

INHALT

BAND 1

| | |
|---|------------|
| EINFÜHRUNG | 10 |
| MYTHEN UND ERSTE KONZEPTE | 20 |
| DIE ANTIKE | 34 |
| Anfänge der griechischen Naturphilosophie | 37 |
| Hellenismus – Menschensektion und Experiment. | 48 |
| Rom | 50 |
| Galen | 53 |
| DAS MITTELALTER | 64 |
| Byzantinische Medizin | 80 |
| Medizin unter dem Islam | 86 |
| Medizinische Schulen und Universitäten | 92 |
| Anfänge der Anatomieforschung | 99 |
| Scholastik und Medizin | 108 |
| RENAISSANCE UND ÜBERGANG ZUR NEUZEIT | 116 |
| Höhepunkt des Galenismus und Beginn seiner Krise | 117 |
| Renaissance der Anatomie | 122 |
| Aderlass und pulmonaler Transit | 145 |
| DAS 17. JAHRHUNDERT – DIE ERSTE BIOLOGISCHE REVOLUTION | 164 |
| William Harvey | 167 |
| Mechanismus und Medizin | 186 |
| Anatomie | 209 |
| Physik und (Iatro-)Chemie | 219 |
| Blutkreislauf und Respiration | 228 |
| Animisten, Vitalisten und Organiker | 237 |

**18. JAHRHUNDERT – KONFLIKT DES MECHANISMUS
MIT DEM VITALISMUS 248**

Anatomie und Physiologie 253
Pathologische Anatomie und Klinik 268
Physik 289
Blutgase 298

**GRUNDLAGENFORSCHUNG IM 19. JAHRHUNDERT –
DIE ZWEITE BIOLOGISCHE REVOLUTION 316**

Physik und Messung 319
Biochemische Revolution. Warum ist der Körper warm? Was ist die Aufgabe des Kreislaufs? 321
Johannes Müller und seine Schule 329
Claude Bernard 331
Carl Ludwig und seine Schule 336
Angelsächsische Physiologie 340
Hämodynamik 345

KLINISCHE KARDIOLOGIE IM 19. JAHRHUNDERT 354

Die Pariser Schule 356
Großbritannien 363
Mitteleuropa 368
Amerika 376
Therapie 380

DAS 20. JAHRHUNDERT 396

Anfang der Spezialisierung und klinische Praxis 398
Grundlagenforschung 409
 Regulation des Herzzeitvolumens 410
 Vasomotorik, Regulation des Blutdrucks und des lokalen Blutflusses 416
 Struktur der Kardiomyozyten 424
 Biochemie und Myokardmetabolismus 427
 Genetik und molekulare Kardiologie 438
Ende des therapeutischen Nihilismus 445
Statistik, Risikofaktoren und Methodologie der klinischen Forschung 461
Postmoderne 478
 Patienten – Klienten und Konsumenten 479
 Industrie 481
 Forscher 487
 Evidenzbasierte Kardiologie 489
 Informationen 492
 Praktische Kardiologie 496

UNTERSUCHUNGSMETHODEN IN DER KARDIOLOGIE 506

Untersuchung des arteriellen Pulses 508
Perkussion und Palpation 520
Auskultation 523
Blutdruckmessung 541
Mechanokardiografie und Polygrafie 553
Radiologie 557
Katheterisierung des Herzens und der Gefäße 568
Nuklearmedizin in der Kardiologie 583
Echokardiografie 586
Magnetische Resonanz 598
An der Grenze zwischen Medizin und Technologie 605

HERZRHYTHMUS UND ELEKTROPHYSIOLOGIE 614

Klinik der Arrhythmien vor der Ära der Elektrokardiografie 615
Anfänge der Rhythmologie und Elektrophysiologie 620
Elektrokardiografie 634
Elektrostimulation des Herzens 652
Zell-Elektrophysiologie und Mechanismen der Arrhythmien 664
Antiarrhythmika 670
Moderne klinische Elektrophysiologie 675

BAND 2

KRANKHEITEN DER ARTERIEN 722

Arteriosklerose (Atherosklerose) 723
Koronare Herzerkrankung 741
 Angina pectoris 747
 Pathologische Anatomie und Physiologie 756
 Klinik des Myokardinfarkts 760
 Intermezzo – Suchen und Tappen im Dunkeln 763
 Behandlung 767
 Offene Arterie 772
 Interventionelle Katheterisierung 775
Arterielle Hypertonie 782
 Pathophysiologie und Klinik 784
 Behandlung 795

KARDITIS, KLAPPENFEHLER, KARDIOMYOPATHIE 814

Rheumatische Karditis 816
Infektiöse Endokarditis 822

| | |
|--|-------------|
| Klappenerkrankungen | 830 |
| Myokarditis, Myokardose, Kardiomyopathie | 835 |
| Perikarditis | 844 |
| HERZVERSAGEN | 854 |
| Klinisches Bild und pathologische Anatomie | 855 |
| Grundlagenforschung und klinische Physiologie | 864 |
| Behandlung der Herzinsuffizienz | 873 |
| VENÖSE THROMBOEMBOLIE | 888 |
| Pathophysiologie der Blutgerinnung | 889 |
| Pathologie und Klinik der Thromboembolie | 894 |
| Behandlung der Thromboembolie | 903 |
| Chronische thromboembolische pulmonale Hypertonie | 913 |
| DER LUNGENKREISLAUF | 922 |
| Pulmonaler Blutfluss und Ventilation | 923 |
| Reaktivität der Lungengefäße und hypoxische pulmonale Vasokonstriktion | 927 |
| Diffusion der Gase in den Lungen und Blutgasanalyse | 929 |
| Pulmonale Hypertonie | 933 |
| Rechtsventrikuläre Funktion | 939 |
| Lungenödem | 942 |
| KARDIOPULMONALE REANIMATION | 954 |
| Freie Atemwege | 956 |
| Atmung | 962 |
| Die Herzmassage (Thoraxkompression) | 974 |
| Defibrillation und Elektrostimulation des Herzens | 977 |
| Schock | 985 |
| Bluttransfusion und intravenöse Therapie | 992 |
| Integrationsbemühungen | 1004 |
| ANGEBORENE HERZFEHLER | 1012 |
| Prognostizieren mit angeborenen Malformationen | 1015 |
| Nichtbiologische Theorien über die Ursachen angeborener Fehlbildungen | 1018 |
| Astrale Einflüsse | 1018 |
| Mütterliche Eindrücke | 1019 |
| Hybridisierung | 1023 |

| | |
|--|-----------------|
| Menstruationsursachen und mechanische Kräfte | 1025 |
| Infantizid | 1025 |
| Biologische Theorien und Erkenntnisse | 1027 |
| Pathologie und Klinik angeborener Herzfehler | 1047 |
| Behandlung angeborener Herzfehler | 1055 |
| HERZCHIRURGIE | 1072 |
| Vor der Herz-Lungen-Maschine | 1074 |
| Extrakorporaler Kreislauf | 1086 |
| Chirurgie mit der Herz-Lungen-Maschine | 1098 |
| Herzersatz, Herzunterstützung | 1107 |
| GESCHICHTE DER PARAKARDIOLOGIE | 1130 |
| Magische Kräfte des Herzens | 1133 |
| Cor Salvatoris, Cor Immaculae Virginis | 1141 |
| Ewige Herzen der Mächtigen | 1181 |
| Die Herzen der Liebenden und der Herzkummer | 1206 |
| Herz und Sonne, Herz und Weisheit | 1223 |
| Das figurative Symbol des Herzen | 1231 |
| DIE LEHREN DER GESCHICHTE | 1252 |
| Forschung | 1253 |
| Wissenschaftler und Umfeld | 1263 |
| Technologie | 1266 |
| Medizin | 1268 |
| EPONYME IN DER KARDIOLOGIE | 1274 |
| IN KURZEN WORTEN | 1296 |
| LEKTÜREVORSCHLÄGE FÜR INTERESSIERTE | 1300 |
| DANKSAGUNG UND ABBILDUNGSNACHWEIS | 1302 |
| REGISTER | 684/1304 |

