

# Modified Adult Perfusion System – MAPS

## ZUSAMMENFASSUNG

Im letzten Jahrzehnt wurden Koronarpatienten vermehrt mit minimierter extrakorporaler Zirkulation (MECC) operiert. Seit Markteinführung der MECC-Systeme stagniert deren Marktanteil bei ca. 5 %.

Die EKZ ist nach wie vor die Schlüsseltechnologie bei der Durchführung von Herzoperationen. Dies gilt in besonderem Maße für die Koronarchirurgie. Perfusionssysteme und Perfusionstrategien wurden in den zurückliegenden Jahren wiederholt modifiziert und den jeweiligen gegebenen technischen Möglichkeiten angepasst. Die Innovationen in der Oxygenator- und Blutfilterentwicklung sowie bei der Oberflächenbeschichtung waren Meilensteine für die Optimierung der EKZ. Es besteht somit durchaus die Notwendigkeit, EKZ-Systeme weiter zu optimieren, in ihrer Anwendung noch sicherer zu gestalten, um damit für die Patienten nachteilige Effekte konventioneller EKZ-Systeme zu minimieren [1, 2]. Dieses Ziel verfolgen wir bei der Entwicklung von minimierten EKZ-Systemen.

Inzwischen werden am Markt eine Anzahl unterschiedlicher Systeme angeboten. Allen gemeinsam sind eine deutliche Verminderung des Füllvolumens und ein geschlossener Systemkreislauf. An unserer Klinik hat seit 1999 eine konsequente Entwicklung von minimierten EKZ-Systemen stattgefunden. Operationen am offenen Herzen werden patientenspezifisch mit unterschiedlichen minimierten EKZ-Systemen durchgeführt.

## SCHLÜSSELWÖRTER

Minimierte EKZ, retrogrades autologes Priming, Fremdblutgabe

## ABSTRACT

During the last decade, patients suffering from coronary heart disease have been increasingly treated using minimized perfusion systems. Since its introduction on the market, the share of MECC-system usage has increased to approximately 5% and is now stabilised.

The extracorporeal circulation (ECC) is still the key technology in open-heart surgery applications. This is particularly valid for coronary surgery. Perfusion systems and strategies have been repetitively modified over the past few years and adapted to the available technical possibilities.

The innovations in the field of oxygenator and filter development, as well as surface coating, were important steps for optimizing the ECC.

ECC systems must be further improved to increase their safety in application thus protecting the patient from undesirable effects of the conventional cardiopulmonary bypass [1, 2]. This is the goal in the development of optimised ECC systems. Currently, a variety of different systems offering a clear reduction of the priming volume and the foreign surface contact are available on the market.

In our hospital, a continuous advancement of minimized systems has been taking place since 1999. Operations are performed applying different minimized perfusion systems in patient-specific configurations.

## KEY WORDS

Minimized ECC, retrograde autologous priming, stored blood

## EINLEITUNG

Seit 2002 arbeiten wir mit einem an unserer Klinik entwickelten MECC-System (Primini), das meistens bei ACB-Operationen zum Einsatz kommt. Wir konnten in einer klinischen Studie [3] die Vorteile von diesem System zeigen. So konnten u. a. der intraoperative Fremdblutbedarf bzw. die Gabe von Blutprodukten und postoperative Drainageblutmengen reduziert werden. Wir konnten auch einen deutlich niedrigeren Bedarf von Noradrenalin feststellen.

Diverse Veröffentlichungen zur Dynamic Bubble Trap (Abb. 1) konnten den po-



Abb. 1: Dynamische Blasenfalle

sitiven Effekt der Luftblasen-Elimination zeigen [4].

Wir haben bei Anwendung des Primini-MECC-Systems und des MAPS-Systems eine Messung der Luftblasenaktivität mit einem Bubble-Counter-Gerät (UBC, Fa. Gampt, Abb. 2 und 3) durchgeführt und eine deutliche Reduktion feststellen können.

Das luftblasenfreie venöse Kanülieren, das unter Verwendung von MECC-Systemen notwendig ist, konnte auch beim MAPS-System umgesetzt werden. Diese positiven Erfahrungen und Vorteile aus dieser Studie und Erkenntnisse aus diversen Diplomarbeiten haben wir konsequent in unserem MAPS-Perfusionssystem umgesetzt [5, 6].



