

# Meilensteine in der Herzmedizin

## Interventionelle Kardiologie

*oder: Lang ist der Weg zur „Leichtigkeit des Seins“*

Tassilo Bonzel, Fulda

Internetversion des Vortrags während der 84. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie –Herz- Kreislaufforschung e.V. (DGK) in der Sitzung ‚Meilensteine der Herzmedizin‘  
Mannheim, 2018

Der Vortrag basiert in Teilen auf der „2015 Lecture on Clinical Science“ während der 81. Jahrestagung der DGK – Herz- und Kreislaufforschung, T. Bonzel, Mannheim, 9. April 2015.

Ein Interessenkonflikt besteht nicht.

## Vorbemerkung

Ziel des Vortrags war die Darstellung wesentlicher Momente, also der Meilensteine, in der Entwicklung der Interventionellen Kardiologie. Abbildungen, wie im Vortrag auf Englisch, und Vortragstext dieser Wiedergabe wurden zum besseren Verständnis leicht erweitert, beruhen auf ausgewählten Beispielen und erheben keinen Anspruch auf eine vollständige Darstellung der Entwicklung. Ein Schwerpunkt liegt auch in der subjektiven Wahrnehmungen eines Zeitzeugen, der ab 1977 fast alle genannten Pioniere persönlich kennen lernen durfte. Dadurch sollte das Thema besonders auch für jüngere Kollegen lebendiger wahrnehmbar sein.

Die Interventionelle Kardiologie ist eingebettet zwischen Innerer Medizin und Chirurgie, sie ist abhängig von technologischen und biologischen Fortschritten, die vielfach erst durch die beginnenden Interventionen stimuliert wurden. Als Stichworte für den Fortschritt seien hier neben der Feinmechanik die funktionelle Anatomie, Radiologie, Polymerentwicklung, Pharmakologie und Digitalisierung besonders die klinische Erfahrung genannt.

Viele Leistungen sind mit erfolgreich abgeschlossenen Lebensläufen der jeweiligen Pioniere verbunden. Häufig waren sie kreative, ehrgeizige und zielstrebige Persönlichkeiten, z.T. mit ungewöhnlichen Karrieren und Hintergründen oder aus Ländern mit weniger hohen medizinischen Standards. Fast immer strebten sie an bedeutende Zentren, um ihre Ideen zu verwirklichen. Es ist nur folgerichtig, dass in der Pionierzeit die Ideengeber fast immer Einzelpersonlichkeiten waren, die aber auch ein Team brauchten und begeistern konnten.

Einige dieser Persönlichkeiten, wie z.B. Andreas Grüntzig und der Chirurg René Favaloro, erlitten tragische Schicksale, die ihr Leben drastisch veränderten oder sogar vorzeitig beendeten.

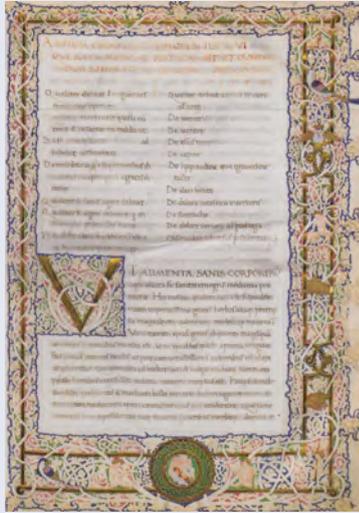
Viele der wichtigsten Katheter-Pioniere waren Deutsche. Ich möchte hier, auch im Namen der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie- Herz- und Kreislaufforschung diesen und allen anderen hervorragenden interventionell erfinderisch tätigen Ärzten meine Bewunderung aussprechen.

Die erreichten Fortschritte für die Medizin und die erkrankten Patienten sind immens. Viele Interventionen sind lebensrettend oder verlängern Lebenszeiten voller Lebensqualität um Jahrzehnte.

Den eigentlichen Beginn der interventionellen Ära setze ich auf das Jahr 1977, auch wenn einzelne Katheterinterventionen früher gelangen. Auch wenn jetzt die Pionierzeiten für wichtige Interventionen vorbei sind, und kritische Fragen den massenhaften Einsatz der Katheterintervention zu Recht begleiten, werden kontinuierliche Verbesserungen oder neue Therapieformen die Entwicklung weiter in die Zukunft tragen.

Die Voraussetzung jeder Therapie wurde schon vor mehr als 2000 Jahren schriftlich von Cornelius Celsus (ca. 20 vor bis 40 nach Chr) formuliert: „Ein guter Arzt muss die Empfehlung zu einer Operation immer mit dem Ziel einer Lebensverlängerung sorgfältig prüfen“, heute möchte ich hierzu die Lebensqualität ergänzen.

## Interventional cardiology: the patient



A good surgeon must be able  
to evaluate the advisability  
of an operation  
always with the aim of:

„saving the patients life“

Cornelius Celsus (ca 14 BC – 37 AD), de medicina, libros VII-VIII;  
Copy by A. de Maria, and G. de Gigantibus 1453; Bibliotheca Medicea Laurenziana, Florence

Das vorausgesetzt möchte ich eine **Definition** versuchen:

Die Interventionelle Kardiologie betrifft kathetergestützte diagnostische und therapeutische Eingriffe an Herz und Kreislauf mit dem Ziel, die angeboren oder erworben gestörte Anatomie funktionell zu korrigieren oder wiederherzustellen, wobei häufig temporär oder dauerhaft technische oder biologische Implantate oder Medikamente eingebracht werden. Die Folge sind natürlich auch therapeutische Konzepte.

Im Folgenden beschränke ich mich im Wesentlichen auf die besonderen Meilensteine der Koronar- und Herzklappeninterventionen. Weitere in der gleichen Sitzung der Tagung vorgetragene Meilensteine betrafen die Intensivmedizin (Karl Werdan), die Herzchirurgie (Hellmut Oelert) und die Rhythmologie (Thomas Meinertz).

Als Quellen dienten neben eigenen Erinnerungen und Abbildungen medizingeschichtliche Fachbücher, z.B. ‚Evolution of Cardiac Catheterization and Interventional Cardiology‘ der ESC (Hrsg Michel Bertrand, 2006), Fachzeitschriften und andere. Internetquellen wurden meist doppelt geprüft.

Zur Erläuterung meiner eigenen Erfahrungen füge ich meine wesentlichen beruflichen Stationen in Katheterlaboren an: Bad Oeynhausen bei Ulrich Gleichmann und Ulrich Sigwart, Syracuse NY (SUNY) bei Goffredo Gensini, Worcester (UMASS) und Boston (Harvard MS) bei Joseph Alpert, Uni-Freiburg bei Hanjörg Just und Klinikum Fulda.

Die Namen der erwähnten deutschen Kardiologen, die wesentliche Beiträge zur interventionellen Kardiologie geleistet haben, sind im folgenden Text grün markiert, die anderer bedeutender Kardiologen blau.

## Die Anfänge



Der **Aderlass** ist eine Jahrtausende alte Kreislaufintervention.

Der Reim im französischen Original der barocken Abbildung suggeriert, „dass das Messer für ihre Beschwerden (Liebeskummer) nicht ausreicht. Stattdessen geht hier der Doktor ein Risiko ein, nämlich das, sich selbst zu verlieben“.

Diese Darstellung betrifft zweifellos den Kreislauf, erfüllt aber ebenso zweifellos nicht heutige Kriterien der Interventionellen Kardiologie, immerhin ist eine Verletzung der Integrität des menschlichen Körpers gegeben – und das Risiko emotionaler Einflüsse.

## Erste Versuche beim Pferd

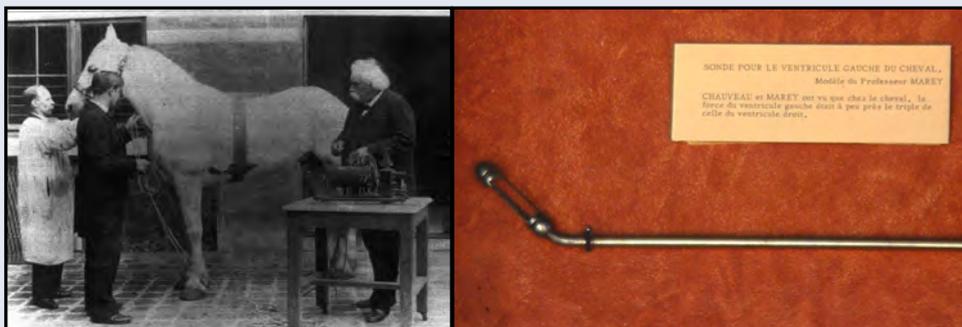
lang ist der Weg...

Stephen Hales  
measuring blood  
pressure in a mare  
(1847)

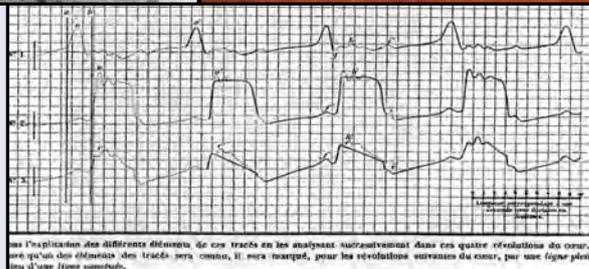


National Libr. of Medicine 1944  
From: Acierno: Hist. of  
Cardiology, Parthenon NY 1994

## First Cardiac Catheterization in a Horse by Chauveau and Marey (1861)



PCR-EAPCI Textbook of  
percutaneous cardiovascular  
medicine 2012



Die ersten Katheteruntersuchungen wurden bei Pferden durchgeführt. [Steven Hales](#), ein Pfarrer in England, maß 1847 blutig ‚nur‘ den Druck in einer Arterie, aber [Jean-Baptist Chauveau](#) und [Etienne-Jules Marey](#) zeichneten 1861 mit starren Instrumenten bereits den ventrikulären Druck auf, wie die Druckkurve anschaulich zeigt.

## Erste Rechtsherzkatheter beim Menschen

### Right Heart Catheterization

Werner Forßmann 1929

Nobel Prize with André Cournand und Dickinson Richards 1956



Eine besondere Pioniertat vollbrachte **Werner Forssmann** 1929 in Eberswalde: Er sondierte bei sich selbst durch eine Armvene vermutlich mit einem Blasenkatheter erstmalig das rechte Herz und dokumentierte die Katheterlage mit einem Röntgenbild. Er war wohl gut vorbereitet und ehrgeizig. Schließlich erhielt er eine unbezahlte Assistentenstelle bei Ferdinand Sauerbruch, der ihn aber wieder entließ, als seine Publikation erschien und Ernst Unger und Fritz Bleichröder über ähnliche noch frühere Versuche berichteten. Sauerbruch war der erste, aber nicht der letzte, der wenig Verständnis für Herzkatheter zeigte: „Mit solchen Kunststücken habilitiert man sich in einem Zirkus und nicht an einer anständigen deutschen Klinik“ (Forßmann).

Andere wie **André Cournand** und **Dickinson Richards**, New York, sahen das anders und benutzten Drucke, Sauerstoffsättigung und Kontrastmitteldarstellungen der Anatomie besonders für die Herzfehlerdiagnostik und maßen obendrein die Pumpleistung: Mit ihnen zusammen erhielt Forßmann 1956 den Nobelpreis für Medizin, an den 1956 eine Briefmarke erinnerte.