Universität wurden seit 1340 zwei Obduktionen pro Jahr erwähnt. Damals gehörte Montpellier noch nicht zu Frankreich, sondern zum Königreich von Aragon. Nach dem Anschluss MontPELLiers an Frankreich wurde durch einen Erlass des Herzogs Louis d'Anjou die Obduktion zunächst jährlich eines, später dann von zwei Hingerichteten ermöglicht. Im Jahr 1340 jedoch schreibt Guido da Vigevano (Abb. 41), dass die Obduktion in Paris von der Kirche verboten worden sei. Die erste Obduktion wurde dort etwa im Jahr 1407 durchgeführt; es ging um die Obduktion des Bischofs von Arras. Regelmäßig, wenn auch selten, wurde dort dann seit 1478 obduziert.⁴² Die Universitäten waren ebenfalls der Sitz der juristischen Fakultäten, und die scholastischen Methoden, die sie zur Analyse der justinianischen Rechtstexte (*Corpus Juris*



Civilis, 529–534) benutzten, wurden auch bei den Texten von Hippokrates und Galen angewandt. Manchmal gab es auch forensische Gründe zur Durchführung einer Obduktion, und die medizinischen und juristischen Schwesterfakultäten zogen davon wahrscheinlich gegenseitigen Nutzen.

Die meisten der ersten Gelehrten, die sich mit der Obduktion des menschlichen Körpers befassten, waren wohl Studenten des Florentiners **Thaddaeus Alderotti** (ca. 1215–1295), der seit 1260 in Bologna lehrte. Er führte sogenannte „Consilia“ als eine neue Form der medizinischen Literatur (Diskussionen über die klinischen Fälle im scholastischen Stil) ein und lobte die heilende Wirkung von Alkohol sehr. Der berühmteste Gelehrte, Mundinus von Bologna (**Mondino de' Luzzi**, 1270–1326), war ein Zeitgenosse von Dante. Seine *Anathomia* aus dem Jahr 1316, obwohl sie Irrtümer des Aristoteles und Galens wiederholte, die Mondino durch die arabischen und lateinischen Übersetzungen vermittelt wurden, war das erste anatomische Buch (des Menschen) seit der Zeit Galens, und diente als Lehrbuch (oder vielmehr als praktisches Obduktionshandbuch) für mehr als 200 Jahre (Abb. 42).^{44–46} Es hatte wesentliche Bedeutung für die Entwicklung der Anatomie im Westen. Auch wenn der Zweck rein praktisch war, widmete Mondino auch philosophischen Aspekten der Anatomie Aufmerksamkeit.

Abb. 42

Sektionskurs in typisch scholastischem Stil. Die Obduktionen erbrachten nicht sofort neue Erkenntnisse – anfangs dienten sie nur zur anschaulichen Demonstration der Lehre von Galen und Avicenna. Mondino de' Luzzi ist hier bei einer Vorlesung *ex cathedra* abgebildet, während der Diener vor den Augen der Studenten die Leiche öffnet. Der Lehrer (*lector*) hat sich zwar den Inhalt der Bücher zu eigen gemacht, betrachtete aber die wirkliche Sektion als herabwürdigendes Geschäft, das er einem Gehilfen überließ. Der *demonstrator* rechts zeigt mit einem Stock an der Leiche, wovon der Professor spricht und was der *sector* seziiert. Der Lehrer kümmerte sich wenig darum, ob seine Aussagen mit den Tatsachen übereinstimmen. Die Gehilfen bemühten sich darum, ihre Auftraggeber nicht bloßzustellen, und so wurden die unglaublichesten Irrtümer laufend demonstriert. Merkmale, die Galen bei Tieren gefunden hatte und die er daher auch beim Menschen vermutete, wurden auch bei Menschen immer wieder „gefunden“, obgleich sie da gar nicht existierten. Ein hervorragendes Beispiel dafür, wie ein Blinder Blinde führt. Das Bild stammt aus der dritten Auflage von *Fasciculus medicinae* von Johannes Ketham (Venedig 1495). Ketham war ein süddeutscher Arzt, der in Italien lebte, das Buch wurde von ihm als Sammelband kurzer ärztlicher Abhandlungen verschiedener Autoren konzipiert. Die Ausgabe dieses Werkes aus dem Jahre 1491 ist das erste gedruckte medizinische Buch mit Illustrationen.

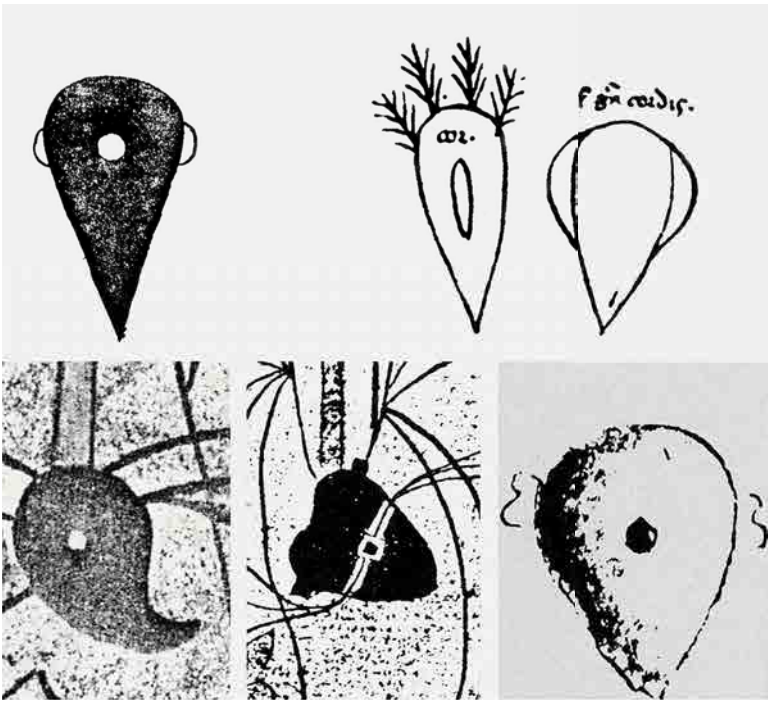
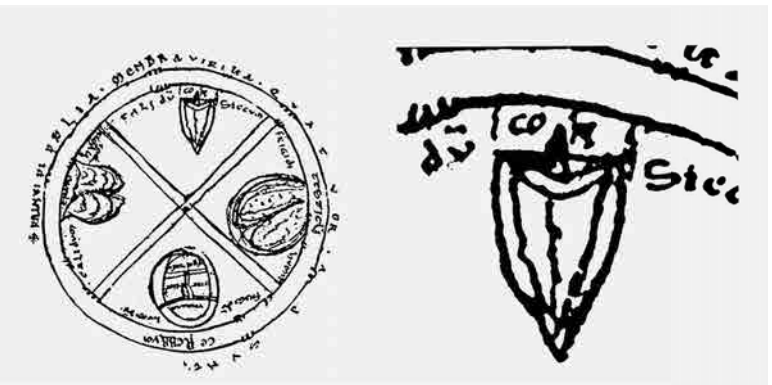


