem Harmonisierungsprozess sind über Prof. Haimerl, HFU Furtwangen, oder über mich zu erhalten. Eine der nächsten Schulen, welche von der Harmonisierung profitieren werden, ist die Perfusionsschule in Leiden/Holland.

### Zertifizierung

Europaweit wurden 22 Anträge auf Zulassung zur Prüfung gestellt, Weitere 16 Anträge gingen von Kandidaten aus den sog. „harmonisierten“ Programmen ein. Es sei an dieser Stelle nochmals auf die Zulassungskriterien hingewiesen, welche auf der Website der DGfK nachzulesen sind (<http://www.dgft.de/ebcp/pruefung.html>). Die schriftliche Prüfung findet in diesem Jahr am 21.11. um 8:00 Uhr am Herzzentrum Leipzig statt. Die praktische und mündliche Prüfung kann wahlweise vor oder nach der schriftlichen Prüfung durchgeführt werden.

### Rezertifizierung 2009

In diesem Jahr müssen sich alle Kollegen mit letzter Rezertifizierung im Jahr 2006 und alle Kollegen mit erstmaliger Zulassung als Kardiotechniker mit ECCP im Jahr 2006 rezertifizieren. Bitte senden Sie Ihre vollständigen Unterlagen an die untenstehende Adresse.

### Rezertifizierung nach langer Pause

Alle Nachweise über praktische und theoretische Arbeit müssen aufgearbeitet und eingesandt werden. Dies gilt für alle verpassten Zeiträume gleichermaßen. Wenn z. B. die letzte Rezertifizierung bis 2002 gültig war, dann müssen die Jahre 2003–2005 und 2006–2009 nachgewiesen werden. Der dann gültige neue Rezertifizierungszeitraum gilt von 2009–2011 (vergleichbar mit dem deutschen TÜV für Autos).

1. Praktische Tätigkeit, mindestens 40 EKZ
2. Fort- und Weiterbildung:
  - Nachweise von letzter Zertifizierung bis 3 Jahre später und dann
  - alle folgenden 3-Jahres-Intervalle (Tipps und Erläuterungen: [www.dgft.de/ebcp](http://www.dgft.de/ebcp)).

Um den Kollegen und Kolleginnen gegenüber gerecht zu sein, die sich all die Jahre rezertifiziert haben, muss auch hier die

gesamte Gebühr für alle Zeiträume bezahlt werden (d. h. für alle offenen 3-Jahres-Intervalle bis 2009 jeweils 48,00 Euro).

### Neuigkeiten vom EBCP

Nach 15,5 Jahren ehrenamtlicher Mitarbeit im EBCP hat Frau Renate Behr bekanntgegeben, ihre Arbeit im Zertifizierungskomitee zu beenden. Frau Behr hat über diesen langen Zeitraum mit viel Engagement das European Board geprägt und mit ihrer Person maßgeblich zum Erfolg dieses Gremiums beigetragen. Heute ist die Zertifizierung nach EBCP Einstellungsvoraussetzung in den meisten Kliniken und das Ausbildungsniveau für Kardiotechniker ist europaweit deutlich gestiegen. Möglich wurde dies vor allem durch die engagierte Arbeit von Kolleginnen und Kollegen wie Renate Behr, die feierlich vom European Board verabschiedet wurde. Liebe Renate, vielen Dank für deinen großartigen Einsatz und deinen Support in allen Fragen rund um das EBCP und unseren Beruf!

Adrian Bauer

German Delegate European Board of Cardiovascular Perfusion

MediClin Herzzentrum Coswig  
Lerchenfeld 1, 06869 Coswig

[baueradrian@msn.com](mailto:baueradrian@msn.com)Mitteilungen

### NEUE MITGLIEDER IN DER DGfK

Bis 6. November 2009 wurden als **ordentliche Mitglieder** in die DGfK aufgenommen:

Döres, Albert, Hennef  
Dzieciol, Robert M., München  
Ertl, Michael, Sinzing  
Moldenhauer, Peter, Bad Berka  
Norman, Micka, Augsburg  
Oehrlein, Steffen, Feucht  
Söhnholz, Stefan, Nidda  
Steiner, Michael, Braunschweig  
Treuner, Tina, St. Augustin

Als **außerordentliche Mitglieder** begrüßen wir:

Binder, Katharina, Friedenweiler  
Gondorf, Lukas, VS-Schwenningen  
Leusder, Stefan, Essen  
Ricci, Denis, Tuttlingen  
Sharifi, Hoda, Bad Homburg

**HERZLICH WILLKOMMEN!**



## UNBEKANNT VERZOGENE MITGLIEDER

Die folgenden Mitglieder sind leider unbekannt verzogen. Wer den neuen Arbeits- oder Wohnort kennt, wird um eine Nachricht an die DGfK gebeten: Tel.: 06032/996-2519, Fax: 06032/86234, E-Mail: kardiotechnik.gmbh@t-online.de

Arndt, Joachim, Reichenau  
 Costabile, Simon, Zürich/Schweiz  
 Kowalke, Paul, Ellerbek  
 Nonner, Nils Christoph, Wien/Österreich  
 Pehlke, Jens, Greifswald

## ZUM JAHRESWECHSEL

*Neues Jahr, neuer Kurs. Alles soll anders, vor allem besser werden. Ein neuer Zeitplaner kommt zum Einsatz und fordert Termine. Wir planen Urlaube, Fortbildungen, Feiern und Familientreffen – und der selbstgemachte Stress beginnt wie jedes Jahr.*

*Da hilft es, Prioritäten zu setzen und zu entscheiden, was wirklich wichtig ist, was noch Zeit hat oder ganz gestrichen werden kann. Hauptsache, die Richtung stimmt, wir konzentrieren uns auf das, was wirklich wichtig ist, und schon beginnt das neue Jahr ohne Hektik.*

*Frohe Feiertage und ein erfolgreiches 2010 wünschen*

Vorstand der DGfK und  
 Redaktion KARDIOTECHNIK

## Pressespiegel

Aus der Thüringischen Landeszeitung  
 vom 7. November 2009

### Eine Tagung mit Herz in Weimar

Entwicklungen der Kardiotechnik

**Weimar/Bad Berka.** (tlz) „Kardiotechnik grenzenlos“ ist das Motto der 38. Internationalen Fortbildungs- und Arbeitstagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiotechnik. Seit Freitag tagt diese in der Weimarahalle.

Noch bis zum Sonntag sprechen hier Kardiotechniker aus allen Bundesländern und dem benachbarten Ausland, wie beispielsweise den Niederlanden, miteinander über Ausbildung, Berufsanerkennung und Weiterentwicklung ihres Berufsfeldes. Auch die Zentralklinik Bad Berka mit dem ältesten Herzzentrum in der Region gestaltet die Ver-

anstaltung mit. 1968 wurde dort zum ersten Mal eine Herz-Lungen-Maschine zum Einsatz gebracht. „Heute haben wir vier Geräte zur Verfügung, mit denen wir jährlich an die tausend Operationen durchführen“, erklärte Peter Moldenhauer, leitender Kardiotechniker in der Bad Berkaer Klinik. Begleitend zur Tagung sind in den Räumen der Weimarahalle Produkte aus der Kardiotechnik wie die neueste Generation von Herz-Lungen-Maschinen, ausgestellt. Sie reduzieren deutlich die Gegenreaktion des Körpers, die beim Kontakt zwischen Blut und Schläuchen entsteht.

Aus dem St. Galler Tagblatt



Spital Kato: Die Funktion der Life Box wird kontrolliert. Die Life Box an Bord des Rega-Ansitzhelikopters. Nach der Landung wird die Patientin in Spital gebracht.

### High-Tech im Rega-Jet

In einem Jet der Schweizerischen Rettungsflugwacht Rega ist zum ersten Mal eine mobile Herz-Lungen-Maschine zum Einsatz gekommen. Eine deutsche Touristin musste von Kroatien nach Deutschland geflogen werden.

