

Aus der Abteilung für Herzchirurgie des AK St. Georg

# Chirurgische Behandlung von permanentem Vorhofflimmern

Von Stephan Geidel, Michael Laß und Jörg Ostermeyer

Die intraoperative Ablations- bzw. Verödungsbehandlung zur kurativen Therapie von permanentem Vorhofflimmern (VHF) im Rahmen herzchirurgischer Operationen kann inzwischen als effektive und risikoarme chirurgische Vorgehensweise bezeichnet werden. Bis vor wenigen Jahren noch galt hier die so genannte Maze-Operation nach Cox als einzige verlässliche herzchirurgische Therapieoption zur Wiederherstellung eines stabilen Sinusrhythmus (SR); ein Verfahren, das jedoch aufgrund seiner Invasivität und Komplexität trotz guter Ergebnisse keine breite Akzeptanz gefunden hat. Moderne Ablationstechniken als Teil bewährter und verlässlicher operationstechnischer und klinischer herzchirurgischer Vorgehensweisen können hingegen mit relativ geringem chirurgischem Mehraufwand in vielen Fällen zu exzellenten Ergebnissen und optimierter individueller Langzeitprognose führen.

In Deutschland ist Vorhofflimmern (VHF) mit etwa 600 000 Erkrankten die häufigste Herzrhythmusstörung im Erwachsenenalter (SACK, 2002; EZEKOWITZ, 2003). Die Inzidenz beträgt ca. zwei Prozent jenseits des 40. Lebensjahres und etwa fünf Prozent bei den über 60-Jährigen (EZEKOWITZ, 2003). Im höheren Lebensalter (über 70 Jahre), insbesondere bei zusätzlich schwerer Herzerkrankung, hat jeder Zehnte VHF. Dabei handelt es sich in den meisten Fällen um eine erworbene Erkrankung, die in Einzelfällen jedoch auch familiär gehäuft auftreten kann (autosomal dominanter Erbgang). Erstmalig wurde VHF mittels Elektrokardiogramm (EKG) durch Willem Einthoven (1860–1927; Leiden/NL; Nobelpreis 1924) dokumentiert (EINTHOVEN, 1906). Der Definition nach handelt es sich um eine Arrhythmie, die durch schnelle, irreguläre atriale Impulse (400–600/min), gestörte atriale Kontraktion (Folgen: Herzinsuffizienz, Stasis des Blutes) und fehlende P-Wellen im EKG gekennzeichnet ist; die QRS-Komplexe variieren hinsichtlich Morphologie,

Dr. Stephan Geidel ist Oberarzt und Facharzt für Herzchirurgie, die Autoren arbeiten in der Abt. für Herzchirurgie des AK St. Georg (Chefarzt: Prof. Dr. Jörg Ostermeyer)

Amplitude und Zykluslänge (klinische Diagnose: absolute Arrhythmie, Brady-/Tachyarrhythmia absoluta), die Kammerfrequenz wird determiniert durch die atriale Aktivität und die „Filterfunktion“ des AV-Knotens (ROBLES DE MEDINA, 1978).

In einer Datenanalyse der *Framingham*-Studie konnte nachgewiesen werden, dass Patienten mit VHF im Vergleich zu Patienten mit stabilem Sinusrhythmus (SR) eine zweifach erhöhte Mortalitätsrate aufweisen (BENJAMIN, 1998); das Schlaganfallrisiko – vornehmlich bei älteren Menschen – ist durch Bildung intraatrialer Thromben (insbesondere im Bereich des linken Herzohres; Abb. 1) sogar auf das Fünffache erhöht, wobei etwa 15 Prozent aller zerebralen Insulte auf ein VHF zurückzuführen sind (LAUPACIS, 1996; EZEKOWITZ, 2003). Die erforderliche Antikoagulation mit Dicumarolderivaten (wie Marcumar oder Falithrom) erhöht das Risiko gefährlicher Blutungen (TAYLOR, 2001; EZEKOWITZ, 2003). *Permanentes* VHF gilt als „Endstadium“, in das nicht-permanentes (intermittierendes) VHF übergehen kann (FUSTER, 2001). Zur Pathophysiologie ist bekannt, dass als „Trigger“ meist ein in den Pulmonalvenen (PV) gelegener Fokus verantwortlich ist; das anfängliche und spätere Fortbestehen wird hingegen offenbar durch kreisende „Wellenfronten“ mit kurzer Zy-