Abb. 43

Die älteste bekannte Herzdarstellung (rechts im Detail), MS 428, fol. 50, Gonville und Caius College, Cambridge. Es handelt sich um ein „anatomisches“ Schema in einer Handschrift aus dem 11. Jahrhundert, in dem jedes der vier wichtigsten menschlichen Organe in einen Zusammenhang mit den primären Qualitäten der vier Elemente gesetzt wird (nach den Theorien von Empedokles und Galen). Das Herz wird mit den Worten „heiß und trocken“ charakterisiert; ein entsprechendes Element war das Feuer.

Abb. 44 (unten)

Oben: Herzdarstellungen aus dem 13. Jahrhundert. Die mittlere wird als „cor“ bezeichnet, die rechte als „figura cordis“ (MS 735, Bibliotheca Universitaria, Pisa). Auf beiden Zeichnungen am Rande sind die „Herzohren“ veranschaulicht. Unten: Herzdarstellungen aus dem 13. Jahrhundert (links), 14. Jahrhundert (Mitte) und Anfang des 15. Jahrhunderts (rechts). Auf allen ist in der Mitte ein „schwarzes Korn“ abgebildet (*nigrum granum quod est intus in corde*), in dem der *Spiritus* oder das *Pneuma*, die Quelle der inneren Hitze und der Pneumatisierung des Blutes durch die vitale Kraft, seinen Sitz haben sollte. Aus: P. Vinken, *The shape of the heart*, Elsevier, Amsterdam 2000.

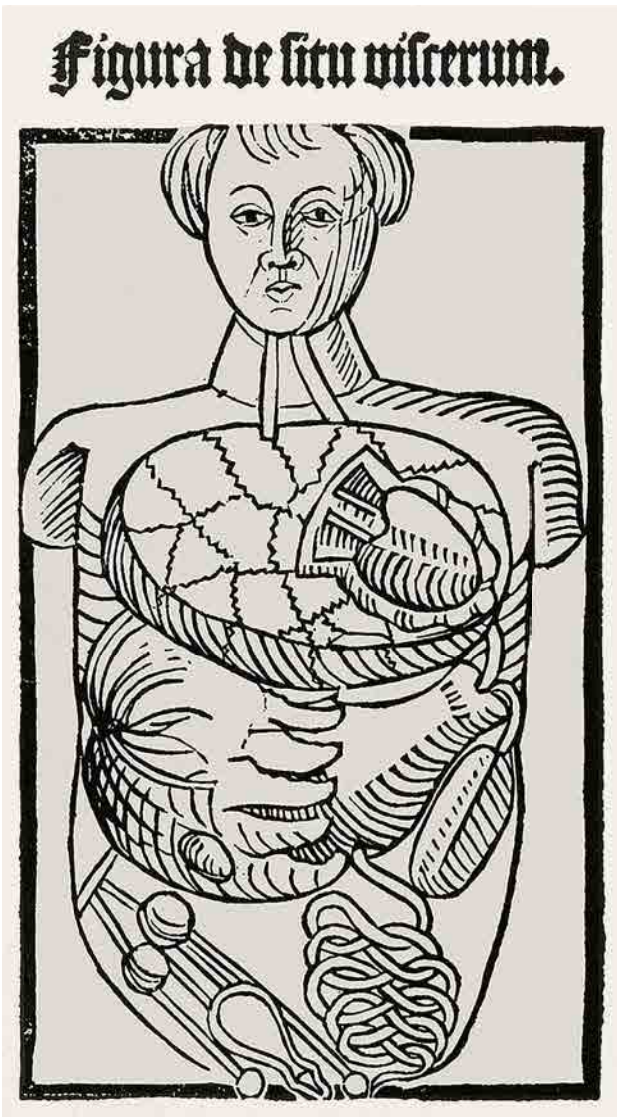


Abb. 45

Brust- und Bauchsitus aus *Antropologium de hominis dignitate, natura et proprietatibus* von Magnus Hundt (1449–1519), Leipzig, 1501. Die Eingeweide sind extrem schematisiert, behalten jedoch die grundlegende Orientierung bei. Herz und Lunge sind miteinander nicht verbunden, die Leber ist fünflappig. Vergleiche mit den genialen Skizzen des Leonardo aus derselben Zeit. Magnus Hundt (lateinisch Magnus Canis, großer Hund) war seit 1499 Rektor der Leipziger Universität. Sein *Antropologium*, das 17 Holzschnitte umfasst, versucht, den menschlichen Körper nicht nur anatomisch und physiologisch, sondern auch philosophisch und theologisch zu erklären. Der Text ist genauer und ausführlicher als die Illustrationen.

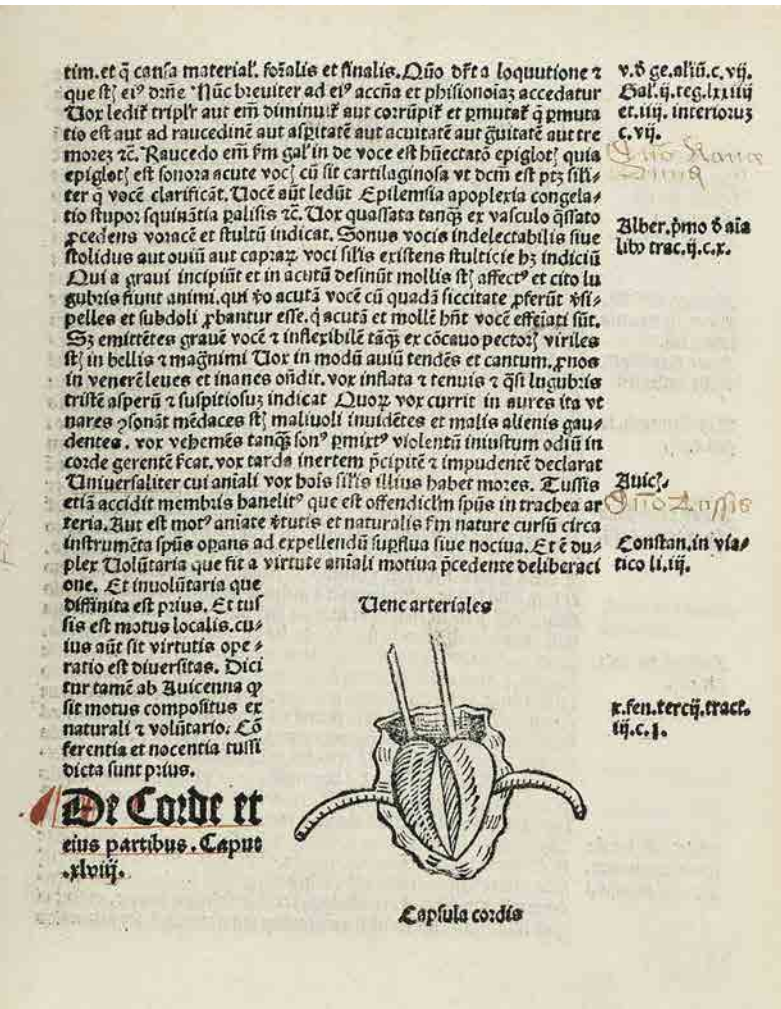


Abb. 46
Magnus Hundt, *Antropologium de hominis dignitate, natura et proprietatibus*, Seite 143, Abhandlung über das Herz. Vergleiche dieses Bild eines professionellen Arztes und Rektors der Universität mit Bildern des Herzens des formal nicht ausgebildeten Laien Leonardo aus derselben Zeit.