## Der transkutane arterielle Zugang

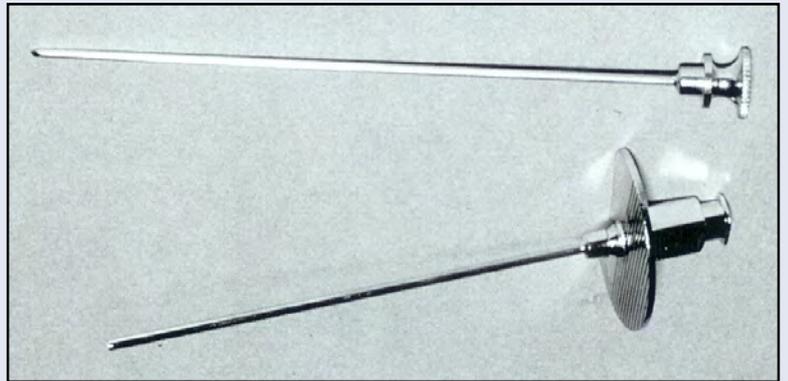
Die arterielle Katheterisierung war schwieriger. Zunächst, auch von **Sones**, wurde die Arterie mit dem Skalpell eröffnet und anschließend genäht.

Die simpel erscheinende **Seldinger** Nadel eröffnete die Phase des **transkutanen arteriellen Zugangs**, im Rückblick ein eigentümlicher, aber immerhin ein Anfang. Die meist ziemlich stumpfe Nadel wurde mit einliegendem Trokar durch die Vorder- und Rückwand (!) der Arterie hindurch gestochen, dann wurde der Trokar entfernt, dann die Nadel zurückgezogen, bis es spritzte.

Die eigentliche Erfindung war es, dann einen längeren flexiblen Draht einzuführen, die Nadel zu entfernen, und die Katheter über den Draht in die Arterie vorzuschieben. Diese Art der Punktion hielt sich bis in die 80er Jahre, dann verbot die Lyse eine Perforation der Arterienrückwand und mit scharfen Einmalnadeln wurde nur die Vorderwand punktiert.

### Transcutaneous arterial approach

Sven-Ivar Seldinger 1953



## Die ersten therapeutischen Katheterinterventionen

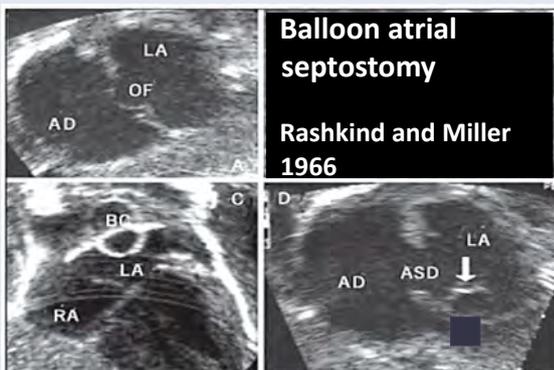
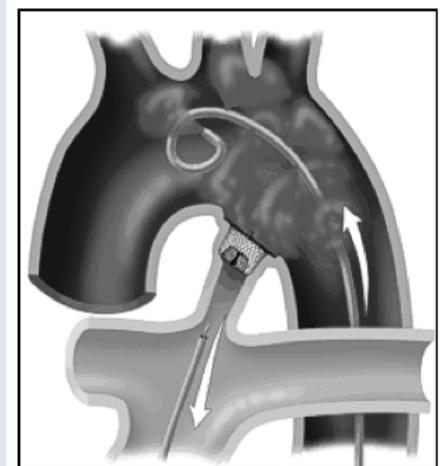


Fig. 1 - Echocardiography monitored balloon atrial septostomy. A) coronal subcostal view showing a patent oval foramen. B) catheter (clear arrow) in the inferior vena cava and RA; C) inflated balloon in the LA; D) resultant ASD with mobility of its margins (solid arrow). RA- right atrium, LA- left atrium, OF- oval foramen, BC- balloon catheter, and ASD- atrial septal defect.

Echo: Marchi et al. Arq Bras Cardiol 84 (2005)

### Balloon atrial septostomy Rashkind and Miller 1966

### Occlusion of persistent ductus arteriosus Botalli: Porstmann 1967



Porstmann et al. Germ med Mth 12:259 (1967)  
Fig: Diss. C.Schneider, Giessen

Die erste eindrucksvolle therapeutische **Katheterintervention** wird meist mit dem Namen **William Rashkind** verknüpft, der 1966 zusammen mit **William Miller** mit einem gefüllten Ballon das Vorhofseptum bei Neugeborenen mit bestimmten Herzfehlern einriss und damit palliativ einen Vorhofseptumdefekt erzeugte - zur Kompensation des bei der Geburt einsetzenden Verschlusses des Foramen ovale oder des Ductus Botalli. **Werner Porstmann**, Ost-Berlin, verschloss 1967 erstmalig den persistierenden Ductus Botalli transkutan mit einem Pfropf.

## Koronaroperationen



Die chirurgische Therapie der Koronararterien ging den Katheterinterventionen voraus.

Die **Vineberg Operation**, benannt nach dem kanadischen Chirurg [Arthur Vineberg](#), Montreal, wurde seit 1945 angewandt. Eine „dritte Koronararterie“, die Arteria mammaria interna, wurde an ihrem distalen Ende frei in den Herzmuskel implantiert in der Vorstellung, dass sie Anastomosen mit einer distalen Koronararterie bildet.

Dass das zumindest gelegentlich gelang, zeigt das etwas mitgenommene Einzelbild aus einem Cinefilm einer Katheteruntersuchung nach [Mason Sones](#), die ich 1978 im Labor von [Goffredo Gensini](#) in Syracuse durchführte. Die linke A. mammaria interna findet hier Anschluss an die distale rechte Koronararterie (RAO Projektion).

Die Bypass-Operation wurde von [René Favaloro](#) aus Argentinien 1967 in der Cleveland Clinic, Ohio entwickelt und etablierte sich schnell, auch in Deutschland. Favaloro starb tragisch: Er erschoss sich im Alter von 77 Jahren in Argentinien, nachdem seine dortige kardiologisch-chirurgische Stiftung aufgrund einer Wirtschaftskrise in eine Schieflage kam.

Im St. Joseph's Hospital der SUNY operierte 1978 ebenfalls einer der Pioniere der Herzchirurgie aus der Cleveland Clinic, [Donald B. Effler](#). Ich erinnere mich, dass alles extrem schnell ging: Am Morgen Herzkatheter, am Nachmittag Filmgespräch, am nächsten Morgen Operation (ohne Herz-Lungen-Maschine), in 2 Stunden war der Patient auf der Intensivstation und nach sechs bis sieben Tagen entlassen.

Die jüdischen Ärzte in diesem katholischen Krankenhaus akzeptierten mich nach einiger Prüfung, jüdische Patienten in einzelnen Fällen aber gar nicht. Aber ein solcher Patient, der aus Witten/Ruhr stammte, lud meine Familie später in sein Haus in New York ein.

# Überblick

## Koronare Meilensteine

Coronary Highlights (hight tech)		
1977	PTCA, fixed wire balloon	Grüntzig
1976	Intracoronary thrombolysis	Chazov, Rentrop
1980ies	Coronary Plaque and restenosis: atherectomy, rotablation, hot balloon, laser, radiation, cutting balloon	Simpson, Auth, Spears, Unterberg
1984	Separate guide wire*	Kaltenbach
1985	Rapid exchange catheter**	Bonzel
1987	Stenting	Puel, Sigwart, Palmaz
2000	DES for restenosis	Souza, Serruys, Morice
2000	Scaffold	Tamai, Igaki
1977	Transstenotic pressure gradient	Grüntzig
1985	Fiberoptic angioscopy	
1989	Endothelial function**	Drexler, Zeiher, Bonzel
1990	IVUS (coronary wall and plaque imaging)**	
1995	FFR high tech wire (flow, pressure, temp.)*	Pijls

## Valvuläre Meilensteine

1982-86	Pulmonary, mitral, aortic valvuloplasty	Kan, Inou, Cribier
2002	Transcut. Aortic vlave implantation	Cribier
2003	Mitral valve clipping	Condado
2012	Transcutaneous mitral valve implantation	Sondergaard, Lutter
1994	Septal ablation	Sigwart
2002	Atrial appendige closure	Sievert

# Die Ära der interventionellen High-Tech-Medizin

## Voraussetzungen

### Prerequisites for High Tech Catheter Inventions

1916 Heparin → NOAC

1928 X-Ray contrast (Thorotrast was a radiator)

1936 Polymeres

1963 ASA → Clopidogrel a.o.

1968 Intensive care unit → CCU → chest pain unit

1975 Digital data (Gensini score) → digital imaging

1972 Out-of-hospital emergency team (start: traffic accidents)

1978 High res. x-ray system → fluoroscopy → fusion imaging

1977, zu Beginn der interventionellen High-Tech-Therapie, waren viele Voraussetzungen dafür bereits erfüllt.

Dazu gehörten zwingend gerinnungshemmende Medikamente, verträgliche Röntgenkontrastmittel, drucktolerante Polymere und hochauflösende Röntgensysteme, aber zunächst nur für den Film. Letztere wurden Ende der 70er Jahre gerade erst entwickelt: Sie boten im Film eine Auflösung von vier Linienpaaren pro Millimeter!

Für die Entscheidung zur Bypass-Operation oder später Dilatation wurde am Nachmittag der Cinefilm projiziert und in der Konferenzrunde betrachtet. Auch bei akuten Eingriffen warteten wir in den 80er Jahren oft erst 20 Minuten bis der Film entwickelt war und damit Details sichtbar wurden.

Das wirklich hochauflösende digitale Durchleuchtungsbild und damit die Abschaffung des Films kamen erst viele Jahre später. Erst dann wurden die Feinheiten der Koronarstenosen bereits bei der Durchleuchtung erkannt und das wiederum war eine wichtige Voraussetzung für die routinemäßige Sofortdilatation, insbesondere beim akuten Koronarsyndrom.

## Die Anfänge der Digitalisierung

Computers in  
cardiology,  
automatic pressure  
reading

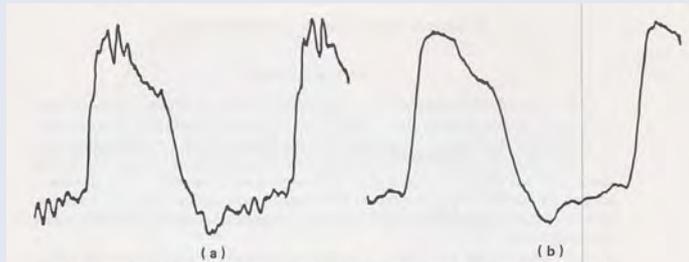


Fig. 10. Artifact-laden ventricular pressure curve (RV) before (a) and after (b) exponential smoothing. This type of noise signal readily lends itself to digital smoothing, since the frequency of the noise is markedly higher than that of the input signal. On the other hand, the gain from such smoothing from the viewpoint of measurement technique is slight, as all the points of interest can be found without smoothing.

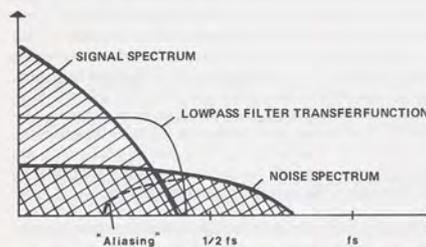


Fig. 11. The upper cutoff frequency of the lowpass filter should be lower than  $\frac{1}{2}$  the sampling rate ( $f_s$ ), to avoid "aliasing" in the signal spectrum.

Since in our system all digitally produced data are stored on disk throughout the entire investigation, a variety of software filters can be used afterwards to process pressure curves. It is hoped that the data bank now in process of creation will make it possible to investigate the question of what transfer functions and what additional empirical criteria can be recommended for curve smoothing.

Automation in Cardiac diagnosis, Sigwart, 1978

Goffredo Gensini hatte 1967 in Syracuse das erste digitale Score-System zur Bewertung koronarer Stenosen entwickelt. Die digitale Analyse von Druckkurven begann Ulrich Sigwart etwa 1978 im Labor von Ulrich Gleichmann in Bad Oeynhausen. Die Digitalisierung von Filmbildern mit LASER-Strahlen hatte ich 1979 in Boston beobachtet, die digitale Sofortspeicherung der Angiographiebilder wurde 1994 etabliert.