Abb. 2: UBC-Bubble-Counter der Fa. Gampt



Abb. 3: Mikroblassenmessung vor und nach der DBT

## MATERIAL UND METHODE

In beiden Gruppen kam ein offenes, komplett mit Phosphorylcholin (PC® Fa. Dideco) beschichtetes System zur Anwendung [7]. Alle Operationen fanden mit dem glei-

chen Operateur und dem gleichem Anästhesieverfahren statt. Die Perfusion wurde normotherm mit einem Cardiac Index (CI) von 2,4 l/min/KOF und einem mittleren arteriellen Druck (MAD) zwischen 55 und 75 mmHg durchgeführt. Es kam alpha-stat-pH-Management zur Anwendung. Zur Myokardprotektion wurde kristalline Kardioplegielösung nach Eppendorf verwendet [8].

### Konventionelle extrakorporale Zirkulation (CECC)

In der CECC-Gruppe bestand das ECC-System aus einer Rollerpumpe, einem arteriellen Filter (D 733, Fa. Dideco), einem Kardiotomiereservoir (D 970, Fa. Dideco) und dem Oxygenator (D 903 Avant, Fa. Dideco). In der CECC-Gruppe kam kein modifiziertes Saugerblut-Management zur Anwendung. Zur passiven venösen Drainage wurde ein 1/2-Zoll-Schlauch verwendet.

### Modified Adult Perfusion System (MAPS)

In der MAPS-Gruppe bestand das ECC-System aus einer Mast-Rollerpumpe, einer Blasenfalle (Dynamic Bubble Trap, DBT, Fa. Kardialgut), einem Kardiotomiereservoir (D 970 Avant, Fa. Dideco) und einem Oxygenator (D 905 EOS, Fa. Dideco). In der MAPS-Gruppe wurde ein modifiziertes Saugerblut-Management durchgeführt. Bei der vakuumassistenten aktiven venösen Drainage wurde ein 3/8-Zoll-Schlauch verwendet. Die Systemfüllung und die Fremdoberfläche sind minimiert. Unter Anwendung von retrogradem autologen Priming (RAP) [9] ließ sich das effektive Füllvolumen auf ca. 320 ml reduzieren.

### KARDIOTECHNISCHES UND CHIRURGISCHES VORGEHEN

Das luftblasenfreie venöse Kanülieren (Abb. 4), das unter Verwendung von MECC-Systemen notwendig ist, konnte auch auf das MAPS-System umgesetzt werden. Somit wurde die Luftblasen-Ak-



Abb. 4: Luftblasenfreies Konnectieren mit der venösen Kanüle

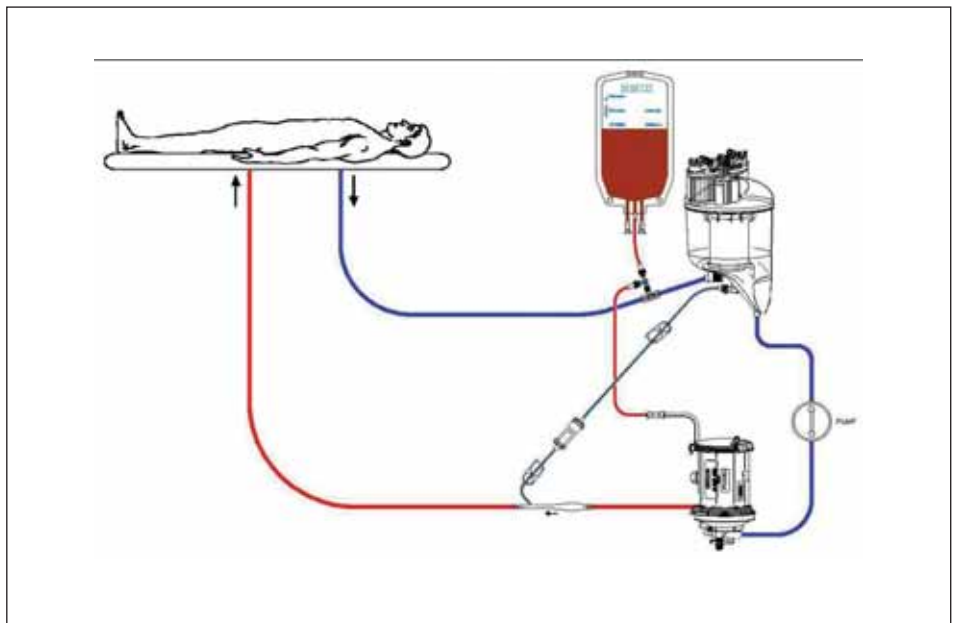


Abb. 5: MAPS-Schema

tivität beim Starten der Perfusion deutlich reduziert und dadurch das retrograde autologe Priming (RAP) des ECC-Systems erleichtert.