Nach Mondino kann die Form des Herzens durch die Tatsache erklärt werden, dass das Herz die Quelle animalischer Wärme und seine „Pyramidenform eine spezifische dem Wärmeprinzip gehörende Form“ sei. Die Hauptfunktion der Vorhöfe bestehe darin, die Herzkammern durch die Dilatation zu entlasten, „wenn eine ungewöhnliche Menge Blut aus dem Spirit in der linken Herzkammer entsteht“. Die größere Wanddicke der linken Kammer erklärt Mondino so, dass das Blut im rechten Herz schwerer als der Spirit im linken Herz ist, und zum Ausgleich dieser Gewichtsdisproportion die Wände der linken Kammer dicker sind. Das Lungengewebe besteht aus Verzweigungen der „arteria venalis“, „arteria trachea“ und

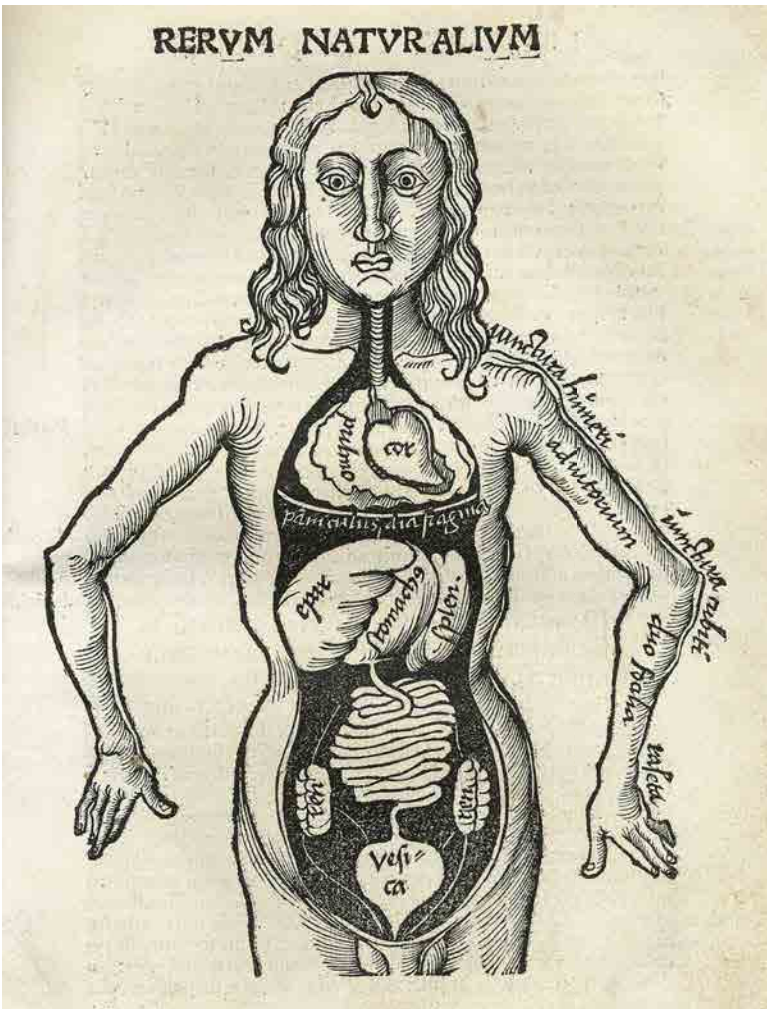


Abb. 47
Der „Physische Körper“ des Menschen nach Gregor Reisch in *Aepitoma omnis phylosophiae, alias Margarita phylosophica*, Freiburg 1503. Margarita bedeutet auf lateinisch die Perle. Das Buch war die erste einflussreiche Enzyklopädie der frühen Renaissance. Editor Gregor Reisch (1467–1525) war Prior des Kartäuserklosters in Freiburg und Beichtvater des Kaisers Maximilian I. Die anatomische Darstellung ist zwar auch hier ziemlich grob, zeigt aber schon Fortschritte. Harnblase und Nieren sind ungefähr dort, wo sie auch hingehören, aber die Lunge und die Eingeweide werden nach freier Phantasie dargestellt. Es ist nicht verwunderlich, dass diese Darstellung so schematisch ist – es herrschte die Ansicht, dass der Mensch nur ein Mikrokosmos im Gesamtkontext eines Makrokosmos sei und dessen Gesetze reproduziere. Wenn man den Makrokosmos untersucht, kann man auch den Menschen verstehen, ohne dass es nötig wäre, ihn auch noch wissenschaftlich zu untersuchen.

„vena arterialis“. Die Uvula dient als Receptaculum für „superfluitates“, die von der Schädelhöhle herabsteigen, und außerdem soll sie die Lungen vor kalter Luft schützen. Mondinos Werk veranschaulicht gut den Stand der

Wissenschaft im späten Mittelalter: Galen wurde ohne Einwände akzeptiert, und auch wenn die Anatomie studiert wurde, verbat sich der Geist der Zeit jede Interpretation von Befunden, die anders hätten sein können.⁴⁶

Mondino zitierte aus Galen die Gründe, warum ein Mensch ein Buch schreiben sollte: „Erstens um seine Freunde zu befriedigen. Zweitens um seine besten geistigen Kräfte zum Tragen zu bringen. Und drittens um nicht in Vergessenheit zu geraten, was im Alter passiert.“

In Südfrankreich erwarb sich Verdienste um die Entwicklung der Anatomie der gebildetste Chirurg seiner Zeit, der Arzt der Päpste und Kardinäle in Avignon und Petrarcas Freund, **Guy de Chauliac** (ca. 1298–1368, Autor des *Chirurgia magna*, 1363). Nicht einmal er wagte es aber, sich dem übermächtigen Riesen der Antike zu widersetzen. Die Anatomen des späten Mittelalters fühlten sich ihren Kollegen aus dem Altertum unterlegen, und in Zweifelsfällen neigten sie zu den Meinungen von Galen, auch wenn dies immer größere Schwierigkeiten bereitete. Manchmal erwogen sie sogar die Möglichkeit, dass sich der menschliche Körper seit der klassischen Epoche verändert hatte und dass der moderne Mensch nicht nur intellektuell, sondern auch physisch unterlegen sei. Allgemein dienten die Obduktionen bis Anfang des 16. Jahrhunderts eher dem Unterricht als der Forschung. Guy de Chauliac verwendete sowohl die Sukkusion als auch die Perkussion zur Differenzierung des Aszites („apostema aquosum“) vom Meteorismus („apostema flatulentum“).