Solche Erfahrungen stimulierten mich Anfang der 90er Jahre in Fulda zur Entwicklung des Herzkatheterprogramms CLAIM mit Datenbank, Berichtswesen und erste Ansätzen künstlicher Intelligenz. Das bei den Nutzern gut akzeptierte Programm scheiterte aber an den Schnittstellen mit den großen IT-Firmen.

Aber die medizinischen Hoffnungen in der Kardiologie zielten damals auf die Behandlung der Herzinsuffizienz.

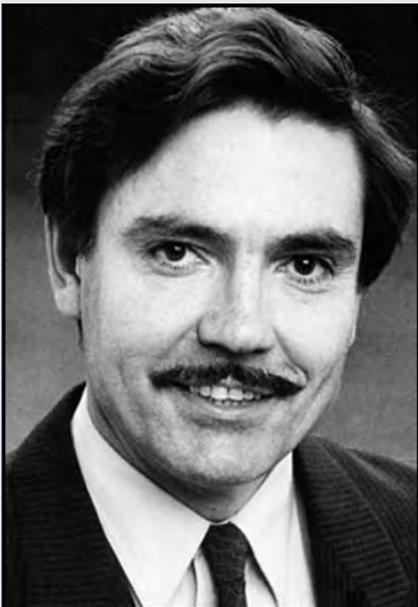
In the 70es,  
the hoped-for progress  
was  
the therapy of  
myocardial failure

Es kam anders!

## Ballondilatation

### Die erste Ballondilatation einer Koronarstenose

September 16, 1977



First PTCA  
in arteriosclerotic coronary disease

by Andreas Grüntzig,  
University of Zürich

or: the outset of  
high tech interventions

Im November 1977 berichtete **Andreas Grüntzig** aus Zürich auf der Tagung der American Heart Association in Miami erstmals über vier erfolgreiche perkutane mechanische Koronardilatationen beim Menschen: die PTCA war geboren. Ich erinnere mich, dass der Vortrag sich als z.T. kurios betrachteter Geheimtipp herumsprach, aber er faszinierte und stimulierte mutige Pioniere und ließ sie nicht mehr los. Grüntzig kam ursprünglich aus Leipzig und hatte zeitweilig in angiologischen Kliniken in Deutschland gearbeitet.

Die Koronardilatation war der Beginn der hochtechnisierten kathetergestützten Interventionellen Kardiologie und setzte nach zögerndem Beginn eine ungeheure medizinische und technisch-industrielle Bewegung in Gang.

Anfängliche Probleme betrafen besonders die hohen Risiken der symptomverbessernden und vielfach lebensrettenden Katheterbehandlungen. Lange Lernkurven und wesentliche technische Verbesserungen führten schließlich zu stabilen Anfangserfolgen, Stents und intrakoronare Medikamente schließlich auch zu zunehmend stabilen Langzeitergebnissen.

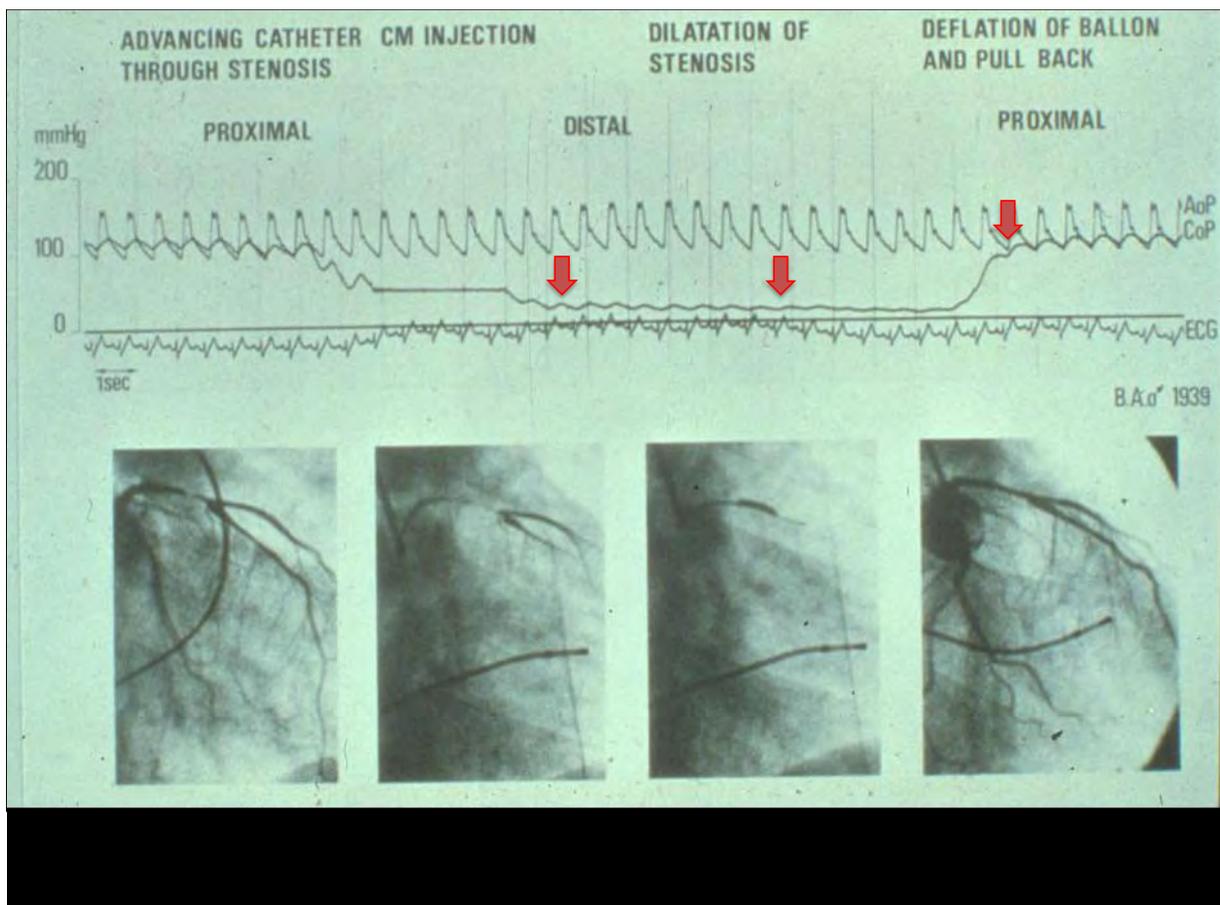
Später führte eine meist industriell finanzierte anhaltende Forschungswelt zu einem kontinuierlichen Wissenszuwachs, und Masseninterventionen erzwangen Regulierungen. Diese erfolgten zunächst durch die wissenschaftlichen Gesellschaften. Es gibt kaum ein anderes Fach in der Medizin, welches so umfassend Behandlungsverfahren seit Jahrzehnten durch Richtlinien und Kommentare begleitet und zu steuern versucht oder durch staatliche Qualitätskontrollen – mit allen damit verbundenen Fragen - überwacht wird.

Die ersten koronaren Grüntzig Ballonkatheter zeigten das wesentliche Merkmal: Einen faltbaren und aufweitbaren nicht-elastischen länglichen Ballon an der Spitze eines schlanken Katheters. Da der Ballon nicht dehnbar war, also nur bis zu einer vordefinierten Weite gefüllt werden konnte, mussten für unterschiedlich weite Arterien jeweils Ballons mit dem passenden Durchmesser eingesetzt werden.



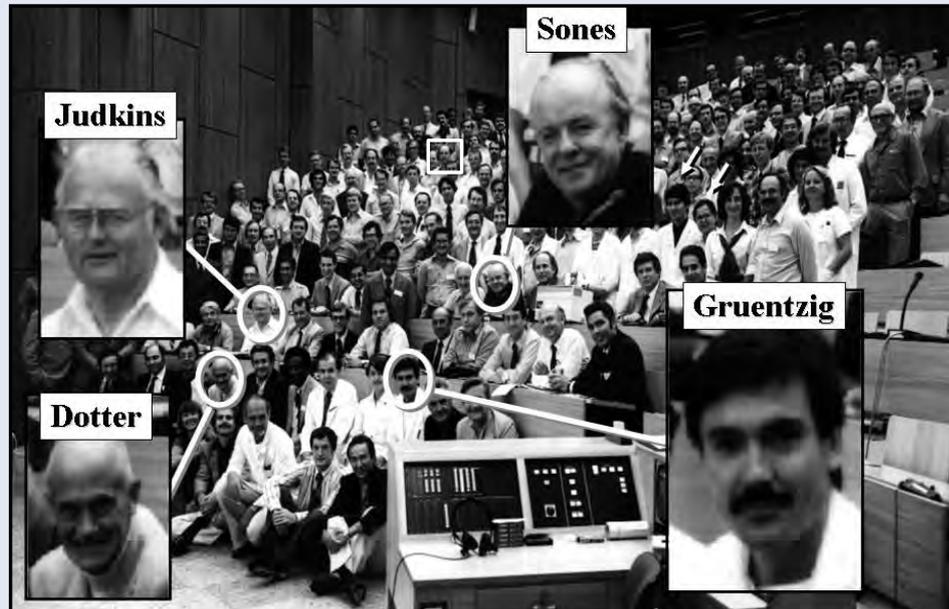
In diesem Beispiel hat der Ballon vom Typ G - 20 – 30 im gefüllten Zustand einen Durchmesser von 3 mm und eine Länge von 20mm, die Schaftdicke betrug (damals) 4 French.

Die Druckkurven und Bilder der ersten Koronardilatation vom 16. September 1977 sind vielen bekannt: Die roten Pfeile wurden von mir eingefügt, sie deuten auf die an der distalen Spitze des Ballonkatheters abgenommene Druckkurve: Druckabfall nach Passage des Ballons durch die Stenose (erster Pfeil), flaches Druckprofil bei Inflation, kein Gradient nach Deflation (dritter Pfeil, fast gleichzeitig mit Rückzug des Ballons). Die Bilder zeigen eine gute Aufweitung der Stenose, genaue angiographische Details waren aber kaum zu erkennen, daher war der Druckgradient so wichtig.



## Life Demonstrationen

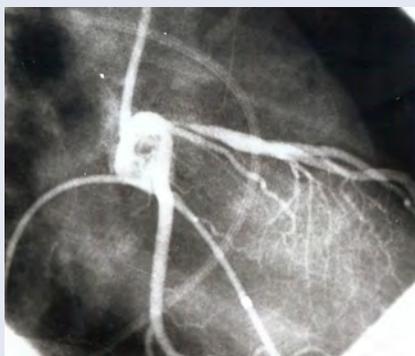
### PTCA Course in Zürich 1980



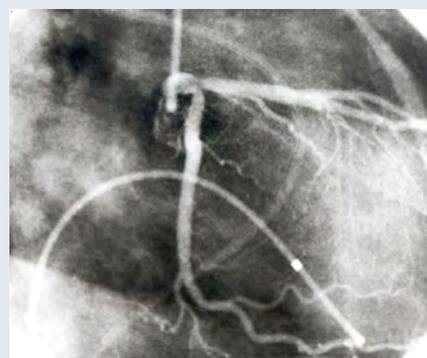
PCR-EAPCI Textbook of percutaneous cardiovascular medicine 2012

Die offene Diskussion der PTCA in Life-Demonstrationen war eine weitere Pionierleistung von Grüntzig, die wesentlich zur vorsichtigen Verbreitung dieser ‚gefährlichen‘ Methode beigetragen hat. Auf diesem Bild sitzen die frühen Pioniere der Koronarangiografie und die der Koronardilatation in den ersten Reihen, die nächsten aber schon wissbegierig weiter hinten (ich im Quadrat). In Fulda haben wir diese Tradition aufgegriffen und bisher in 28 Seminaren fortgeführt.