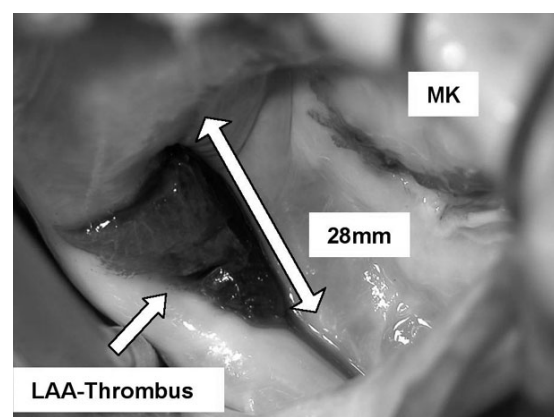


Abb. 1: Intraatrialer Thrombus im Bereich des linken Herzohres (LAA) bei einem Patienten mit rheumatischem Vitium der Mitralklappe (MK) und permanentem VHF

kluslänge bedingt („macro-reentry wavelets“), wodurch ein elektrophysiologisches und pathomorphologisches Milieu entstehen kann („electrical/structural remodeling“), das ein zuletzt ununterbrochenes Flimmern beider Vorhöfe bedingt („AF begets AF“) (MOE, 1962; ALLESSIE, 1985, 2001; HAISSA-GUERRE, 1998; WIJFFELS, 1995; NATTEL, 2002). Für die herzchirurgischen Kliniken in Deutschland, die moderne Ablationsverfahren anwenden, besteht das Problem, dass seitens der Krankenkassen bislang noch keinerlei Kosten für intraoperative Ablationsbehandlungen bei VHF übernommen werden. Bis heute ist nicht geklärt, in welcher Form zukünftig insbesondere die Kosten für chirurgische Ablationskatheter (ca. 1 200 Euro pro Stück) getragen werden sollen. Nationale kontrollierte klinische Studien einzelner Zentren sowie multizentrische Studienprojekte [u. a. eine vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Registerstudie des Kompetenznetzes VHF (AFNET)] sollen in den kommenden Jahren zu einer weiteren Etablierung und

Standardisierung der herzchirurgischen Ablationsverfahren führen, um den Nutzen für die Betroffenen und die Gesamtkosteneinsparung durch eine effektive und dauerhaft erfolgreiche Behandlung zu dokumentieren [zum Vergleich: In den USA verursacht VHF bei ca. zwei Millionen Erkrankten jährliche Kosten in Höhe von 6–7 Milliarden Dollar (HO, 1993; BENJAMIN, 1998)].

## Konservative und katheter-interventionelle Therapiekonzepte

Eine isolierte oder additive *medikamentöse* Therapie des Vorhofflimmerns kann sich entweder direkt auf die Wiederherstellung und Bewahrung eines stabilen SR ausrichten, eine ventrikuläre Frequenzkontrolle zum Ziel haben oder eine Minderung bzw. Prophylaxe des Thrombembolierisikos verfolgen (EZEKOWITZ, 2003; LUNDSTROM, 1988; NATTEL, 2002). Eine isolierte antiarrhythmische Dauermedikation (mit Amiodaron, Sotalol oder anderen) weist jedoch Rezidivraten von mindestens 50 Prozent nach einem Jahr und von über 80 Prozent nach zwei Jahren auf; außerdem wirken viele dieser Medikamente nicht spezifisch auf die atriale Aktivität, sondern können zu erheblichen ventrikulären elektrophysiologischen Nebenwirkungen führen. Herzwirksame Glykoside (Digoxin, Digitoxin), Betablocker (Metoprolol, Sotalol) oder Kalziumantagonisten (Verapamil) dienen überwiegend der Frequenzkontrolle (Tachyarrhythmia absoluta bei VHF, s. o.). Einer *elektrischen Kardioversion* werden ebenfalls nur geringe Erfolgsraten zugesprochen (ca. 20–25 Prozent nach einem Jahr, 15 Prozent nach zwei Jahren und <10 Prozent nach vier Jahren). Die Effektivität konservativer Therapieoptionen muss somit (insbesondere bei permanentem VHF) als begrenzt bewertet werden.