Zum ersten Mal war letzte Woche die mobile Herz-Lungen-Maschine «Life Box» auf einem Flugplatz in 12000 Metern Höhe im Einsatz, wie die Rega mitteilte. Mit der Life Box wird der Zustand des Patienten vor Ort stabilisiert, so dass der Transport in das weitestgehendste Zentrum seiner weiteren Krankheitsverläufe möglich ist.

Letzten Montag kam die Life Box erstmals zum Einsatz. Touristin verkränkt

Eine 58-jährige deutsche Touristin erkrankte in der kroatischen Stadt Kato an einem schweren Lungenvirus. «Vor der Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine kann das Leben der jungen Deutschen noch retten, sobald die Rega in einer Mitteilung. Das italienische Krankenhaus verfügt jedoch nicht über die notwendigen Apparate, und ein Transport nach Zagreb ist aufgrund des kritischen Zustandes der Patientin nicht möglich.

Ein Antriebswagen zog nach Kroatien, an Bord die Herz-Lungen-Maschine wurde ein hochqualifiziertes Fachpersonal und ein drittklassiges «Cardio-Life Support Team» des Herz-Zentrums Basel. Die Patientin wurde nach Deutschland geflogen, ihr Zustand war stabil.

Maskieren im schnee

Die herkömmlichen Herz-Lungen-Maschinen, wie sie in Kliniken bei Herzoperationen zum Einsatz werden, sind nicht nur zu gross. Mit einem Gewicht von 200 Kilogramm sind sie auch zu schwer, um in Flugzeugen während eines Patienten-Transportes eingesetzt werden zu können.

In Zusammenarbeit mit dem Herz-Zentrum Basel wurde die «Life Box» (Group – dem Erländerischen Hersteller von Herz-Lungen-Maschinen – gelungen, das Problem zu lösen [ed.]

# Kongresstermine

2010

1. 46<sup>th</sup> Annual Meeting of The Society of Thoracic Surgeons  
25.–27. Januar, Fort Lauderdale, USA  
**Info:** The Society of Thoracic Surgeons, 633N. Saint Clair Street, Suite 2320, Chicago, IL 60611 – 3658  
Tel.: (+1-312) 202 58 00; Fax: (+1-312) 202 58 01; E-Mail: sts@sts.org
2. 39. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Thorax-, Herz- und Gefäßchirurgie  
14.–17. Februar, Stuttgart  
E-Mail: jahrestagung@dhm.mhn.de; www.dgthg-jahrestagung.de
3. The 30<sup>th</sup> Annual Cardiothoracic Surgery Symposium  
4.–7. März, San Diego, USA  
**Info:** Susan Westwood, San Diego Cardiothoracic Surgery Symposium, 793-A E. Foothill Boulevard, 119 San Luis Obispo, CA 93405  
Tel.: (+1-805) 541 31 18; Fax: (+1-716) 809 40 82; E-Mail: susan@amainc.com
4. 15<sup>th</sup> Annual Update on Cardiopulmonary Bypass  
21.–26. März, Whistler, BC, Kanada  
**Info:** Heather Spiess  
E-Mail: heather@societyhq.com; www.scahq.org/sca3/events/2010/cpb
5. MedBiquitous Annual Conference and 2<sup>nd</sup> International Conference on Virtual Patients  
26.–28. April, London, UK  
E-Mail: Info@medbiq.org
6. 90<sup>th</sup> Annual Meeting – American Association for Thoracic Surgery  
1.–5. Mai, Toronto, Kanada  
**Info:** 900 Cummings Center, Suite 221 – U, Beverly, MA 01915  
Tel.: (+1-978) 927 83 30; www.aats.org/annualmeeting
7. 6<sup>th</sup> International Conference on Pediatric Mechanical Circulatory Support Systems and Pediatric Cardiopulmonary Perfusion  
27.–29. Mai, Baltimore, USA  
**Info:** Akif Undar, Ph.D.  
Tel.: (+1-717) 531 67 06; E-Mail: pedsabstracts@hmc.psu.edu  
www.hmc.psu.edu/childrens/pedscpb/
8. Bypass, Balloon Pumps and Circulatory Support  
7. Juni, London, UK  
**Info:** Penny Appelbe, 35–43 Lincoln's Inn Fields  
Tel.: (+44-20) 78 69 63 36; Fax: (+44-20) 78 69 63 29  
E-Mail: pappelbe@rcseng.ac.uk
9. International Society for Minimally Invasive Cardiothoracic Surgery (ISMICS)  
12<sup>th</sup> Annual Scientific Meeting  
16.–19. Juni, Berlin  
**Info:** EJ Weldon, 900 Cummings Center, Suite 221-U, Beverly, MA, USA  
Tel.: (+1-978) 927 83 30; E-Mail: ISMICS@prri.com; www.ismics.org