First PTCA in Freiburg, 1980



First PTCA in Freiburg, 1980

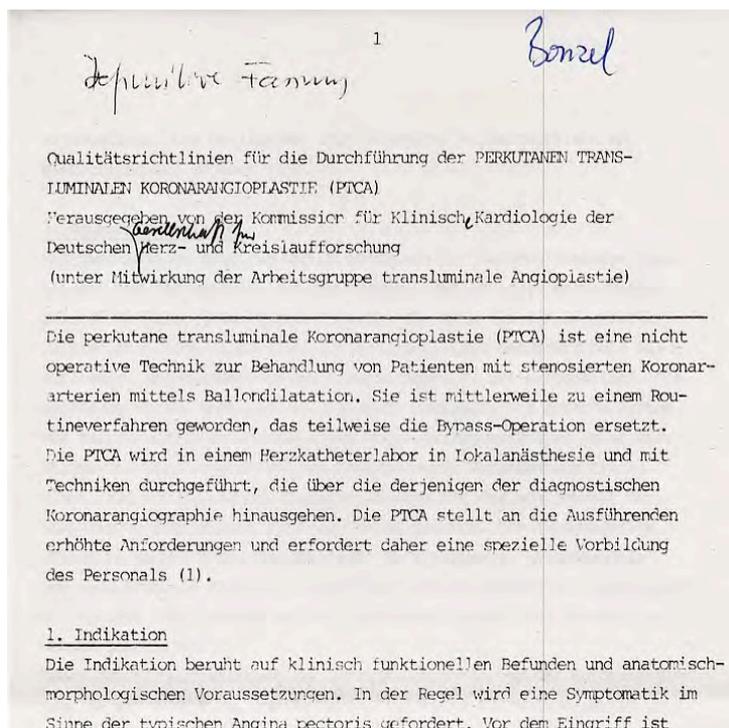


Bei meiner ersten Dilatation in Freiburg wählten wir eine proximale RIVA-Stenose, weil sie für die Grüntzig-Katheter gut erreichbar war. Im Belastungs-Ekg zeigte sich vorher bei 75 Watt eine ausgeprägte ST-Senkung, nachher bei 150 Watt nicht. Das Risiko der Hauptstammnähe war noch nicht so sehr im Bewusstsein.



## OP-Bereitschaft

Die OP-Bereitschaft war generell, auch von der DGK, vorgeschrieben, was bald diesseits und jenseits des Atlantiks zu scharfen Diskussionen führte. Erst nachdem man lernte, die Risiken einer Dilatation abzuschätzen, wurde diese Vorgabe gelockert.



## Qualitätssicherung

Karl Ludwig Neuhaus leistete mit der Arbeits-gemeinschaft Leitende Kardiologische Kranken-hausärzte (ALKK) auch international gesehen Pionierarbeit bei der Entwicklung der Qualitätssicherung.

Die Gruppe Neuhaus, Tassilo Bonzel, Dietrich Harmjanz und Enz-Rüdiger von Leitner erarbeitete die ersten Datensätze, die später Eingang in die Bundesqualitäts-sicherung (BQS) und in die ‚Cardiology Audit and Registration Data Standards‘ der ESC (CARDS) fanden.

In der Anfangsphase der Ballondilatation vor der Stentära war die Komplikationsrate und die Zahl der notfallmäßigen Bypass-Operationen hoch. Raphael Balcon aus London erzählte mir später, dass das Koronardilatationsprogramm in den 80er Jahren am London Chest Hospital eingestellt werden sollte. Was aber dann doch nicht geschah.

Complication rates in the beginning of PTCA led in some places to the intention to ‚dump‘ the program



# Multiple Kathetervarianten in der Pionierzeit

## Individualisierte Herstellung

Universitätsklinikum, Postfach, D. 7800 Freiburg i.Br.

An Herrn Hofmann  
Schneider-Medintag  
Schärenmoosstr. 115  
8052 Zürich / Schweiz

Sehr geehrter Herr Hofmann,

anbei ein Modell eines Katheters, bei dem ich ein Seitloch angebracht habe. Infolge einer Anomalie einer Koronararterie war ein Ramus circumflexus mit den üblichen Führungskathetern (jede Bauart) nicht sondierbar, so daß wir uns zu dem Seitloch entschlossen haben. Ich würde mich freuen, wenn Sie mir 3 solche Katheter anfertigen könnten. 2 Katheter Judkins LCA 3 cm, jeweils ein Seitloch an der Circumflexseite (wie im beigelegten Katheter), ein wie im Beispiel und eines etwas weiter spitzwärts, zusätzlich ein solches etwas mehr und groß geschoben durch diesen Katheter das evtl. sein geschlossen

**„Ich würde mich freuen, wenn Sie mir 3 solche Katheter anfertigen könnten“**

Falls Sie die 3 Prototypen für unseren speziellen Patienten kurzfristig anfertigen könnten, wäre ich Ihnen sehr dankbar, da wir diesen Patienten dann erneut einbluteten würden.

Mit besten Dank und freundlichen Grüßen, Ihr

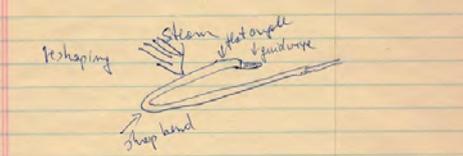
*T. Bonzel*  
Priv.-Doz. Dr. med. T. Bonzel  
Herzkatheterlabor

Schwinge Cx  
Alle Hardware ohne für hot steam machine  
55 #.

hot steam

a) 1)  a) turn clockwise  
b) reslope catheter

2) 



low back-up pressure in Cx with strong angle  
= RCA with sheath h. ca

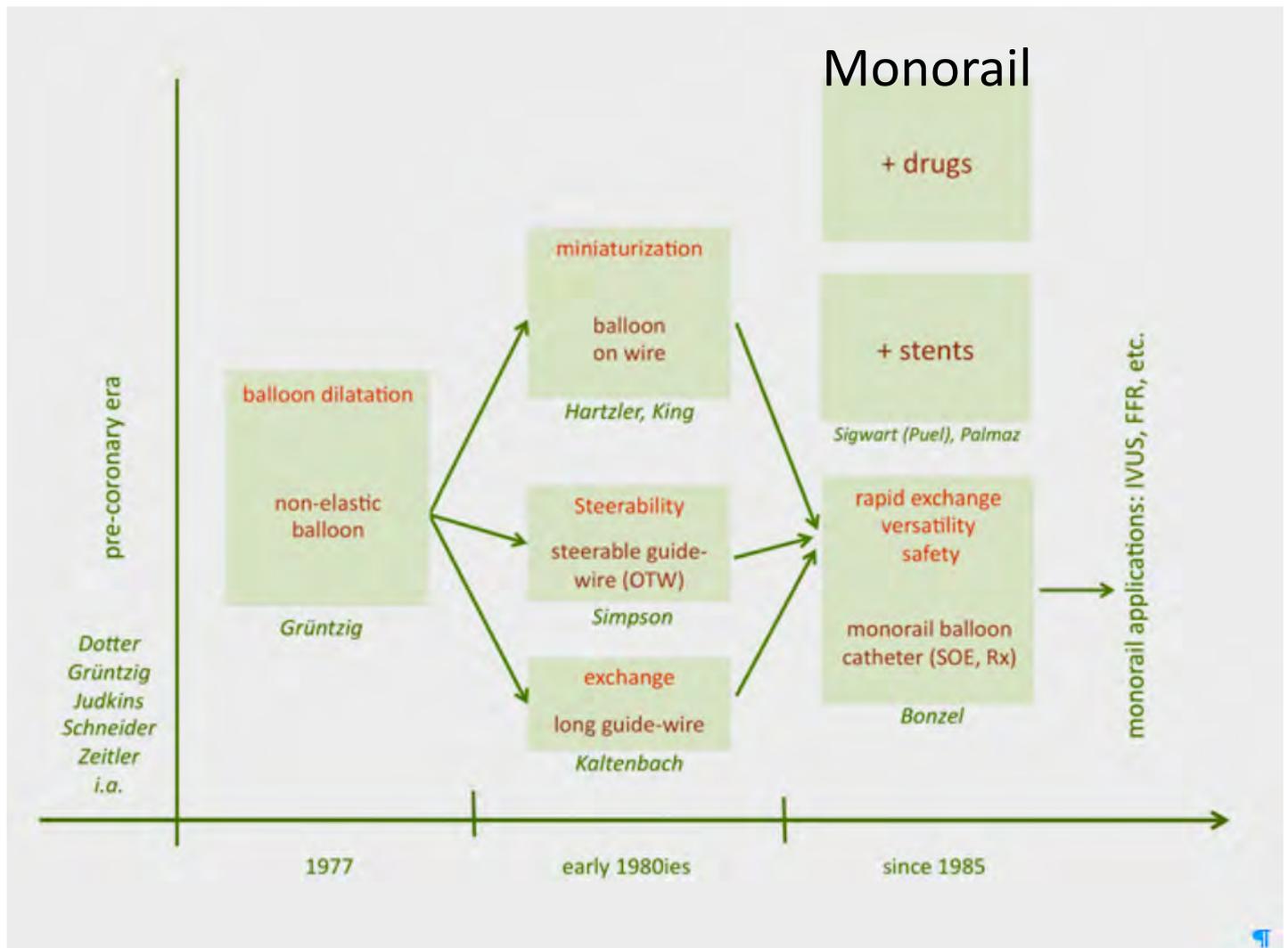
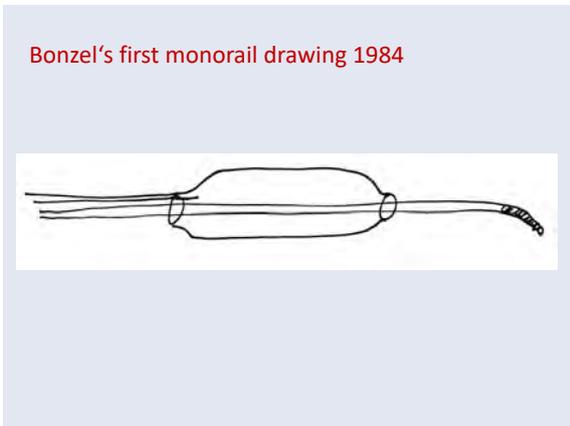
Während der achtziger Jahre wurde eine Fülle von Verbesserungen von Ballon- und Führungskathetern von zahlreichen Kardiologen zusammen mit der Industrie entwickelt, die damals auch noch schnell zum Einsatz kommen konnten.

Nach Verbesserungen von **John Simpson** (beweglicher Führungsdraht) und **Geoffrey Hartzler** und **Spencer King** (Balloon-on-the-wire) gab **Martin Kaltenbach** dem Führungsdraht als getrenntes Element seine volle Bedeutung.

Die von Kaltenbach 1983 eingeführte Long Wire-Technik wurde für einige Jahre – in den USA noch wesentlich länger - der fortschrittliche Standard.

# Monorail Ballonkatheter

Im Monorail System von **Tassilo Bonzel** konnten schließlich alle Vorteile und Wünsche einer flexiblen Nutzung von Führungsdraht und Ballonkathetern, aber auch von und anderen Intrakoronarkathetern vereinfacht vereinigt werden. Das Monorail Prinzip blieb seitdem unverändert gültig.



Das Monorailsystem ermöglicht schnellen Katheterraustausch und den Transport von Stents und Medikamenten in eine Stenose und erhöht damit Effizienz und Sicherheit. Darüber hinaus werden mit dem System verschiedene weitere technische Möglichkeiten bei den Drähten oder am Katheter einsetzbar (IVUS, FFR etc.).

Eine bemerkenswerte Tatsache ist, dass **Grüntzig** die mechanische Dilatation an Koronararterien einführte, ohne viel von Arterien zu wissen. Die Kardiologen hatten sich mit den Arterien nur epidemiologisch befasst, jetzt begann eine intensive Erforschung der Gefäßwand und ihrer Funktionen. **Salvador Moncada** entdeckte als erster, aber erst 1987 das kleine Molekül NO, welches zur Regulierung des Gefäßtonus im Endothel produziert wird. Und 1989 wurde z.B. in Freiburg von **Helmut Drexler** und **Andreas Zeiher** die flussabhängige arterielle Vasodilatation nachgewiesen und dabei die erste diagnostische intrakoronare Katheterisierung durchgeführt – mit einem speziellen Monorail-Infusionskatheter.