Durch eine perkutane kathetergesteuerte Ablation kann hingegen insbesondere intermittierendes VHF mittels atrialer Läsionen kurativ behandelt werden (HAISSAGUERRE, 1998, 2000; PAPPONE, 1998; KUCK, 1998; ERNST, 2000; PACKER, 2002). Neuere Technologien, wie das elektroanatomische Kathetermapping mittels CARTO-System, ermöglichen heute eine exakte dreidimensionale Auflösung der Vorhofstrukturen und somit eine punktgenaue Navigation des Ablationskatheters; als weitere wesentliche Neuerung ist hier die magnetfeldgesteuerte Katheternavigation [„NIOBE magnetic catheter navigation“ (Stereotaxis, Inc.)] zu nennen.

## Chirurgische Therapieansätze der vergangenen 25 Jahre

Diese folgten dem Konzept der Unterbrechung, Isolation oder Ablation eines angenommenen oder nachgewiesenen elektroanatomischen Substrates. Hier sind Isolations- und Transsektions-Prozeduren im Bereich des linken Vorhofs (LA) ebenso zu nennen (WILLIAMS, 1980), wie die „Corridor“-Operation (GUIRAUDON, 1990) und die „Compartment“-Operation (SHYU, 1994, LO 1997). Die „Maze“-Operation nach Cox [„Maze“ procedures I–III (COX, 1991, 1996)] bediente sich ebenfalls multipler atrialer Inzisionen von „macro-reentrant circuits“ und gilt bislang als zwar äußerst komplexes und invasives, aber auch effektives herzchirurgisches Verfahren, wenngleich neuere Meta-Analysedaten (insbesondere bei Patienten mit *permanentem* VHF) in den 1990er-Jahren beschriebene Erfolgsraten von 90 Prozent und mehr in Frage stellen (KHARGI, 2004). Bei der „Mini-Maze“-Prozedur erfolgt eine gewisse Beschränkung des „kompletten“ Maze-Inzisions/Isolationsmusters im Sinne eines „reduzierten“ Läsions-Schemas (COX, 2004).

## Moderne intraoperative Ablationsbehandlungen von VHF

### Energiequellen und Läsionsmuster

Die intraoperative Ablation von VHF ist als modernes und schonendes „non-incisional ablation-/isolation concept“ zu bewerten, das zu linearen Isolationen durch *lokale Destruktion myokardialer Strukturen mit späterer Vernarbung* der Vorhofmuskulatur in diesen Bereichen führt. Unterschiedliche Energiequellen stehen derzeit zur Verfügung. An erster Stelle ist die Hochfrequenzstromablation zu nennen [mono- und bipolare Radiofrequenz (RF); (BENUSSI, 2000; MELO, 2000; KHARGI, 2003; GEIDEL, 2003, 2004)]. Hierbei handelt es sich um die derzeit am häufigsten eingesetzte Energieform. Alternativ kommen Kryoablations- und die Mikrowellenablationstechniken in Betracht (CHEN, 1998; KNAUT, 2003; SCHÜTZ 2003). Im Gegensatz zu den anfänglich ausschließlich verwendeten monopolaren Ablationsverfahren, erfolgt bei der neueren bipolaren Technik die Energieabgabe an das Gewebe direkt durch zwei einander gegenüberliegende, das myokardiale Gewebe umschließende Elektrodenreihen (s. u.), was insbesondere hinsichtlich der angestrebten Transmuralität der Läsionen/Narben von

Vorteil ist. Im Zentrum der Ablationsmuster unterschiedlicher Arbeitsgruppen stehen [1] die *bilaterale Lungenvenenisolation*, da als Trigger des VHF in den allermeisten Fällen ein Fokus in den Pulmonalvenen (PV) verantwortlich ist und [2] die Anlage einer oder mehrerer weiterer Läsionen, die zusätzlich das Fortbestehen von kreisenden Wellenfronten verhindern sollen (s. o.). Die Bedeutung dieser zusätzlichen Läsionen (zur Mitralklappe, zum linken Herzohr, als Verbindungslinie beider PV-Isolationsläsionen etc.) für den Langzeiterfolg ist noch unklar.