Die auf der Autorität oder Fehlinterpretation von Aristoteles und Galen beruhenden irrtümlichen Vorstellungen über die Struktur und die Funktion des Herzens und der großen Gefäße (Abb. 43 und 44) hielten trotz der immer häufigeren Obduktionen noch eine lange Zeit an.^{23,45} Einige dieser traditionellen Vorstellungen wurden bildlich dargestellt (Abb. 45–49). Im Gegensatz zu den früheren handschriftlichen Überlieferungen der „fünf anatomischen Figuren“ waren diese neueren Illustrationen gedruckt, aber durch das wiederholte Kopieren bald genauso verunstaltet. Die meisten von ihnen kamen aus Deutschland. Der erste bedeutendere medizinische Text mit Illustrationen war *Fasciculus medicinae* von Johannes de Ketham (s. Abb. 42).

Gabriele Zerbi (1445–1505) veröffentlichte Anfang des 16. Jahrhunderts ein praktisches Handbuch zur Obduktion im Stile Mondinos, welches zur einen Hälfte noch ein mittelalterlicher scholastischer Kommentar und zur anderen Hälfte schon ein Renaissancelehrbuch

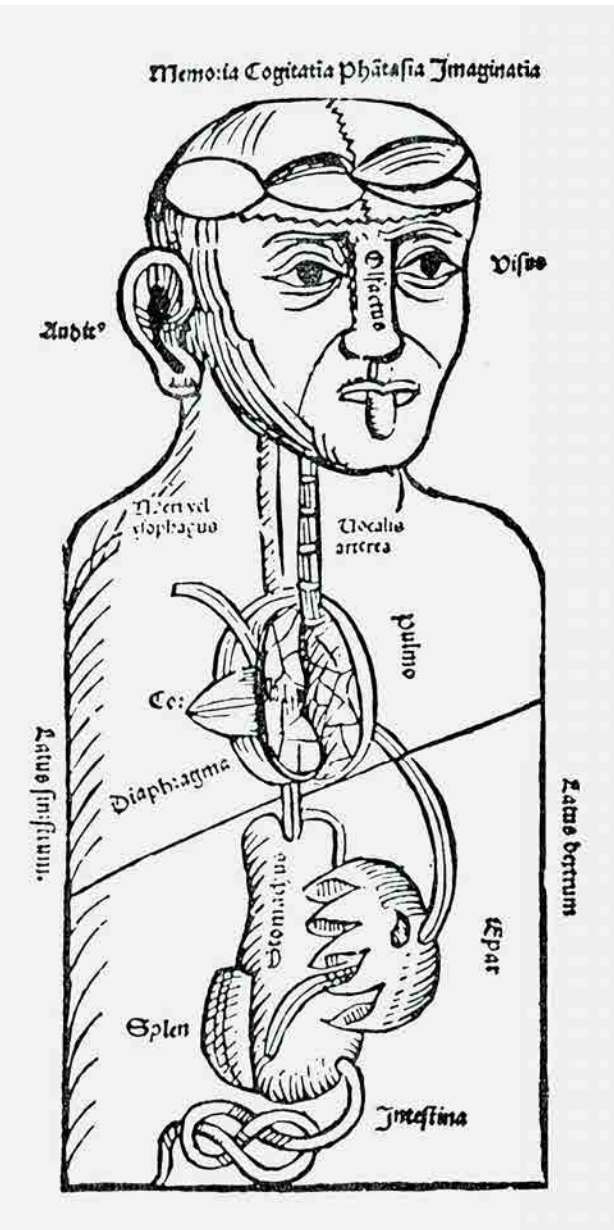


Abb. 48
Extrem vereinfachte Abbildung der Hirnkammer und der Eingeweide in *Compendiosa capitis phisici Declaratio* von Johann Peyligk, herausgegeben 1513 in Leipzig. Die fünfklappige Leber umfasst den Magen wie Finger, auf der anderen Seite befindet sich die Milz. Die Därme sind zu einem eleganten Knoten verflochten, das Zwerchfell wurde auf einen Strich reduziert. Die traditionelle Abbildung des Herzens und der Lungen ist fast bis zur Unkenntlichkeit verdorben. Die Trachea, üblicherweise angesichts ihres Knorpelgerüsts und ihrer Luft leitenden (d. h. arteriellen) Funktion als „grobe Arterie“ bezeichnet, wird hier „vokale Arterie“ benannt. Vergleiche erneut mit Leonardos Zeichnungen aus derselben Zeit.

Einfluss. Das erste war die Entdeckung der Perspektive, d. h. ein dreidimensionales Objekt befriedigend auf ein Papier zu bringen. Diese Technik wurde in der 2. Hälfte des 15. Jahrhunderts entwickelt. Das zweite war die Vervollkommnung des Holzschnitts, die eine genaue und dauerhafte Reproduktion des Kunstwerks ermöglichte. Zusammen mit dem Buchdruck erlaubte dies, Hunderte identischer Kopien von Texten und Abbildungen herzustellen. Damit endete die Ungleichmäßigkeit zwischen diesen beiden Elementen der illustrierten Handschrift (der Kopist, dessen Aufgabe es war, die Wörter zu kopieren, musste nicht unbedingt ein gewandter Zeichner sein).

Leonardo da Vinci (1452–1519) obduzierte etwa 30 menschliche Leichen (und viele Tiere, vor allem Ochsen) und fertigte fast 800 anatomische Skizzen, von denen die meisten erst 1916 veröffentlicht wurden. Seine Abbildungen des Herzens und der Blutgefäße sind brilliant (Abb. 54–59), ihr Einfluss jedoch war begrenzt und zeitlich verzögert.^{12–16} Sigmund Freud beschrieb Leonardo als einen Mann, der in der Dunkelheit zu früh erwachte, während alle anderen noch schliefen. Seine gigantischen Anstrengungen im Bereich dessen, was wir heute Wissenschaft nennen, erweckten leider seine Zeitgenossen nicht aus dem Schlummer, lediglich seine Bilder konnten sie begeistern.

Leonardo wurde zu Recht als physiologischer Anatom bezeichnet. Er interessierte sich für Muskeln, Gefäße und andere Strukturen unter der Haut, nicht nur, um die Konturen von Gesichtern und anderen Körperteilen modellieren zu können, sondern weil dies lebendige

Strukturen mit einer bestimmten Lokalisierung, Form und Funktion waren. Seine Zeichnungen sind faszinierend, viele seiner niedergeschriebenen Schlussfolgerungen sind genial, wenn man den allgemeinen Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse dieser Zeit in Betracht zieht.¹⁶ Leonardos Arbeitsweise der untrennbaren Verbindung von Körperstrukturen mit ihren Funktionen unterschied ihn von allen anderen Autoren seiner Zeit, auch vom großen Vesalius, dessen 24 Jahre nach Leonardos Tod veröffentlichte *Fabrica* sich lediglich auf die Struktur und deskriptive Anatomie konzentrierte, aber nicht auf die Funktion.