First in man  
intracoronary  
diagnostic  
catheterisation

Flow-dependent coronary artery dilatation  
Drexler, Zeiher, Wollschl., Meinertz, Just,  
Bonzel  
Circulation 80, 466, 1989

468 Circulation Vol 80, No 3, September 1989

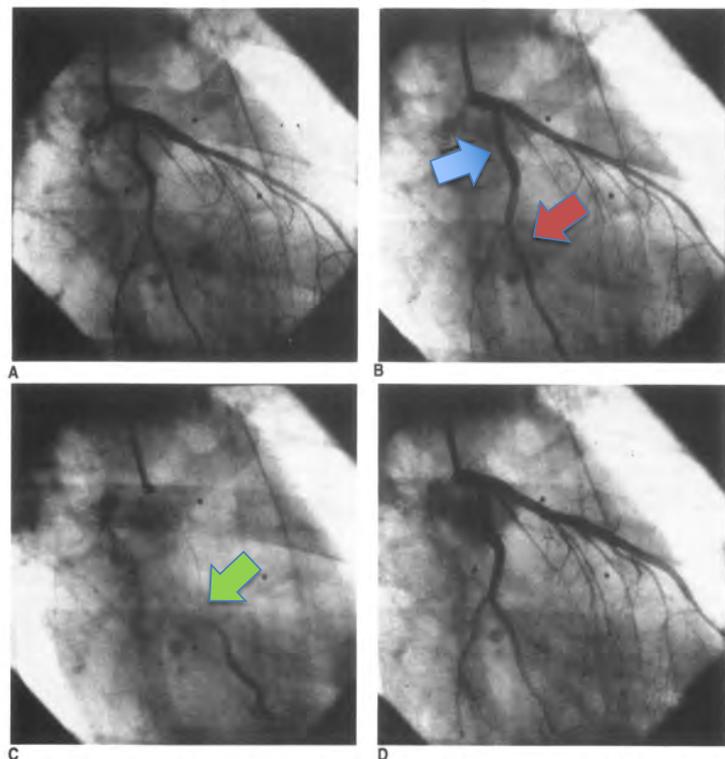
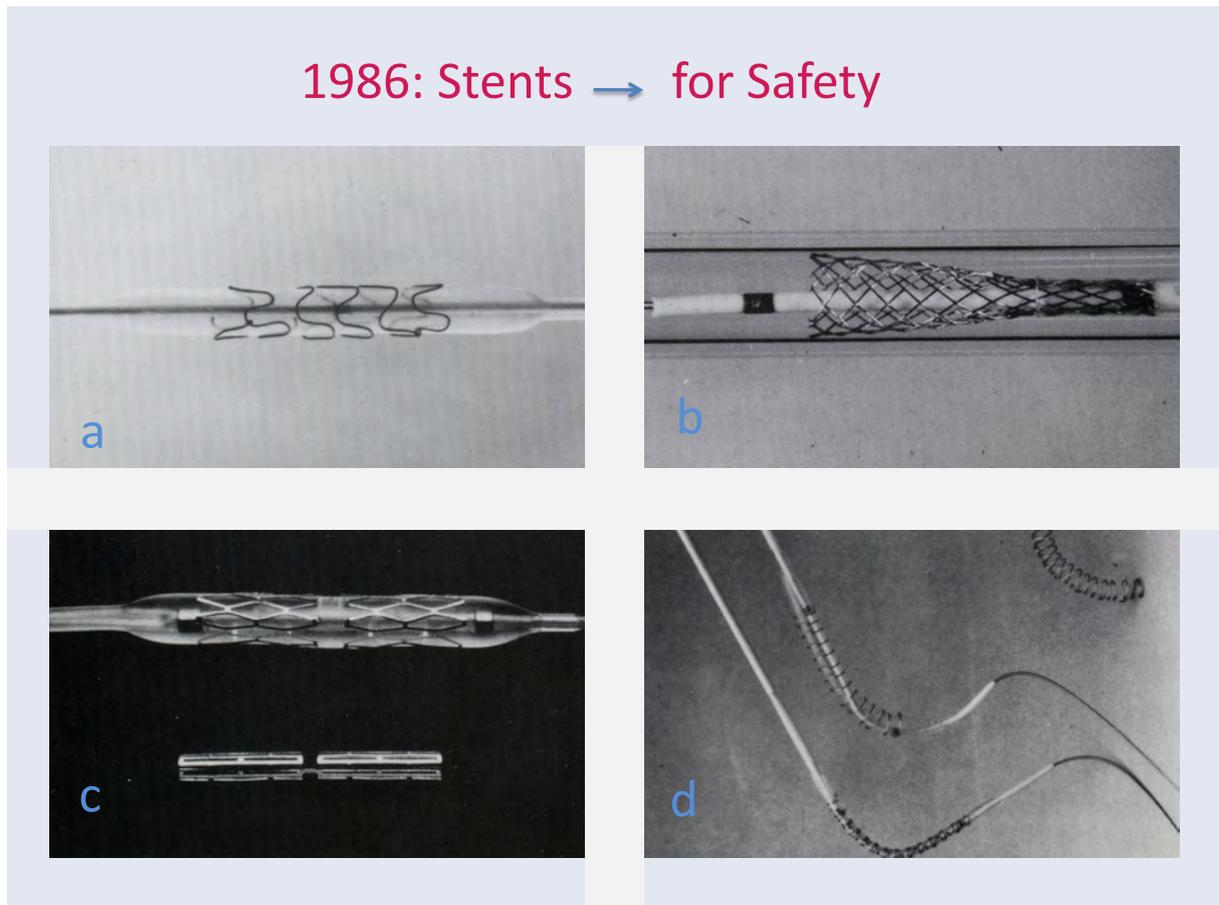


FIGURE 1. Representative left coronary angiogram depicting the proximal segments of the circumflex and left anterior descending coronary artery (right oblique view) during control (Panel A), after papaverine (Panel B), after contrast injection through the intracoronary infusion catheter (Panel C), and after nitroglycerin administered into the left main (Panel D). Note that the contrast medium injected into the infusion catheter flows distally from the tip (arrow) of the infusion catheter. After the injection of papaverine into the distal circumflex (through the infusion catheter, see arrow), substantial dilatation of the proximal circumflex segment occurred (two arrows).

Abb.: A Kontrollangio, B Papaveringabe über die Spitze des Infusionskatheters (roter Pfeil) führt zu einer deutlichen lokalen proximalen Dilatation (blauer Pfeil). C. Kontrastgabe durch den Infusionskatheter zur Dokumentation der distalen Position der Spitze des Intrakoronarkatheters. D: Kontrollangio nach NTG durch den Führungskatheter führt zu einer allgemeinen Vasodilatation aller Gefäße.

## Intrakoronare Stents



Erste Stents: a primitiver Wiktor Stent, b selbst expandierender Wallstent, c **Palmaz-Schatz** Stent mit ‚Gelenk‘, d flexibler **Gianturco-Rubin** Stent

Eine fragile arteriosklerotische vom Ballon aufgerissene Koronarstenose konnte sich jederzeit akut verschließen, am häufigsten in den ersten 10 Minuten, aber auch später oder in der folgenden Nacht – und nicht immer war der Verschluss erneut zu passieren. Stents lösten nach einigen Verbesserungen dieses Problem und reduzierten Herzinfarkte, Notfalloperationen und Todesfälle. Auch Stents werden immer mit einer Ballondilatation eingesetzt. Stents auf einfach zu handhabenden Monorailkathetern gaben dem interventionellen Kardiologen nach 1986 die ‚ungeheure Leichtigkeit des Seins‘.

Die ersten Stents wurden von **Ulrich Sigwart** in Lausanne und **Jaques Puel** in (28.März 1986) in Toulouse beim Menschen eingesetzt aber wir verdanken Sigwart und fast gleichzeitig **Julio Palmaz** und **Richard Schatz** in San Antonio, Texas, die systematische Bearbeitung.

Bare Metal Stents senkten also die akute Verschlussrate, halfen aber auch, die Restenoserate von etwa 30-50% beim Ballon auf etwa 20%-30% zu senken.

Sigwart: Selfexpanding Stent



PCR-EAPCI Textbook of percutaneous cardiovascular medicine 2012

Palmaz, Schatz: Balloon Expandable Stent



PCR-EAPCI Textbook of percutaneous cardiovascular medicine 2012

Viele Kardiologen hätten die Dilatation der folgenden komplizierten Stenose ohne Stent wegen der Gefahr der Dissektion und Embolie in den frühen Jahren abgelehnt. Mit großzügiger Implantation flexibler Stents ist das Risiko gering und der Eingriff kurz.

Complicated stenosis



After stenting: safe



# Die Beherrschung der Restenose

Das ‚Ende der Restenose‘ - zumindest weitgehend – wurde mit lokalen wachstumshemmenden Zellgiften auf Drug Eluting Stents erreicht. Aber auch hier mussten schmerzhaft Erfahrungen gemacht werden: Erst in wiederholten Studien erarbeitete Kombinationen aus modernen Stents mit dünnen Streben, Polymeren und Medikamenten und modernen Hemmern der Thrombozytenaggregation führten zum Ziel.

Alles begann 2000 mit einer phantastischen Studie, wurde später durch späte Todesfälle dramatisch gefährdet, aber in den ESC Guidelines von 2010 wurden DES zum Standard.

## 2000: Drug Eluting Stents

### The end of restenosis?

#### RAVEL

**A randomized comparison of a sirolimus-eluting stent with a standard stent for coronary revascularization**

**Restenosis standard stent: 26.6%**

**Restenosis sirolimus stent: 0%**

Morice MC, Serruys PW, Sousa JE et al, N Engl J Med 2002; 346, 1773-80



## 2010: DES are Standard Therapy

**“DES should be considered by default in nearly all clinical conditions and lesion subsets...”**



### Guidelines on myocardial revascularization

The Task Force on Myocardial Revascularization of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS)

Developed with the special contribution of the European Association for Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI)<sup>†</sup>

Authors/Task Force Members: William Wijns (Chairperson) (Belgium)\*, Philippe Kolh (Chairperson) (Belgium)\*, Nicolas Danchin (France), Carlo Di Mario (UK), Volkmar Falk (Switzerland), Thierry Folliguet (France), Scot Garg (The Netherlands), Kurt Huber (Austria), Stefan James (Sweden), Juhani Knuuti (Finland), Jose Lopez-Sendon (Spain), Jean Marco (France), Lorenzo Menicanti (Italy)†  
Miodrag Ostojic (Serbia), Massimo E Pappalardo (Italy), Charles Baidat (Belgium)

## Scaffolds

Biologisch abbaubare Gefäßstützen versprechen, das Gefäß langfristig und rückstandslos zu ‚heilen‘. Wegen dieses innovativen Prinzips wurde der Begriff ‚Scaffold‘ als neuer Name für sie reserviert. Bisher konnte jedoch kein klinischer Vorteil belegt werden.