### Indikationsstellung und Vorgehensweise der Herzchirurgie des AK St. Georg

In unserer herzchirurgischen Klinik werden Patienten mit permanentem VHF behandelt, das seit mindestens sechs Monaten besteht. Unserer Erfahrung nach weisen Patienten mit permanentem VHF, die wegen einer Herzklappen- und/oder Koronarerkrankung zur Operation aufgenommen werden, i. d. R. bereits sehr fortgeschrittene kardiale Befunde und eine hohe Komorbidität auf. Deshalb erscheint es angemessen, ausschließlich *einfache*, Zeit sparende und komplikationsarme Verfahren zur Behandlung des permanenten Vorhofflimmerns einzusetzen. Wir begannen daher im Februar 2001 mit der Technik der monopolaren endokardialen RF-Ablation und führen seit März 2003 auch das Verfahren der bipolaren RF-Ablation durch. Hierbei beschränkt sich das Läsionsmuster auf eine bilaterale Lungenvenenisolation inklusive einer Verbindungslinie auf dem Boden des linken Vorhofes (GEIDEL, 2003, 2004). Perioperativ erfolgt eine antiarrhythmische medikamentöse Behandlung mit Amiodaron (alternativ Sotalol) für drei Monate (ROY, 2000); im Falle eines frühen Wiederauftretens des VHF wird eine elektrische Kardioversion empfohlen. Als Kontraindikationen für eine intraoperative Ablation gelten: notfallmäßige Operation, ein Euro-Score >12 [der Euro-Score ist ein etablierter Score zur Einschätzung des herzchirurgischen Operationsrisikos (Niedrigrisiko-Gruppe: 1–2 Punkte; mittlere Risikogruppe: 3–5 Punkte; Hochrisiko-Gruppe:  $\geq 6$  Punkte)], eine schwere linksventrikuläre Funktionsstörung (LVEF  $\leq 25\%$ ), akuter Herzinfarkt oder akute Enokarditis ( $\leq 7$  Tage), erhebliche Kachexie (Body-Mass-Index  $\leq 18$ ), ausgeprägte intraatriale Thrombenablagerung, massive LA-Vergrößerung (LA-Diameter  $\geq 72$ mm) oder andere Formen von VHF (intermittierend oder permanent mit einer Dauer von weniger als sechs Monaten).

**Inzidenz von permanentem VHF und Patientencharakteristik**

Eine prospektiv durchgeführte Analyse von 4 590 Patienten, die zwischen Februar 2001 und Dezember 2004 in unserer herzchirurgischen Klinik zur „offenen“ Herzoperation aufgenommen worden waren, ergab, dass bei etwa vier Prozent (n = 171) ein permanentes VHF (≥ 6 Monate) vorlag. Die Inzidenz betrug elf Prozent bei Patienten mit hochgradigen Herzklappenerkrankungen und 28 Prozent bei hochgradigem Mitralklappenvitium (MV), wobei der Anteil der Patienten mit rheumatischem MV sogar bei etwa 40 Prozent lag. Des Weiteren bestand eine signifikante Altersabhängigkeit mit einer Inzidenz von vier bis acht Prozent bei älteren Menschen (70–99 Jahre). Eine Ablationsbehandlung wurde – unter Berücksichtigung der o.g. Kontraindikationen – bei 126 Patienten durchgeführt (Tab. 1).