Leonardo maß der Mechanik des Blutflusses eine höhere Bedeutung bei als den *spiritus*. Er wusste, dass die Herzkontraktion und der arterielle Puls synchron sind. Er erkannte, dass die Herzklappen nur eine Flussrichtung ermöglichen. Aufgrund der Experimente mit der Lungeninflation hielt er es für unmöglich, dass die Luft ins Herz gelangt, wie es die Alexandriner glaubten. Er sah keine Blasen in den Lungenvenen, nicht einmal bei der Luftinflation in die Lungen unter hohem Druck.^{17,18} Die Blutgefäße und Atemwege verglich er mit einem Fluss, er erklärte die Arbeit des Herzens mit den aus der Hydromechanik entlehnten Begriffen. Dank des Studiums der Hydraulik bei Flüssen, Stauseen und Aquädukten verstand er bereits die Beziehung zwischen der Durchflussrate und dem Querschnitt des Rohres (je enger das Rohr ist, desto schneller ist die Strömung), und er beobachtete das Phänomen der Turbulenz in strömenden Flüssigkeiten.¹⁹ Zu diesem Zweck ließ er sich ein Glasmodell der Aortenwurzel anfertigen, mit dessen Hilfe man die pul-

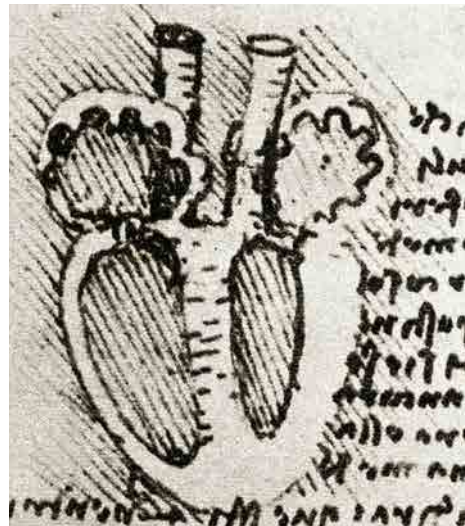
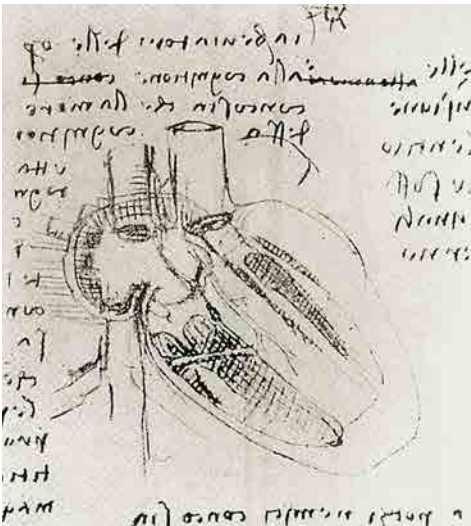
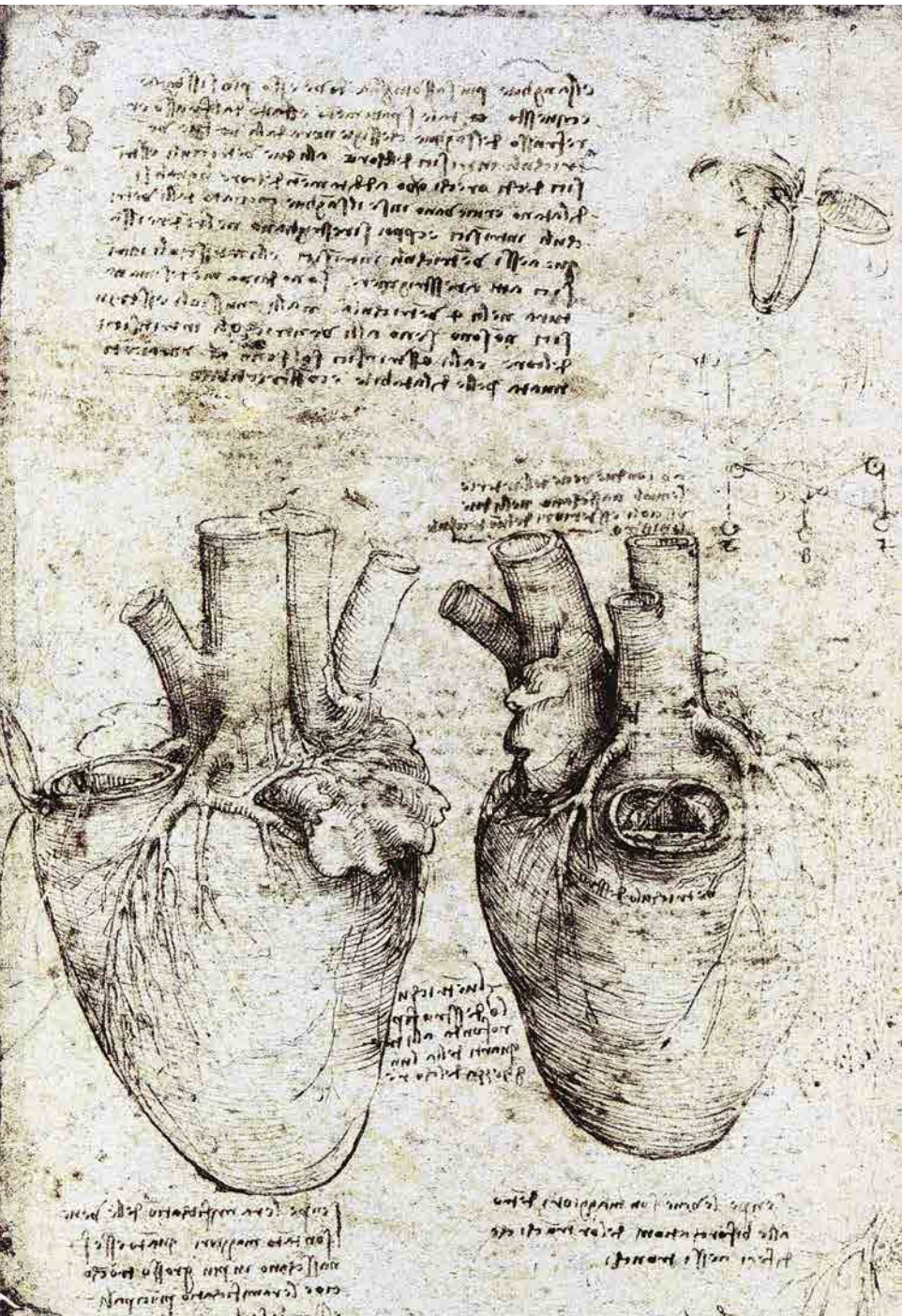


Abb. 56
Zwei Zeichnungen Leonardos vom aufgeschnittenen Herzen. Links rechter Vorhof, rechte Kammer mit dem Moderatorband, vorderer absteigender Ast der Koronararterie, Papillarmuskeln und Sehnenfäden, die am vorderen Mitralklappen-segel befestigt sind. Rechts sind die Galen'schen „unsichtbaren Poren“ im Kammerseptum dargestellt. Aus O.C.L. Vangensten et al., Eds: Quaderni d'Anatomia I–VI. Christiana: J. Dybwad 1911–1916