2017: Bioresorbable Scaffolds are not Standard

“At present BRS should not be preferred to conventional DES in clinical practice”

**Report of an ESC-EAPCI Task Force on the evaluation and use of bioresorbable scaffolds for percutaneous coronary intervention: executive summary**

Byrne A, Stefanini GG, Capodanno D, Onuma Y, Baumbach A, Escaned J, Haude M et al  
European Heart Journal 2017, doi.org/10.1093/eurheartj/

## Herzinfarkt und akutes Koronarsyndrom

### Recanalization of Coronary Thrombus

it's a long way

- 1842 Erichsen Akineses 23,5 min after coronary occlusion
- 1880 Weigert (Virchow) Thrombotic occlusion in CAD
- 1912 Herrick Unpredictable coronary occlusion
- 1965 Sinapius Stenosis rupture thrombosis
- 1976 Chazov, Rentrop i.c. thrombolysis, wire reperfusion

Erichsen J, Med Gazette (1842) 30, 561; Weigert C, Arch Path Anat (Virchow) (1880) 79, 87; Herrick JB, Trans Assoc Am Phys (1912) 27, 100. All from Acierno Hist. Cardiolgy Parthenon, NY, 1993; Sinapius D, Kli Wo (1965) 43, 875-80; Rentrop P et al, Dtsch Med Wochenschr (1979) 2, 92-105

Die Möglichkeit des akuten thrombotischen Koronarverschlusses wurde schon sehr früh entdeckt. Aber ich erinnere mich, dass noch in den 60er Jahren diskutiert wurde, ob als Ursache oder Folge des Herzinfarkts, bis Sinapius 1965 die Plaqueruptur als Ursache des thrombotischen Verschlusses beschrieb.

Schon in den 80er Jahren wurden in zahlreichen Kliniken bei Herzinfarkt akute Rekanalisationen mit dem Baollonkatheter erfolgreich durchgeführt, wenn gerade der interventionelle Kardiologe verfügbar war. Es war möglich und wir lebten alle in einer aufregenden Zeit.

In Freiburg hatten wir einen ‚privaten‘ Rufdienst. Hier ein Beispiel: An einem Samstagmorgen war unser Familienauto vollgepackt für den Sommerurlaub, Gepäck auf dem Dach, meine Frau Helen und alle Kinder im Auto und ich schloss gerade die Haustür ab, als das Telefon läutete. Dran gehen oder nicht mehr drangehen? Es war mein Freund Helmut Wollschläger aus der Klinik: „Familienvater mit akutem Herzinfarkt...“. Also stiegen alle wieder aus dem Auto, ich fuhr zur Rekanalisation in die Klinik, und wir alle zwei Stunden später in den Urlaub.

Aber es war noch nicht so weit: Die überall verfügbare chemische Rekanalisation oder Thrombolyse wurde für einige Zeit empfohlener Standard, bis Bernhard Meier titelte „Haben wir mit dem Bade das Baby ausgeschüttet?“. Lernprozesse, die Ausweitung des Rettungswesens, der Katheterlabore, der Rufbereitschaft und neue Studien führten zum Durchbruch der mechanischen Rekanalisation mit Dilatation und Stenting: Sie war und bleibt das schnellste Verfahren zur bleibenden Wiedereröffnung des Koronarverschlusses.

Bereits 2014 wurde etwa jede zweite PCI beim akuten Koronarsyndrom durchgeführt.

## Procedure numbers

Left heart cath	858.000
PCIs:	321.000 per year
Availability:	1 cath lab per 95.000 inhabitants
ACS:	50%
<b>CABGs:</b>	<b>54.000 per year</b>

## Vorhersage der Plaqueruptur

Neben der Bildgebung einer Plaque bleibt die funktionelle Evaluierung einer Stenose ein wichtiger Faktor für die Prognose. Die Messung der fraktionellen Flussreserve (Nico Pijls) und ihrer Weiterentwicklungen ist daher eine weitere wichtige Innovation.

To stent or not to stent or to bypass or not

- Plaque imaging or FFR for each stenosis
- Heart Team for multivessel disease

Das wichtigste ungelöste Problem ist aber die Unvorhersagbarkeit der Koronarruptur.

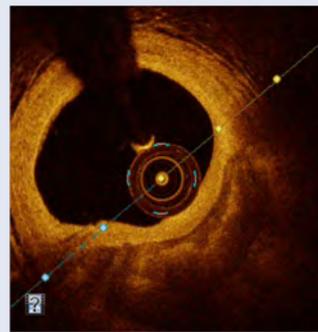
Von der Angioskopie haben wir gelernt. IVUS, Virtual-histology-IVUS (VH-IVUS), optische Kohärenz-Tomographie (OTC) und Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) sind invasive Ansätze, die Prognose einer Stenose zu beurteilen. Ein nichtinvasiver Ansatz fehlt.

### Coronary Wall and Plaque Imaging: to predict plaque rupture? (besides stent control)

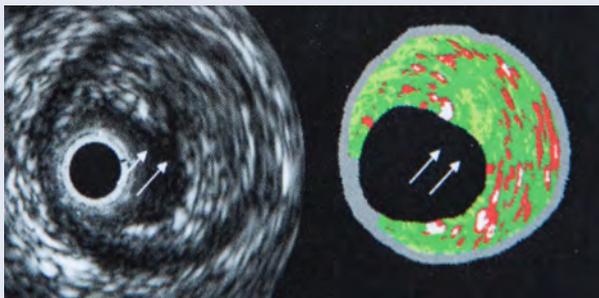
Angioscopy



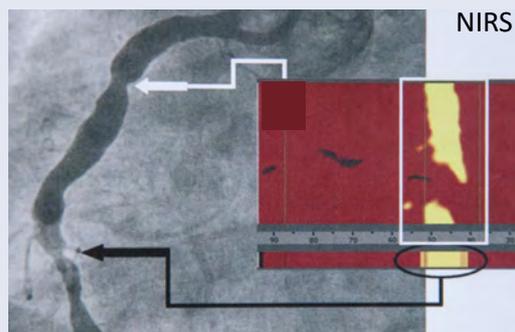
OTC



VH-IVUS



NIRS



Stone GW (PROSPECT) N Engl J Med 2011; 364, 226-35

Waksman R, Lipid-Rich Plaque study (LPR) Am Heart J 2017, study in progress

## Heart Team für Mehrgefäßerkrankungen

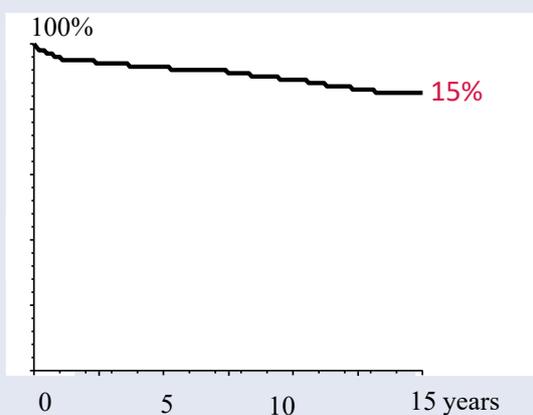
Das ‚Consilium‘ ist eine Jahrtausende alte Form, seine Meinung zu bilden und die beste Behandlung zu finden. In den Anfängen der Herzchirurgie wurden Patienten immer zwischen Kardiologen und Herzchirurgen besprochen. Ich erinnere, dass ich in den 70er Jahren an der Syracuse University NY (SUNY) mit Goffredo Gensini zu den Katheterkonferenzen der meisten Lehrkrankenhäuser gefahren bin, wo wir uns in die Diskussion einmischten. In der Zeit der massenhaften Eingriffe, aber auch wegen vieler evidenzbasierter Entscheidungsmöglichkeiten sind diese Konsile später meistens weggefallen.

Trotzdem haben wir in Fulda die wöchentliche Konferenz schon zu Lehrzwecken beibehalten und dazu die erste umfassende Heart Team-Studie vorgelegt. Bei der Nachverfolgung von über 1500 Patienten, bei denen die PCI-Entscheidung in einem strukturierten Heart Team Prozess getroffen wurde, lag die Bypass-Rate nach 15 Jahren nur bei 15% und die Überlebensrate im Literaturvergleich sehr hoch. Sie ist z.B. bei PCI der Eingefäßerkrankung identisch mit der der Normalbevölkerung. Die Bedeutung für andere Herzkrankheiten dürfte ähnlich sein.

### 2016: Study of the Heart Team Effect

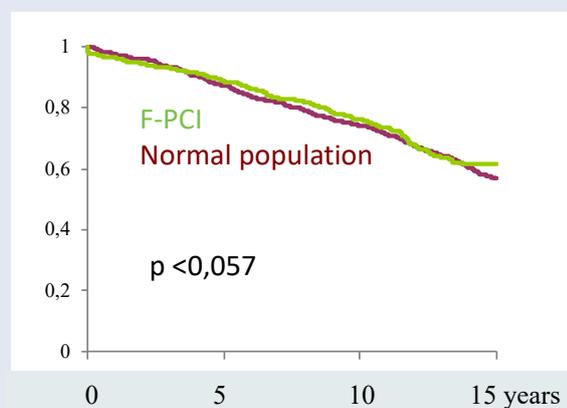
#### CABG after 1. PCI

n = 1524, 81% BMS



#### Survival after PCI in 1VD

n = 666



Bonzel, Schächinger, Dörge, Fulda. Clin Res Cardiol 2016, 105, 388-400

Für Mehrgefäßerkrankungen wurden Scores eingeführt, die Hinweise für Vorteile der PCI oder Bypassoperation geben. Bei digitaler Berechnung kann ‚künstliche Intelligenz‘ damit Empfehlungen geben. Bei grenzwertigen Scores sind Heart Team-Konsile erforderlich. Die Empfehlung zu Heart Teams ist inzwischen Bestandteil entsprechender Leitlinien.

## Verlassene Techniken. Sie wurden keine Meilensteine

Einige Techniken wurden wieder verlassen. Der ‚hot balloon‘ z.B. führte zu Restenosen durch Schrumpfung. Vielleicht hätte er mit Stents eine zweite Chance gehabt. Laser waren spannend, aber von vornherein zu teuer und aufwändig.

Der mit Diamantsplittern besetzte Rotablator behält ein Nischendasein bei verkalkten Stenosen und benötigt wie andere Sondertechniken einen langen Führungsdraht

### Abandoned Coronary Technologies

~~Hot balloon, Laser Balloon,~~  
~~Laser, Angioscopy,~~  
~~Atherectomy, Radiation,~~  
~~Hot tip, Magnum~~  
~~Balloon on the wire~~  
(Rotablator)  
(Long wire technique)

## Calcium plaque



## Kleines Fazit KHK

Die Dilatation von Koronarstenosen ist einer der ganz großen Meilensteine der Kardiologie, oder überhaupt der Medizin. Dabei halfen Stents auf Monorailkathetern zu der enormen Verbreitung der Ballondilatation. Diese technischen Werkzeuge sind - mit einem guten Team und allen perfekten Begleitfaktoren - einfach und schnell anzuwenden und sie bieten große prozedurale Sicherheit. Das hat sie auch für die Behandlung des akuten Herzinfarkts so tauglich gemacht. Aber auch der Langzeiteffekt dieser Therapie wurde wesentlich verbessert.

Die Dilatation von Koronarstenosen hat die Mortalität in den Altersgruppen bis etwa 80 Jahre wesentlich gesenkt und die Lebensqualität erhöht. Wir freuen uns, wenn unser Patient oder unsere Patientin mit 80 Jahren wieder in den Süden fliegen und im Meer schwimmen kann.

Das ist nichts Ungewöhnliches? Dann müssen Sie jung sein. 1977, als noch bis zu sechs Monaten nach Herzinfarkt jede stärkere Belastung verboten war, war das ein Privileg einzelner (H. Gillmann, in Hornbostel, Kaufmann, Siegenthaler, Thieme Verl., S. 45, 1973)

Es sollte nicht vergessen werden, dass die interventionelle Therapie immer eine Reparatur bereits vorhandenen Schadens ist, also, wenn das Kind schon fast oder ganz in den Brunnen gefallen ist. Die Prävention, der Zaun um den Brunnen, bleibt unverzichtbar.

In der Kinder-Akademie Fulda haben in 25 Jahren über 300.000 Kinder Führungen durch das Begehbare Herz erlebt. Im folgenden Bild erläutert Herzchirurg Hilmar Dörge das Kunstherz. Wir glauben, dass Kinder, geprägt durch dieses emotionale Ereignis, später sorgsamer mit ihrem Herz umgehen.

### Population education: The Walk-Through Heart Kinder-Akademie Fulda



More than 300.000 children in 25 years.