Der venöse Schenkel wird mit autologem Blut gefüllt, das verdrängte Priming in den Leerbeutel gefüllt (Abb. 5). Bleibt der Patient hämodynamisch stabil, wird venöses Blut langsam in das Reservoir verschoben, die arterielle Linie nach der DBT geklemmt und das Primingvolumen über die Rezirkulationslinie des Oxygenators in den Leerbeutel gefüllt. Das Restvolumen des ECC-Systems beträgt dann ca. 280 bis 350 ml.

Sauger und Ventblut wurden in der MAPS-Gruppe im oberen Bereich des Zweikammer-Hartschalen-Reservoirs gesammelt und nur bei Bedarf in die Zirkulation gegeben (Abb. 6). Joharchi und Mitarbeiter verglichen inflammatori-

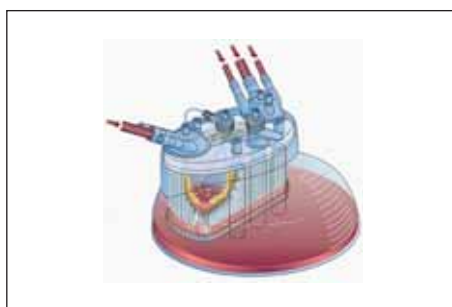


Abb. 6: Der negative Einfluss von Sauger- und Ventblut ist evident. Separation hilft, u. a. die Anzahl von Mikroblasen zu reduzieren.

sche Parameter bei Patienten mit elektiver ACB-Operation, deren Saugerblut verworfen bzw. retransfundierte wurde. Klinisch konnten keine Unterschiede festgestellt werden [10].

### DATEN UND ANALYSEN

Kontrolliert wurden je 30 Patienten pro Gruppe (Tab. 1), Ausschlusskriterien waren Notfälle, Re-Operationen, Mehrfacheingriffe.

### TRANSFUSIONSKRITERIEN

Als ein Transfusionskriterium gilt während CPB ein Hämoglobin (Hb) unter  $< 8,0$  g/dl oder ein Hämatokrit (Hkt) unter  $< 24$  %. Nach CPB und während des klinischen Aufenthaltes ein Hb unter  $< 9,5$  g/dl oder ein Hkt unter  $< 28$  %.

### ERGEBNISSE

Der Hämoglobin-Wert (Abb. 7) lag in der MAPS-Gruppe zu Beginn leicht unter dem Ausgangswert der CECC-Gruppe, nach dem 5. Post-OP-Tag deutlich über dem der CECC-Gruppe. Einen ähnlichen Verlauf konnten wir bei den Thrombozyten sehen.

In beiden Gruppen wurden die Laborparameter, das Primingvolumen und der niedrigste Hämoglobinwert während der EKZ, der postoperative Blutverlust und der Noradrenalinverbrauch miteinander verglichen (Tab. 2).

Das Primingvolumen war in der MAPS-Gruppe signifikant niedriger als in der CECC-Gruppe ( $379,1 \pm 62,98$  vs.  $1186,5 \pm 86,94$ ,  $p < 0,001$ ).

Der Hämoglobinwert während der EKZ lag signifikant höher als in der MAPS-Gruppe ( $10,5 \pm 0,83$  vs.  $8,5 \pm 0,910$ ,  $p < 0,001$ ) und signifikant höher während der ersten fünf postoperativen Tage (Abb. 8). Unter Anwendung von Sauger- und Ventblut-Separation konnte der Noradrenalinbedarf in der MAPS-Gruppe um über 80 % reduziert werden. Dieses Ergebnis war hoch