Abb. 57
Leonardos anatomische Zeichnungen eines Ochsenherzens und der großen Blutgefäße, Feder und braune Tusche, um 1513, aus O.C.L. Vangensten et al., Eds: Quaderni d'Anatomia I–VI. Christiana: J. Dybwad 1911–1916



sierenden Blutströme anhand von Hirsesamen in klarem Wasser bzw. unterschiedlich gefärbten Flüssigkeiten verfolgen konnte. Erst nach 400 Jahren fanden diese Beobachtungen, vor allem dank Poiseuille und Reynolds, eine Anwendung beim Studium der Hämodynamik.
Im Rahmen seiner kardiologischen Forschung (und passender als mit dem Wort Forschung kann seine Arbeit

nicht beschrieben werden) machte Leonardo mehrere originelle Entdeckungen, und in vielen Fällen wich er von den damals anerkannten Meinungen ab. Er schrieb zum Beispiel, dass das Herz „sich aus eigener Kraft bewegt und nicht stehen bleibt; wenn es stehen bleibt, dann für immer“, mit anderen Worten, er definierte dessen wichtige Eigenschaft, d. h. die Automtizität der

unterschied, dass sie zu Recht die Bezeichnung „Neue Kardiologie“ verdient. Diese neuen Kardiologen orientierten sich auf die Pathophysiologie aus der Sicht der elektrischen und mechanischen Eigenschaften des Herzens und widmeten den zellulären und molekularen Abnormitäten, die die Ursache für eine gestörte Herzfunktion sein konnten, weniger Aufmerksamkeit. Erst in den letzten dreißig Jahren des 20. Jahrhunderts kam es zu einem deutlichen Fortschritt im Verständnis der Zell- und Molekularmechanismen von Herzstörungen.

Regulation des Herzzeitvolumens

Eine der wichtigsten Fragen beim Studium der Physiologie des Blutkreislaufs war die der Regulierung dieses Kreislaufs. Wie kann sich das Herzzeitvolumen bei einer veränderten Anforderung an den Transport von Sauerstoff und die Wärmedispersion bis zu sechsmal erhöhen oder verringern und dabei den arteriellen und venösen Druck in relativ engen Grenzen halten? Offensichtlich brauchte man zwei Regulierungsmechanismen, einen für die peripheren Gefäße und einen für das Herz, wobei das Herzzeitvolumen durch die Veränderungen der Herzfrequenz und des Schlagvolumens bestimmt wird. Anfang des Jahrhunderts war von dieser Problematik schon viel geklärt. Die grundlegenden Erkenntnisse zur Funktion des Herzmuskels waren zu einem Großteil vom Wissen über die Funktion des Skelettmuskels abgeleitet, die sich vor allem auf die dreißigjährige Arbeit von Adolf Fick gründeten. Bedeutende Studien zur Herzkontraktion stammen von Carl Ludwig, Wilhelm Blasius, Étienne J. Marey, H. Newell Martin, Oscar Langendorff,²⁴ Hermann Dreser, William Howell und Frank Donaldson, doch es war besonders Otto Frank, der am Ende des 19. Jahrhunderts die Grundprinzipien der Kontraktion von Herzkammern formulierte (s. Abb. 241).^{25–27} All diesen Autoren war bereits die Beziehung zwischen der anfänglichen Länge der Muskelfaser und der Stärke der nachfolgenden Kontraktion klar.^{28–30}

Auf diesen Grundlagen baute **Ernest Henry Starling** (1866–1927, s. Abb. 237), Professor für Physiologie am University College in London, der bereits durch seine Arbeiten zur kapillaren Filtration³¹ und durch die Einführung der Konzeption chemischer Mediatoren Bekanntheit erlangt hatte, auf. Das University College war an der Jahrhundertwende eine der besten Adressen für Herzforschung; dort arbeiteten unter anderem Sydney Ringer, William Bayliss, Arthur Cushny und Thomas Lewis (aber auch z. B. die Begründer der Biostatistik Pear-

son, Spearman und Fisher). In einer langen Serie gut planter und geschickt durchgeführter Experimente analysierte Starling an mit Blut gespülten Herz- und Lungenpräparaten von Hunden (die viel komplizierter waren als Franks Froschpräparate) die Funktion des Herzens als Pumpe, ohne sich im Detail der eigentlichen Mechanik der Herzkontraktion zu widmen. Das Präparat ermöglichte es, nach Belieben den arteriellen Druck zu verändern (mit Hilfe eines künstlichen arteriellen Widerstands), den venösen Druck, das in das rechte Herz zurückfließende Blutvolumen und die Temperatur des Blutes zu beeinflussen (Abb. 287). Die Oxygenierung des Blutes wurde durch künstliche Beatmung sichergestellt. Starling untersuchte zuerst den Einfluss des peripheren Widerstands und des Venendrucks auf das Herzminutenvolumen. Als neuen Parameter führte er die Messung des Herzvolumens ein, indem er das Herz hermetisch in ein Messingkardiometer einschloss (Abb. 288). Wenn sich durch Erhöhung des venösen Drucks der Venenrückfluss erhöhte, erhöhten sich (nicht linear) das diastolische Herz- und das Schlagvolumen; das Herz war somit in der Lage, eine größere Menge Blut entgegen einem unveränderten Widerstand auszustoßen, mit nur einer geringen Erhöhung des Blutdrucks. Ab einem bestimmten diastolischen Volumen führte ein weiteres Füllen der Kammer zu ihrer Überdehnung und zum Absinken des Schlagvolumens. Dies galt für die linke und die rechte Herzseite (Abb. 289). Wenn sich der periphere Widerstand erhöhte, erfolgte auch eine Erhöhung des diastolischen Volumens, was es dem Herzen ermöglichte, ein normales Schlagvolumen auszustoßen. In beiden Fällen kam es zu einer Verlängerung der Muskelfasern in der Diastole. In weiterer Arbeit wies Starling nach, dass bei einem isolierten Herzen der Sauerstoffverbrauch durch das diastolische Volumen, also die Anfangslänge der Muskelfasern, bestimmt wird.^{32,33}

Starling formulierte 1915 seine endgültige Schlussfolgerung wie folgt: „The law of the heart is therefore the same as that of skeletal muscle, namely that the mechanical energy set free on passage from the resting to the contracted state depends on the area of ‚chemically active surfaces‘, i.e. on the length of the muscle fibre. This simple formula serves to ‚explain‘ the whole behaviour of the isolated mammalian heart.“³³ Diese einfache Erklärung ist unter der Voraussetzung richtig, dass man ausreichenden Nachdruck auf das Wort „isolated“ legt. Eine allzu starke Ausdehnung des „Starling-Gesetzes“ durch seine begeisterten Bewunderer, die die Bedingungen und die