## Impressum

### Anschrift für Autoren bzw. Fachbeiträge

Johannes Gehron, Schriftleiter  
Universitätsklinikum Gießen u. Marburg GmbH  
Klinik f. Herz-, Kinderherz- u. Gefäßchirurgie  
Rudolf-Buchheim-Str. 7, 35392 Gießen  
Telefon 06 41 / 99 44-257  
Telefax 06 41 / 99 44-266  
Mobil 0171 633 47 69  
E-Mail: johannes.gehron@dgfkt.de  
johannes.gehron@chiru.med.uni-giessen.de

### Chefredaktion, Firmenporträts, Abonentenservice

Gunter Morche  
Am Backofen 18, 22339 Hamburg  
Telefon 0 40 / 5 38 37 74  
Telefax 0 40 / 5 38 37 84  
E-Mail: gmmedien@aol.com  
Lektorat und Schlussredaktion:  
Gisela Merz-Busch  
E-Mail: mail@merz-busch.de

### Satz und Litho

EPAS Joachim Böttcher, 22926 Ahrensburg

### Druck

Schipplick+Winkler Printmedien, 23556 Lübeck

### Anzeigenverwaltung

GM Medienprojekte  
Am Backofen 18, 22339 Hamburg  
Telefon 0 40 / 5 38 37 74  
Telefax 0 40 / 5 38 37 84  
E-Mail: gmmedien@aol.com

### Erscheinungsweise

4 x jährlich: Februar, Mai, September, Dezember

### Jahresabonnement € 34,-

Einzelheft-Preis € 10,-

Ausland: € 40,- / Einzelheft € 12,-

jeweils zzgl. Versandkosten.

Inlandspreise inkl. ges. MwSt.

Abonnementbestellung schriftlich beim Verlag.

Mindestbezugsdauer 1 Jahr, Verlängerung

jeweils um 1 Jahr, wenn keine Abbestellung erfolgt.

Kündigung 3 Monate zum Jahresende.

### Druckauflage: 1200 Exemplare

Von Autoren gekennzeichnete Beiträge geben nicht unbedingt die Meinung der Schriftleitung wieder. Für unverlangt eingesandte Manuskripte übernehmen Herausgeber, Schriftleitung und Verlag keine Haftung. Mit der Annahme der Manuskripte von Erstveröffentlichungen erwirbt der Verlag das ausschließliche Recht der Vervielfältigung, Verbreitung und Übersetzung. Die in der Zeitschrift veröffentlichten Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, Mikroverfilmung, Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen einschl. Aufnahme in die Internet-Seiten der DGfK, auch auszugsweise, sind dem Herausgeber/Verlag vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung und mit Quellenangabe gestattet. Fotokopien für den persönlichen und sonstigen eigenen Gebrauch dürfen nur von einzelnen Beiträgen oder Teilen daraus als Einzelkopien hergestellt werden.

### ISSN 0941-2670

Die KARDIOTECHNIK wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Weitere TERMINE und HINWEISE FÜR AUTOREN finden Sie auch im Internet unter:

[www.dgfkt.de/indexzeitneu.htm](http://www.dgfkt.de/indexzeitneu.htm) sowie [ctsnet.org/events](http://ctsnet.org/events)

! Angabe der Rezertifikationspunkte ohne Gewähr