	MAPS-Gruppe	CECC-Gruppe	p
Anzahl	30 Patienten	30 Patienten	
Geschlecht	♀ 23,1%, ♂ 76,9%	♀ 26,9%, ♂ 73,1%	
Euroscore	6,8	5,15	
Zu erwartende Mortalität	7,8 %	5,1 %	
Alter (y)	66,6 ± 10,14	68,6 ± 9,22	n. s.
BSA (m <sup>2</sup> )	1,98 ± 0,17	1,90 ± 0,14	n. s.
BMI	27,6 ± 2,80	27,0 ± 5,57	n. s.
EF %	53,1 ± 10,22	51,9 ± 10,2	n. s.
Hämoglobin g/dl	13,6 ± 0,81	14,0 ± 1,19	n. s.
Thrombozyten µl	231,3 ± 50,6	236,1 ± 60,77	n. s.
Leukozyten	8,15 ± 2,75	7,30 ± 2,03	n. s.
CRP	0,883 ± 1,21	0,64 ± 0,67	n. s.
Fibrinogen mg/dl	340,8 ± 56,1	322,9 ± 64,7	n. s.
Kreatinin mg/dl	1,08 ± 0,18	1,03 ± 0,266	n. s.
Creatinin Kinase U/l	101,8 ± 76,1	79,0 ± 53,8	n. s.
CK/MB U/l	1,57 ± 0,97	1,73 ± 2,21	n. s.
LDH µl	203,2 ± 76,4	202,0 ± 31,2	n. s.

Tab. 1: Patienten-Daten und präoperative Labor-Parameter

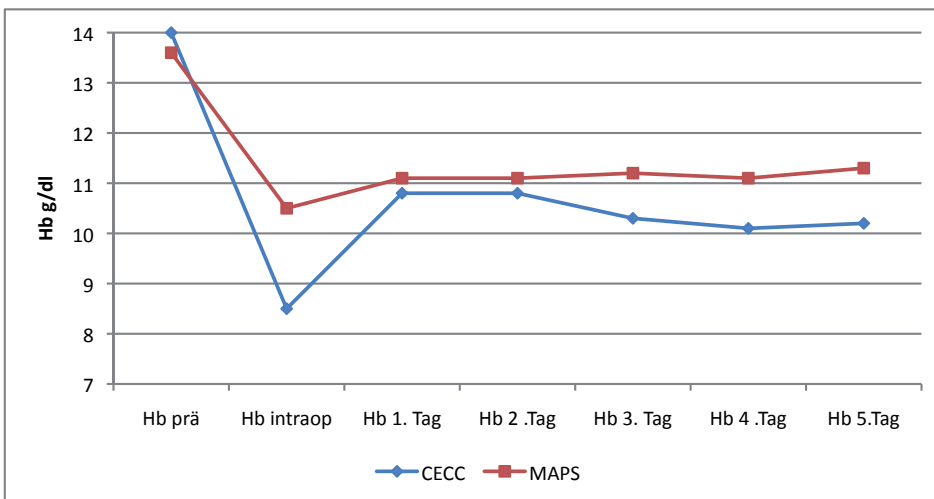


Abb. 7: Hämoglobin-Verlauf

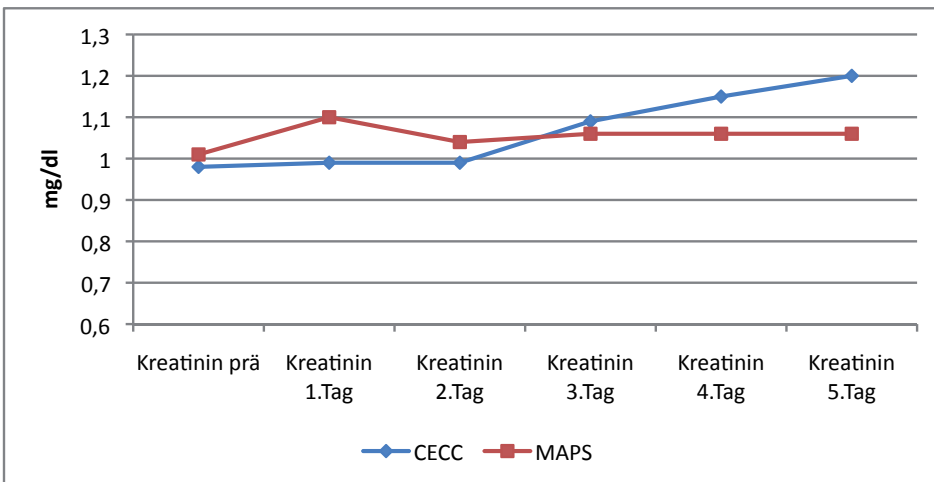


Abb. 8: Kreatinin-Verlauf

signifikant ( $4,1 \pm 6,55$  vs.  $25,5 \pm 33,28$ ,  $p < 0,001$ ).