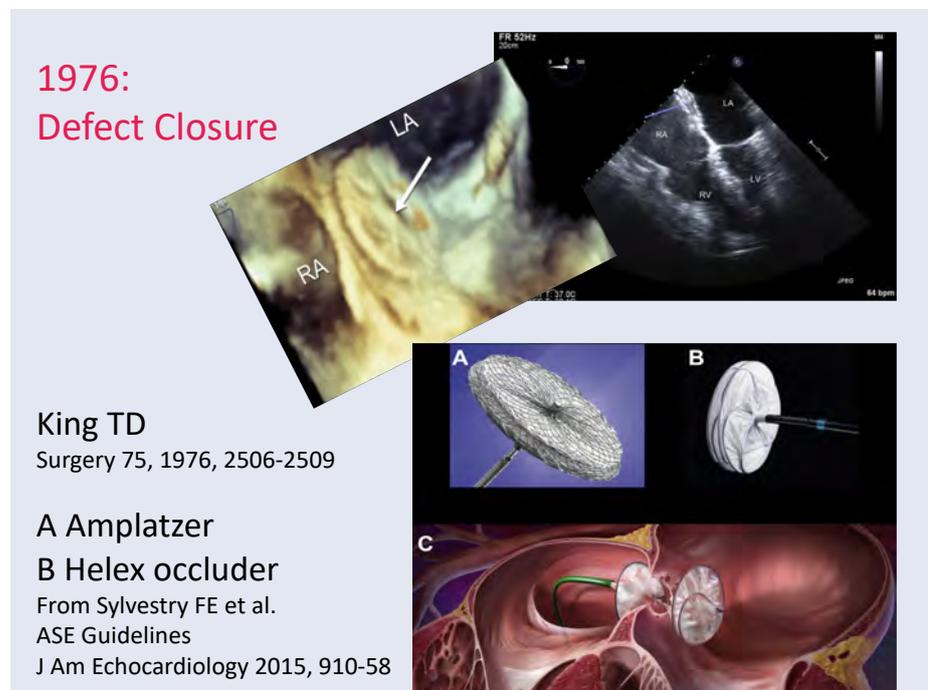
Supported by the German Heart Foundation  
Idea: Helen Bonzel, Kinder-Akademie Fulda, 1990

## Angeborene und erworbene Herzfehler

Der Anfänger im Herzkatheterlabor durfte in den 70er Jahren die häufigen Vorhofseptumdefekte (ASD), meist Secundum Defekte katheterisieren, die damals operativ verschlossen wurden und die heute beim Erwachsenen kaum mehr vorkommen.

### Defektverschluss

Der Secundum Defekt wurde 1975 erstmals und wird heute meist interventionell verschlossen. Häufiger wird beim Erwachsenen aber der Verschluss des offenen Foramen ovale diskutiert und durchgeführt. Das geht mit modernen Systemen einfach und schnell.



Auf verschiedene weitere Verfahren bei angeborenen oder erworbenen Herzfehlern wird hier nicht eingegangen.

## Herzklappensprengung

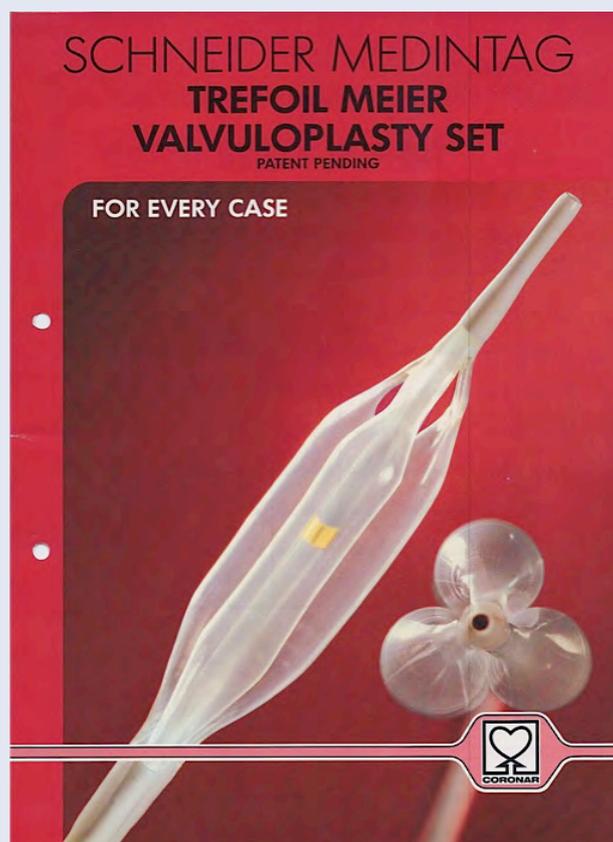
Die Sprengung von Herzklappenstenosen, chirurgisch manuell oder mit einem Gerät ist seit langem etabliert. Daher lag es nahe, das transkutan mit einem Ballon zu versuchen, zunächst bei kongenitalen Stenosen, später auch bei erworbenen, insbesondere bei der rheumatischen Mitralklappenstenose des jüngeren oder mittleren Alters und der degenerativen verkalkten Aortenstenose des hohen Alters. Die Verfahren waren aufwändig und es wurden dafür u.a. spezielle Drähte und zahlreiche Ballonkatheter entwickelt. Der Trefoil Meier sicherte auch während der Inflation den Blutfluss.

Die Mitralklappensprengung führte zu wesentlichen klinischen Verbesserungen meist über 8 bis 15 Jahre und hat sich daher etabliert. Da die Mitralklappenstenose eine typische degenerative Spätfolge eines Streptokokkeninfektes im Kindesalter ist, kommt sie in Deutschland kaum mehr vor. Die Ursache ist einfach: Ende der 40er Jahre wurde Penicillin verfügbar, anfangs nur, wenn man gute Beziehungen zu den amerikanischen Streitkräften hatte, wenig später für alle, bes. für Kinder mit eitrigen Tonsillitiden. Das Problem bleibt in manchen Entwicklungsländern relevant.

Die Sprengung der verkalkten Aortenklappe in den 80er Jahren war etwas völlig neues und wurde nur bei Schwerstkranken mit kurzer erwarteter Lebenszeit durchgeführt, die als nicht operabel galten. Die Methode begegnete großer Skepsis. Doch die Praxis ergab bei seltenen Komplikationen eine deutliche anatomische und klinische Verbesserung, wie ich selbst mehrfach beobachten konnte. Das Problem war die schnelle erneute Versteifung der Klappensegel mit Restenose: Nach wenigen Monaten war der alte Zustand wieder erreicht. Die Methode wurde verlassen, war jedoch der erste Schritt in die Zukunft.

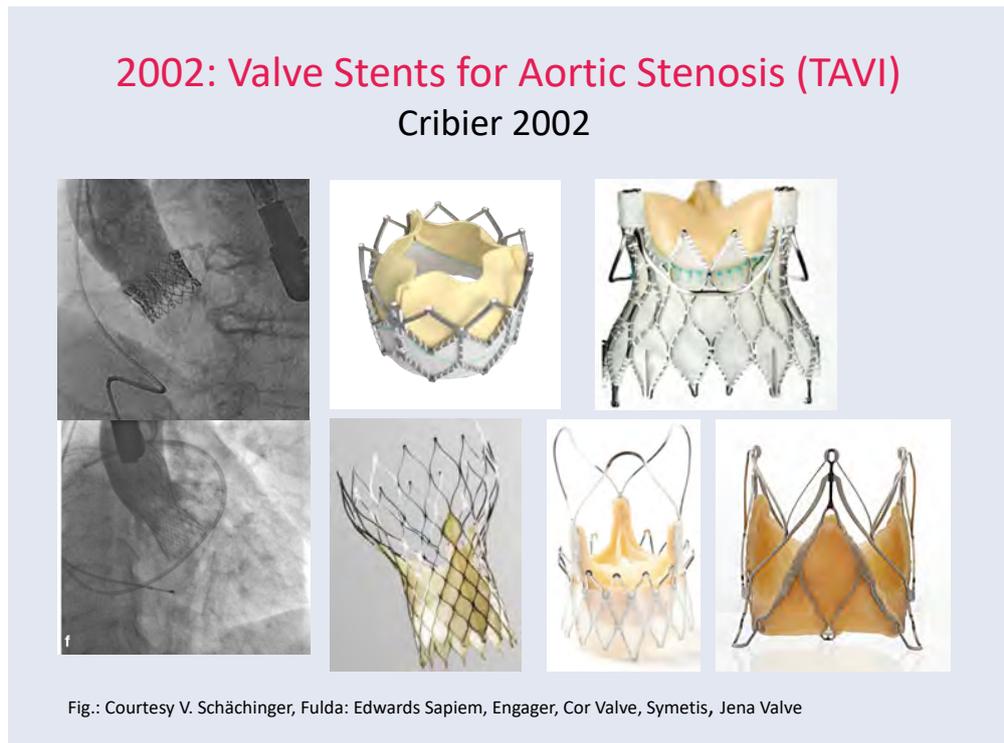
1982:  
Balloons for  
Valvular Stenosis

Pulmonary valve,  
Kan 1982  
Mitral valve,  
Inou 1984  
Aortic valve,  
Cribier 1986



## Transkutane Herzklappenimplantation bei Aortenstenose

2002 setzte [Alain Cribier](#) in Rouen mit Hilfe eines Katheters den ersten klappentragenden Stent bei einer Aortenstenose ein. Dieses Verfahren hat in den letzten 10 Jahren ähnliche Diskussionen zwischen Herzchirurgen und Kardiologen hervorgerufen wie die Koronardilatation in den 80er Jahren. Auch hier war und ist das Thema die Operationsbereitschaft, die Durchführung in Zentren mit Herzchirurgie und heute die Kooperation und die Ausstattung hybrider Eingriffsräume.



Die transkutane Aortenklappenimplantation (TAVI), transfemorale oder transapikale, hat sich in einem völlig unerwarteten Maße durchgesetzt und übersteigt inzwischen die Zahl der rein chirurgischen Operationen (beide etwa 11.000).

Blicken wir noch einmal zurück: In den 80er und 90er Jahren reichten die Kapazitäten der Herzchirurgie bei weitem nicht aus. Bei langen Wartezeiten wurden dringende Operationen mit begrenztem Risiko bevorzugt. Das ließ bei den Koronararterien viel Spielraum für Dilatationen und führte zum Verzicht auf Klappenersatz bei älteren Patienten mit hohem OP-Risiko.

Die Ballonklappensprengungen der Kardiologen und ihr mangelnder Erfolg – „das konnte sowieso nicht funktionieren“, sagten Herzchirurgen - und die Ausweitung der OP-Kapazitäten stimulierten genau diese Chirurgen zum Aortenklappenersatz auch bei älteren Patienten über 80 Jahre. Und die Ergebnisse waren gut.

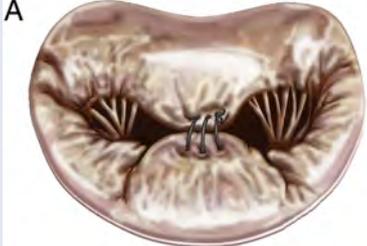
Mit TAVI konnten auch noch Ältere oder Multimorbide behandelt werden, und ebenfalls mit gutem Erfolg.

## Mitral Clip bei Mitralinsuffizienz

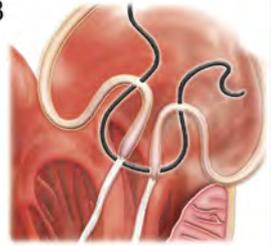
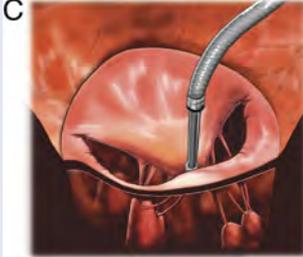
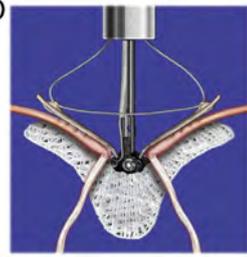
Die chirurgische Verkleinerung der Regurgitationsöffnung mit Klappennähten (neben anderen Verfahren) war schon seit 1991 bekannt. Bei Patienten, die für eine Klappenoperation ungeeignet sind, lag daher eine transkutane Lösung nahe. Dafür wurde ein Clip erfunden, der vorderes und hinteres Mitralsegel zusammenzieht.