**Operationstechniken der mono- und bipolaren RF-Ablation (AK St. Georg)**

**Monopolare RF-Ablation**

Diese erfolgte bei *allen* Patienten, die zur kombinierten Herzklappen- und VHF-Ablationsbehandlung in unserer herzchirurgischen Klinik zwischen Februar 2001 und Februar 2003 aufgenommen worden waren unter Verwendung des Thermaline® (2001) oder Cobra® Devices (2002–2004; Boston Scientific Corporation, San Jose, USA). Seit März 2003 (Beginn der bipolaren Ablationsbehandlung bei allen Nicht-MV) wurde das Verfahren ausschließlich im Rahmen von Mitralklappenoperationen angewandt (gesamt: n = 95; Abb. 2). Nach Eröffnung des LA oberhalb der rechten Pulmonalvenen (RPV) im Sulcus interatrialis erfolgt in meist vier Schritten die endokardiale zirkuläre Ablation beider RPV [1. Schritt (Nutzen der LA-Inzision als partielle zirkuläre Isolation)], der linken Pulmonalvenen (LPV; 2./3. Schritt) und zuletzt die Anlage der Verbindungsläsion (4. Schritt), wobei jede einzelne Ablation bei 100 W und 70 °C Lokaltemperatur über 120 Sekunden durchgeführt wird.

Zum Schutz extrakardialer Strukturen, insbesondere des Ösophagus [Vorbeugung thermischer Schädigung (GILLINOV, 2001; MOHR, 2001)] sind folgende Vorkehrungen unerlässlich: 1. eine trockene Kompresse zwischen LA und Perikard verhindert eine Energieabgabe an extrakardiale Strukturen; 2. die transösophageale Echsonde wird während der Ablation entfernt; und 3. der flexible Ablationskatheter wird ohne Druck auf das Gewebe aufgelegt und die lokale Temperaturentwicklung begrenzt.

**Abb. 2: Monopolare endokardiale RF-Ablation (Cobra® Device) der linken (oben) und rechten (unten) Pulmonalvenen (LPV, RPV) im Rahmen einer Mitralklappenoperation (nach Inzision oberhalb der RPV im Sulcus interatrialis)**

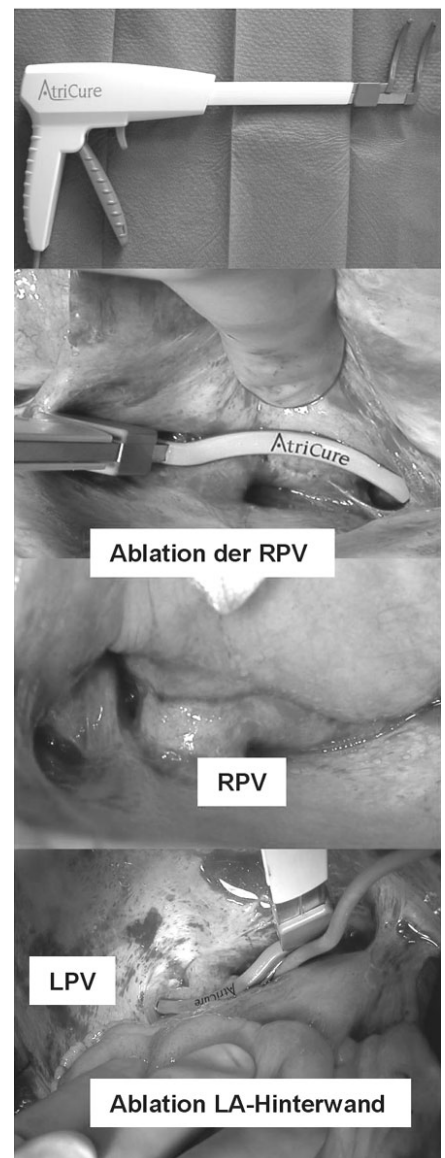


**Tab. 1: Abladierte Patienten (n = 126; Herzchir. Abt. AK St. Georg; Febr. 2001 – Dez. 2004)**

Alter (Jahre)	70.0 ± 9.0
Geschlecht (m/w)	65/61
Euro-Score*	6.1 ± 2.2
Dauer des VHF (Jahre)	5.8 ± 5.9
NYHA-Klasse	3.0 ± 0.5
LVEF (%)	58.3 ± 12.6
LA-Diameter (mm)	53.9 ± 7.6