Wir konnten keinen Unterschied beim Verlauf der Thrombozyten, Leukozyten, Creatininkinase, CK/MB und LDH sehen (Tab. 3).

Der Kreatinin-Wert (Abb. 8) war in der MAPS-Gruppe am ersten postoperativen Tag signifikant erhöht, lag aber im weiteren Verlauf nach 5 Tagen unter der CECC-Gruppe, deren Wert weiter anstieg.

Bei den Leukozyten konnte kein großer Unterschied gesehen werden.

Das Fibrinogen war am ersten Post-OP-Tag signifikant höher, der CRP-Verlauf signifikant niedriger als in der CECC-Gruppe.

Der CK-Verlauf lag in der MAPS-Gruppe nach dem ersten Tag unter der CECC-Gruppe, ein ähnliches Bild konnten wir bei dem CK/MB-Verlauf feststellen.

Das LDH lag in der MAPS-Gruppe zu Beginn über, nach 5 Tagen deutlich unter der CECC-Gruppe.

## DISKUSSION

Das MAPS-System ist ein in der Praxis sicheres und einfach anzuwendendes miniertes Perfusionssystem. Dieses System stellt nicht nur in der elektiven Koronarchirurgie eine bessere Alternative zum CECC-Perfusionssystem dar, sondern kann auch bei anderen Eingriffen mit vergleichbar besseren Ergebnissen eingesetzt werden.

Dieses MAPS-System unterscheidet sich fundamental von der konventionellen EKZ. Es verfügt über eine reduzierte Fremdoberfläche, kleinere Schläuche (venös 3/8 Zoll), kleineres Füllvolumen und ist komplett beschichtet. Der venöse Einlass unten sorgt bedingt durch den statischen Füllungsstatus des Kardiotomiereservoirs für einen verminderten Oberflächenkontakt.

Unter Verwendung eines Zweikammer-Hartschalen-Reservoirs ist ein modifiziertes Saugerblut-Management durchführbar. Deshalb ist es nachvollziehbar, dass ein geringerer negativer Einfluss auf die zelluläre Blutaktivierung wirkt und die möglicherweise daraus resultierenden Organfunktionsstörungen sich vermindern. Teoh et al. zeigten in einer Studie den Einfluss von Mediatoren (IL 6) auf den Cardiac Index und den peripheren Gefäßwiderstand [11]. Sowohl in der CECC- als auch in der MECC-Gruppe wurde ein mittlerer arterieller Druck zwischen 55 und 75 mmHg angestrebt. Unter Anwendung eines modifizierten Saugerblut-Managements konnte in der MAPS-Gruppe der Noradrenalinverbrauch höchst signifikant gesenkt werden.

	MAPS-Gruppe	CECC-Gruppe	p
ACB	3,2 ± 0,84	3,1 ± 0,57	n. s.
EKZ-Zeit	86,3 ± 18,4	87,7 ± 18,4	n. s.
Klemmzeit <sup>1</sup>	64,8 ± 16,4	67,1 ± 16,7	n. s.
Reperfusion	16,9 ± 4,7	17,6 ± 5,1	n. s.
Priming-Volumen	379,1 ± 62,98	1186,5 ± 86,94	< 0,001
Kardioplegie-Volumen	340 ± 65,7	355 ± 75,8	n. s.
Niedrigster Hb an EKZ	10,5 ± 0,83	8,5 ± 0,910	< 0,001
Drainage-Blut (24 h)	195 ± 69,8	254 ± 130,3	0,044
Noradrenalin (0,01 mg)	4,1 ± 6,55	25,5 ± 33,28	< 0,001
Antifibrinolytikum	Cyklokapron 0,5 g	Aprotinin 1 Mio <sup>2</sup>	