### 2003: Clips for Mitral Regurgitation

1991  
edge-to-edge  
suture



2003 MitraClip

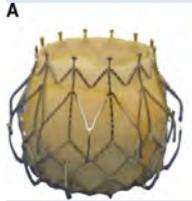
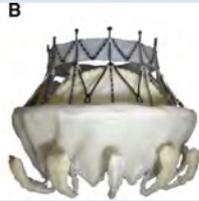




(Alfieri)  
Condado JA, J Cathet. Cardiovasc Intervent 67, 323-235, 2006

## Transkutane Implantation der Mitralklappe

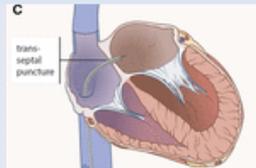
Auch die transkutane Mitralklappenimplantation wurde inzwischen erfolgreich durchgeführt, befindet sich aber weiterhin in der Erprobung.

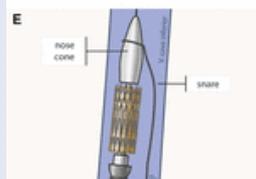
### Transcatheter Mitral Valve Implantation

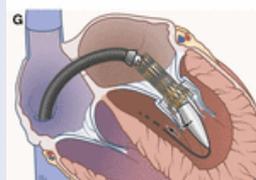



2012 first in man  
cardiAQ Valve

2017 8 studies  
6 valve models  
~800pts  
apical and transseptal access





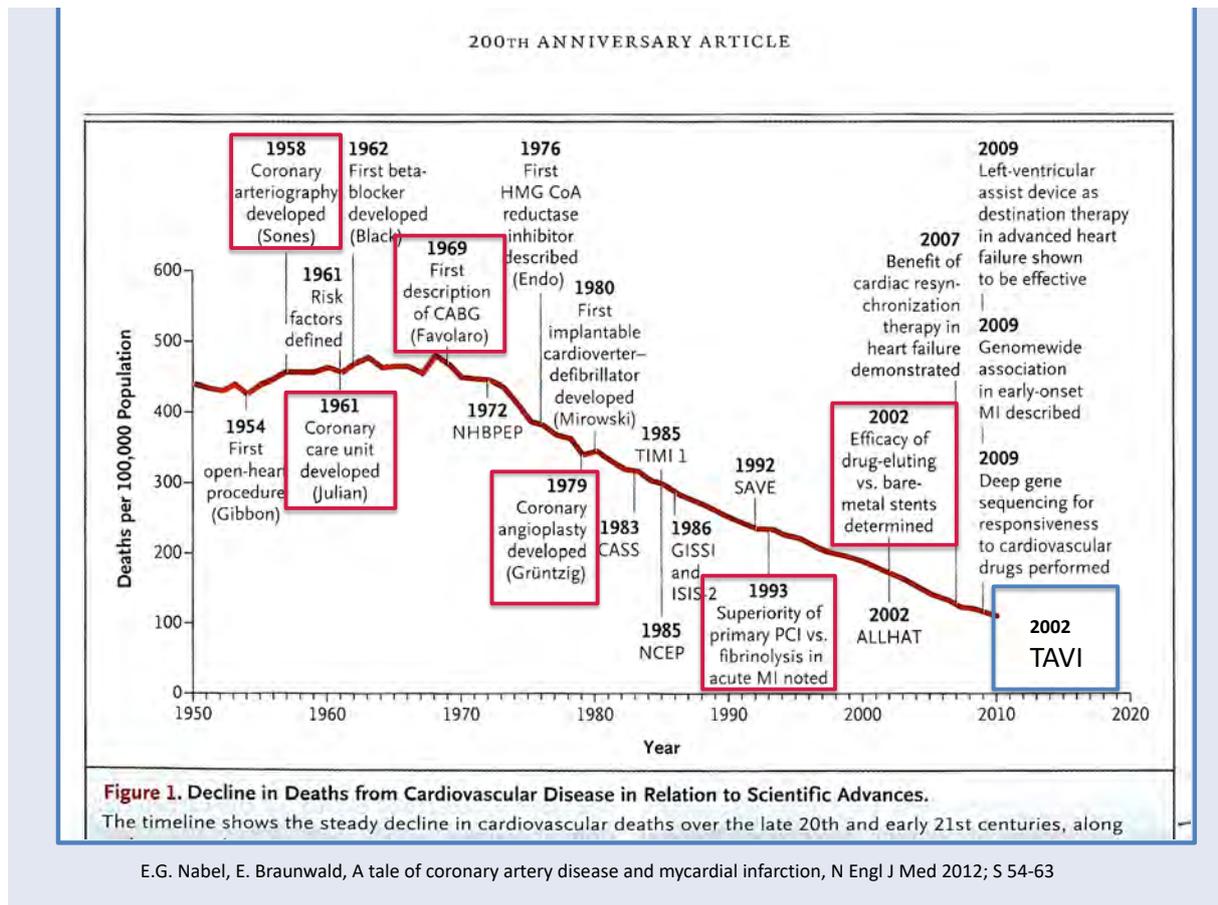



Søndergaard L et al. First-in-Human Case of Transfemoral CardiAQ Mitral Valve Implantation. *Circ Cardiovasc Interv* 2015;8:e002135. Guerrero ME et al, ACC expert analysis, 4/2017

## Fazit Herzklappe

Der transkutane Aortenklappenersatz (TAVI) ist ein Meilenstein bei der Behandlung der Aortenstenose des älteren Menschen. Die Ballonvalvuloplastie (Sprengung) bei Mitralklappenstenose ist ebenfalls ein Meilenstein, wird aber in medizinisch weit entwickelten Ländern kaum mehr benötigt.

## Was ist der Nutzen der Interventionellen Therapie für die Patienten?



Seit etwa 1970 ist die Sterblichkeit an Herz- und Kreislaufkrankheiten kontinuierlich gesunken. Man kann mit großer Sicherheit annehmen, dass die Interventionelle Therapie einen wesentlichen Anteil daran hatte. Was wir tun in Prävention, Kardiologie mit Interventionen und Herzchirurgie ist also insgesamt äußerst erfolgreich und sinnvoll.

## Die Zukunft: z.B. Sensoren

Die ersten physiologischen Daten liefern seit langem Schrittmacher, die nicht nur Pacen, sondern auch zahlreiche Parameter des Herzrhythmus abrufbar speichern. Inzwischen ist die Zahl der geplanten Sensoren groß, die chemische und physikalische medizinische Daten mit oder ohne Zutun des Patienten, abrufbar oder kontinuierlich ggf. über weite Strecken bis zur perfekten Überwachung liefern sollen.

Den systolischen arteriellen Blutdruck können wir dank Scipione Riva-Rocci aus Turin seit 1896 mit einer Blutdruckmanschette unblutig messen. Für eine einfache grobe Abschätzung des systolischen PAP mussten Palpation und Stethoskop ausreichen. Genauere Werte liefern nur invasiv Katheter nach Grandjean (1967) und nach ‚Jeremy‘ Swan und William Ganz (1970).

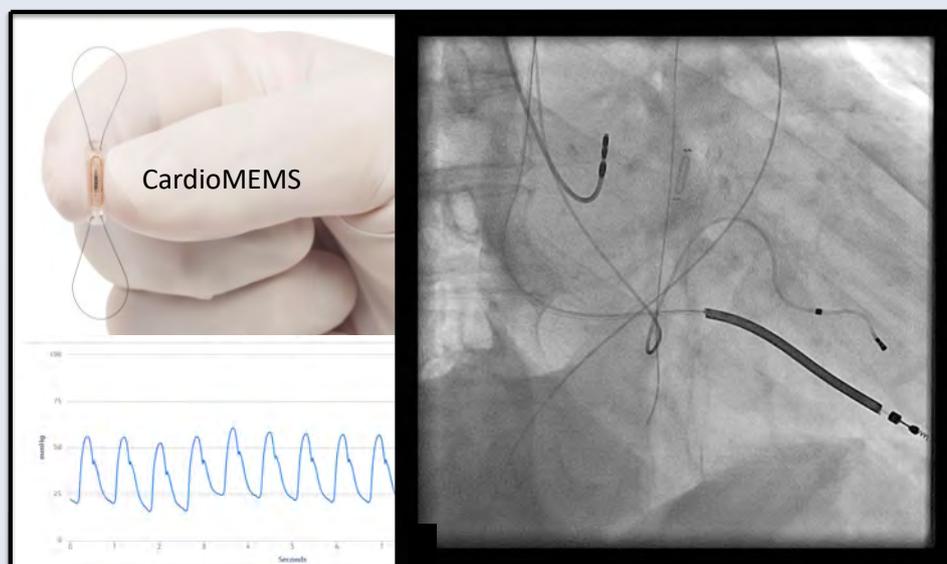
Die systolischen Rückflussgeschwindigkeit über eine leicht insuffiziente Trikuspidalklappe ergibt relativ genaue Werte für den systolischen PAP. Einfache und häufig wiederholbare Messungen sind aber nicht möglich.

Nichtinvasiv wurde auch folgende interessante Methode etwa 1980 im Gefolge der Echokontrastmittel erprobt: Gasgefüllte Microsphären ( $\text{CO}_2$ ) mit definiertem Druck wurden venös injiziert und einige platzten laut in der Pulmonalarterie. Dabei war die gemessene Tonhöhe abhängig vom PAP.

Ein eindrucksvolles Beispiel eines Sensors ist die Überwachung des Pulmonalarteriendrucks (PAP) mit einem implantierten Drucksensor zur Kontrolle der Linksherzinsuffizienz oder der pulmonalen Hypertonie. Das einfach zu messen, ist ein lange gehegter Wunsch. Das CardioMEMS wird mit einem Katheter implantiert und liefert dauerhaft Druckwerte. Ein wichtiger Schritt zur Überwachung und Therapie.

### 2006: Pulmonary Artery Pressure Sensors (Riva-Rocci 1896)

Interventional implantation & wireless monitoring



Courtesy B. Aßmus, Frankfurt

## Fazit

Meilensteine haben die Interventionelle Kardiologie hervorgebracht und die Interventionelle Kardiologie hat Kardiologen zu großen Meilensteinen inspiriert. In der Medizin sind es fast immer einzelne Ärzte, die große Erfindungen hervorbringen, weil sie einen dringenden Bedarf sehen, weil sie ehrgeizig sind und weil sie ausdauernd sind. Erst in zweiter Linie steht die Industrie, die dann, als Zweite, ebenso unentbehrlich ist und größere Aufgaben übernimmt.

Die richtige Anwendung unserer komplizierten Neuerungen setzt dann ein ganzes Team voraus, aber auch die gesundheitliche Bildung und Kooperation unserer Patienten.

Die Interventionelle Kardiologie ist erfolgreich. Wie wir sehen, ist die Mortalität durch Herz-Kreislaufkrankheiten seit 40 Jahren in Korrelation mit vielen Meilensteinen sehr erfreulich und kräftig gesunken. Aber auch die Lebensqualität und Mobilität besonders älterer Menschen haben stark zugenommen. Dazu hat die Interventionelle Therapie umfassend beigetragen.

Der wissenschaftliche Fortschritt kennt glücklicherweise keine Landesgrenzen, aber wir dürfen uns trotzdem über zahlreiche deutsche Pioniere besonders in der Interventionellen Therapie freuen. Hier geht die Entwicklung unermüdlich weiter, vielleicht vermehrt mit diagnostischen Implantaten.



With sincere thanks to my teachers, friends in cardiology , friends in life, to my children and before all, to my wife Helen