\*Der Euro-Score ist ein etablierter Score zur Einschätzung des herzchirurgischen Operationsrisikos (Niedrigrisiko-Gruppe: 1–2 Punkte; mittlere Risikogruppe: 3–5 Punkte; Hochrisiko-Gruppe: ≥ 6 Punkte); LA, linker Vorhof; LVEF, linksventrikuläre Ejektionsfraktion; NYHA, New York Heart Association; VHF, Vorhofflimmern

**Abb. 3: Bipolare RF Ablation [Atricure® Device (oben)] der RPV (Mitte) und auf dem Boden des LA zur unteren LPV (unten)**



## Bipolare RF-Ablation

Seit März 2003 führen wir bipolare RF-Ablationen unter Verwendung des Atricure® Devices (Atricure Inc., Cincinnati, USA) bei Patienten mit primärem Aortenklappen- und/oder Koronarproblem durch (n=31; Abb. 3). Als Vorteile sind zu bewerten, dass bei diesen Patienten eine weite Eröffnung des LA entfällt und zweitens bei entsprechender Handhabung von einer gesicherten „Transmuralität“ der Läsionen ausgegangen werden kann (s. o.). Zur Ablation wird das atriale Gewebe zwischen die Branchen des Devices gebracht. Das Vorgehen erfolgt ebenfalls in vier Schritten, wobei jede einzelne Ablation nur 15–30 Sekunden beansprucht (1. Schritt: Präparation und Ablation der RPV; 2. Schritt: Präparation und Ablation der LPV; 3. Schritt: Über eine kleine mit einer Tabaksbeutelnaht gesicherte Inzision auf dem Boden des LA wird eine Branche in den LA in Richtung der LVP (4. Schritt: In Richtung der RPV) eingeführt und ablatiert.

## Ergebnisse

Unsere Ergebnisse entsprechen weitestgehend den Erfahrungen anderer Studiengruppen (BENUSSI, 2000; MELO, 2000; KHARGI, 2003; KNAUT, 2003; SCHÜTZ, 2003). Alle wesentlichen chirurgischen und früh-postoperativen Patientendaten (n=126) sind in Tab. 2 aufgeführt. Das perioperative Risiko (< 30 Tage) betrug 1.6 Prozent (n=2). Allgemeine Komplikationen waren selten und im Vergleich zu Operationen ohne Ablationsbehandlung nicht erhöht. Fünfundsechzig Prozent der Patienten konnten nach durchschnittlich elf Tagen im SR entlassen werden. Sechs Monate postoperativ wiesen 76 Prozent der Patienten einen stabilen SR auf (71 von 94 Patienten), nach einem Jahr waren es 75 Prozent (55 von 73 Patienten). Im ersten Jahr nach der Operation betrug die SR-Konversionsrate bei Patienten mit *kleinem* Vorhof (LA-Diameter < 56 mm) fast 90 Prozent (42 von 48 Patienten). Im Falle einer Aortenklappen- und/oder koronaren Bypassoperation (n=50) lag die Erfolgsrate im Sinne eines stabilen SR innerhalb des ersten Jahres bei 80 Prozent. Durch die bipolare Ablationstechnik ließ sich in dieser Patientengruppe die Dauer der Ablationsprozedur signifikant von durchschnittlich 19 auf 12 min verkürzen und die SR-Konversionsrate auf 90 Prozent steigern; ältere Menschen (≥70 Jahre) und jüngere (<70 Jahre) profitierten gleichermaßen.

Als Risikogruppe für ein Therapieversagen (Langzeit-Erfolgsrate von nur 50–60 Prozent) konnten jene Patienten identifiziert werden, bei denen bereits eine erhebliche LA-Vergrößerung [und damit einhergehend ausgeprägte pathomorphologische und elektrophysiologische myokardiale Veränderungen („atrial remodeling“)] vorlag; die linksatriale Größe stellte sich insbesondere bei Patienten mit schwerer Mitralklappenveränderung (z. T. langjährige Druck- und Volumenbelastung) als signifikant erhöht dar. Dieser Patientengruppe (Mitralklappen mit großem LA und permanentem VHF) wird in zukünftigen Studien große Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen, um hier die Chancen für die dauerhafte Wiederherstellung eines SR weiter zu verbessern. Den Grundsätzen der Mitralklappenchirurgie folgend sollte ein hochgradiges Mitralklappenversagen möglichst schon dann operativ versorgt (und, wenn möglich, rekonstruiert) werden, bevor es zur erheblichen LA-Vergrößerung und permanentem VHF kommt (ENRIQUEZ-SARANO, 1994; TRIBOUILLOY, 1999; OTTO, 2001; GRIGIONI 2002).