Tab. 2: Intraoperative Daten

<sup>1</sup> alle proximalen Anastomosen bei geklemmter Aorta

<sup>2</sup> Aprotinin wurde bis 2004 verwendet

	MAPS-Gruppe	CECC-Gruppe	p
Hämoglobin g/dl	11,44 ± 0,87	10,74 ± 1,03	0,011
Thrombozyten µl	190 ± 47,74	186 ± 54,32	n. s.
Leukozyten µl	11,32 ± 4,20	9,7 ± 3,61	n. s.
CRP	1,125 ± 2,00	2,227 ± 1,848	0,044
Fibrinogen mg/dl	292,41 ± 61,08	253,88 ± 57,36	0,023
Kreatinin mg/dl	1,11 ± 0,177	0,98 ± 0,243	0,032
Creatinin Kinase U/l	211,7 ± 90,7	203,5 ± 114,8	n. s.
CK/MB U/l	11,08 ± 5,77	11,27 ± 9,28	n. s.
LDH µl	230,3 ± 70,73	217,6 ± 52,55	n. s.
Fremdblut	nein	nein	

Tab. 3: Postoperative Daten nach 1. Tag

Wir konnten in einer Studie [12] bestätigen, dass sowohl der Noradrenalinverbrauch als auch die Mikroblasen-Aktivität deutlich reduziert werden konnten. Eine zunehmende Zahl an Autoren zeigen, dass sich die Verwendung von komplett beschichteten Systemen, reduziertem Füllvolumen und die Minimierung des Blut-Luft-Kontakts günstig auf das klinische Ergebnis für die Patienten auswirken. Beim Einsatz von minimierten EKZ-Systemen ist sowohl von Seiten des Chirurgen als auch des Anästhesisten, aber vor allem auch vom Kardiotechniker eine noch höhere Aufmerksamkeit und Reaktionsbereitschaft erforderlich: Kurz, die Vorteile auf zellulärer und humoraler Ebene sind evident, der Nachteil einer aufwändigeren Handhabung muss durch gute Ausbildung und exzellentes Teamwork im Operationsaal kompensiert werden.

#### LITERATUR

- [1] Segesser LK v, Tozzi P, Mallbiabrenna I, Jegger D, Horisberger J, Corno A: Miniaturization in cardiopulmonary bypass. *Perfusion* 2003; 18: 219–224
- [2] Wiesenack C, Liebold A, Philipp 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
- [3] Born F: Entwicklung eines minimierten ECC-Systems nach klinikspezifischen Aspekten. *Kardiotechnik* 2008; 1: 3–7
- [4] Görütz S, Schelkle H, Rein JG, Urbanek S: DBT can replace an arterial filter during cardiopulmonary bypass surgery. *Perfusion* 2006; 6 (21): 367–371
- [5] Murer D, Born F, Dreizler T, Schmid O, Haimerl G, Behrens M: Mikroblasenaktivitätsmessung in ECC und Priming. *Swiss-perfusion* 2008; 22: 25–30
- [6] Lipps C, Born F, Dreizler T, Schmid O, Haimerl G, Botha CA, Behrens M: Mikroblasenreduzierung während der ECC. *Swiss-perfusion* 2008; 23: 4–10

[7] Wendel HP: Beschichtungstechniken für Werkstoffe der EKZ-Systeme. In: *Handbuch der Kardiotechnik*, 4. Aufl. 2002; 106–124

[8] Born F: Myokardprotektion mit kardioplegischen Lösungen. In: *Rudolf J. Tschaut: Extrakorporale Zirkulation in Theorie und Praxis*, 2. Aufl. 2005, 345–355

[9] Pfaunder et al: Retrogrades autologes Priming. *Kardiotechnik* 2003; 1: 3–6

[10] Joharchi M, Khosravi A, Westphal B, Steinhoff G: Influence of cardiomy suction blood separation during CPB. *Heart Surgery Forum* 2003; 6: 201

[11] Teoh KH, Bradley CA, Gaudie J, Burrows H: Steroid inhibition of cytokine-mediated vasodilation after warm cardiac surgery. *Circul* 1995; 92: 347–353

[12] Born F, Dreizler T, Lipps C, Schmid O, Starck C, Behrens M: The influence of modified blood management in ECC. *Abstract*, 37. Jahrestagung DGfK 2008

Frank Born  
Herzzentrum Bodensee  
Luisenstr. 9 a  
78464 Konstanz  
born@cardiotechnik.com