Die Ein-Jahres-Überlebensrate betrug in der Gesamtgruppe unserer Patienten 89 Prozent, die NYHA-Klasse verbesserte sich signifikant von  $3.0 \pm 0.5$  auf  $1.3 \pm 0.5$ . Die Zwei- und Drei-Jahres-Untersuchungen dokumentieren, dass die mittelfristigen SR-Konversionsraten offenbar auch über längere Zeiträume konstant bleiben. Aktuelle Datenerhebungen belegen, dass eine erfolgreiche Therapie von permanentem VHF im Rahmen von herzchirurgischen Eingriffen auch *direkt* die postoperative Überlebenswahrscheinlichkeit im Sinne einer signifikanten Verbesserung beeinflusst (KHARGI, 2005).

Tab. 2: Chirurgische und früh-postop. Daten (n = 126; AK St. Georg; Febr. 2001 – Dez. 2004)

ACB-OP	21
AK-Chirurgie	22
AK- und ACB-Chirurgie	6
AK- und Ao.-Ascendens-Chirurgie	1
ASD-Verschluss	1
MK-Chirurgie	34
MK- und AK-Chirurgie	3
MK-, AK- und TK-Chirurgie	1
MK- und ACB-Chirurgie	9
MK-, TK- und ACB-Chirurgie	2
MK- und TK-Chirurgie	25
MK-Chirurgie und Myxomresektion	1
Dauer der monophasischen Prozedur (Minuten)	15.6 ± 2.4
Dauer der biphasischen Prozedur (Minuten)	12.1 ± 3.4
Operationszeit (Minuten)	189 ± 25
CPB-Zeit (Minuten)	125 ± 29
ACC-Zeit (Minuten)	84 ± 34
Extubation (Stunden)	15.9 ± 29.2
ICU-Aufenthalt (Tage)	5.7 ± 3.4
Postoperativer Blutverlust (ml/24h)	214 ± 62
Schrittmacherimplantation (%)	1.6
30-Tage-Letalität (%)	1.6
Entlassung (Tage)	11.3 ± 3.8
SR bei Entlassung (%)	65
SR nach 1 Jahr (%)	75
ACB-OP, Aortokoronare Bypassoperation; ACC, „aortic cross clamping“; AK, Aortenklappe; CPB, „cardiopulmonary bypass“; ICU, „intensive/intermediate care unit“; MK, Mitralklappe; TK, Trikuspidalklappe	

## Zusammenfassung

Permanentes VHF ist unter herzchirurgischen Patienten eine bedeutsame und häufig anzutreffende Begleiterkrankung. Die intraoperative Ablationsbehandlung im Rahmen herzchirurgischer Eingriffe kann hier inzwischen als sehr sicheres und effektives Therapieverfahren bezeichnet werden. Unserer Erfahrung nach führen insbesondere mono- und bipolare RF-Ablationstechniken zur Behandlung von permanentem VHF zu exzellenten Kurz- und Langzeiterfolgen. Ältere und jüngere Menschen scheinen durch diese Behandlungskonzepte gleichermaßen zu profitieren. Die Wiederherstellung eines stabilen SR ist insbesondere bei Patienten mit relativ *kleinem* linken Vorhof und Patienten mit primärem Koronar- und/oder Aortenklappenproblem in 75–90 Prozent der Fälle möglich. Bei der Anwendung *bipolarer* RF-Ablationstechniken in der Gruppe von Koronar- und/oder Aortenklappenpatienten kann offenbar von dauerhaften SR-Konversionsraten von bis zu 90 Prozent ausgegangen werden.

Literatur bei den Verfassern.