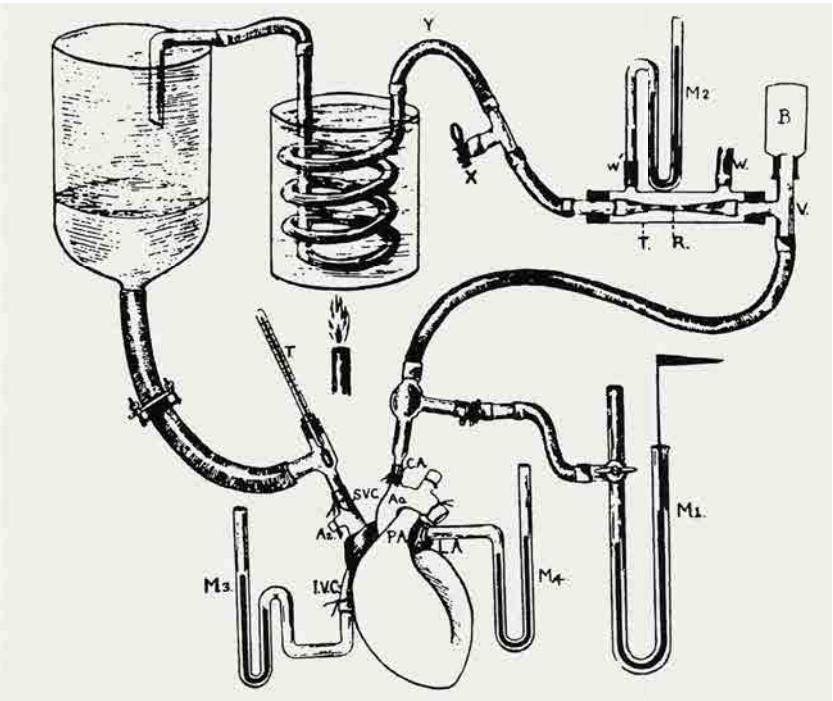


Abb. 287

Starling-Präparat des isolierten Hundeherzens, Schema aus *J Physiol (London)* 1914;48:465. Die Blutmenge, die aus dem Reservoir in den rechten Vorhof fließt, wurde durch das Ventil r reguliert. Eine Reihe von Manometern maß den Druck an strategischen Stellen, das Herzminutenvolumen wurde an der Stelle x gemessen. Der Ausflusswiderstand wurde durch eine Veränderung des Durchchnitts R reguliert.

Grenzen von Starlings Aussage vergaßen, führte jedoch zu einer ganzen Reihe von Missverständnissen.^{28,34}

Die Reaktionen auf Starlings Arbeiten waren unterschiedlich. Einige beschuldigten ihn des Plagiats der Frank'schen Arbeiten; der Gerechtigkeit wurde Genüge getan, als man statt vom „Starling-Herzgesetz“ vom Frank-Starling-Mechanismus sprach. Am Anfang – bis in die 30er Jahre – wurde die Rolle dieses Mechanismus zweifellos überbewertet bzw. sehr verallgemeinert; man betrachtete die enddiastolische Faserlänge generell als die entschei-

dende Größe der Herzdynamik. Andere waren der Ansicht, dass Starlings „Gesetz“ nicht mehr sei als eine interessante biologische Kuriosität ohne klinische Bedeutung. In den 50er Jahren folgte eine Phase der Unterbewertung des Frank-Starling-Mechanismus, dessen Bedeutung man auf die Abstimmung der Auswurfleistung des rechten und linken Ventrikels beschränkt sah. Erst Mitte der 60er Jahre klärten Ultrastrukturstudien in Sonnenblicks Labor den Einfluss der Vorlast auf die Sarkomerlänge und dadurch die eigentliche Basis der Frank-Starling-Beziehung.^{34,35}

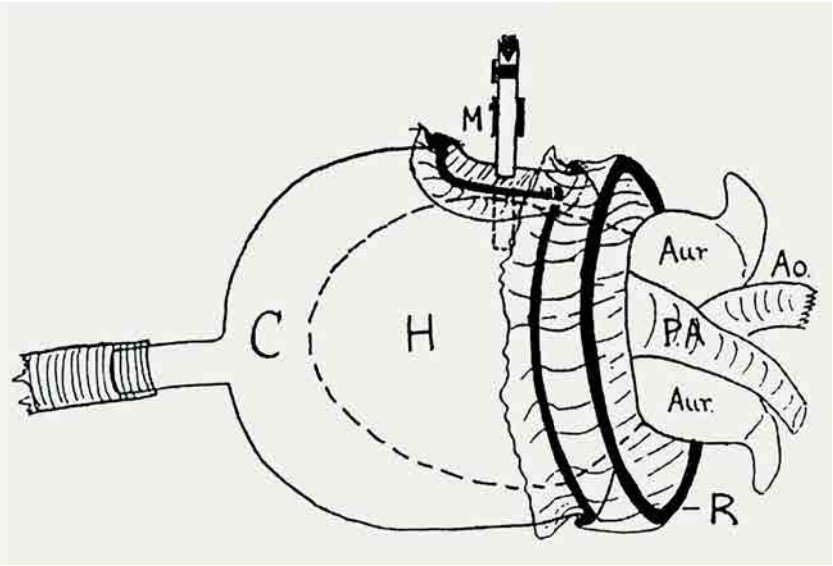


Abb. 288

Starlings Anlage zur Messung des Volumens eines Hundeherzens während der Experimente



UNTERSUCHUNGSMETHODEN IN DER KARDIOLOGIE

Von Herophilos (3. Jahrhundert v. u. Z.) bis zum Beginn des 19. Jahrhunderts war die Palpation des Pulses die einzige Technik, die es ermöglichte, indirekt Herzkrankheiten zu diagnostizieren. Noch 1650 dachten

die Ärzte eher über die Säfte eines Kranken nach als über die Krankheit, an der dieser leiden könnte. Die Ärzte fragten den Kranken aus, betrachteten seinen Körper und die Hautfarbe, ertasteten den Puls, beurteilten

Abb. 324

Petr Brandl (1668–1735): *Beim Feldscher* (1719, Gemäldegalerie der Premonstratenser-Kanonie in Nová Říše, Mähren). Dass es sich um einen Feldscher handelt, und nicht um einen studierten Arzt, zeigen der pittoreske Turban (mit Hilfe dessen obskure Heiler versuchten, fundierter vor die Patienten zu treten) und die Tatsache, dass der Mann den Urin in der Matula untersucht und gleichzeitig bei dem Mädchen den Puls misst – sich auf beide Prozeduren gleichzeitig zu konzentrieren wäre schwierig. Das Sujet für das Bild ist eine häufige Krankheit junger Frauen, der sogenannte *morbus virgineus*, zu dessen Symptomen eine bleiche Haut, ein schneller Puls und Appetitlosigkeit gehören. Diese Liebeskrankheit, die auch als „erotische Melancholie“ bezeichnet wird, gehörte zu den Lieblingsmotiven holländischer Maler im 17. Jahrhundert.

Das Ritual der Betrachtung von Urin belächelte bereits Shakespeare in *Heinrich IV.* (Falstaff: „What says the doctor to my water? – Page: „He said, sir, the water itself was a good healthy water; but, for the party that owed it, he might have more diseases than he knew of“). Die Matula blieb ein populäres Attribut des Arztes bis ins 17. Jahrhundert hinein, doch es wäre falsch, sie als Ständesymbol zu betrachten. Im Unterschied zu den Ärzten des Hochmittelalters (die oft mit einer Matula in der Hand porträtiert wurden), wollten die neuzeitlichen Ärzte nie mit einer Matula verewigt werden – sie bevorzugten es, von Büchern oder anatomischen Präparaten umgeben zu sein.



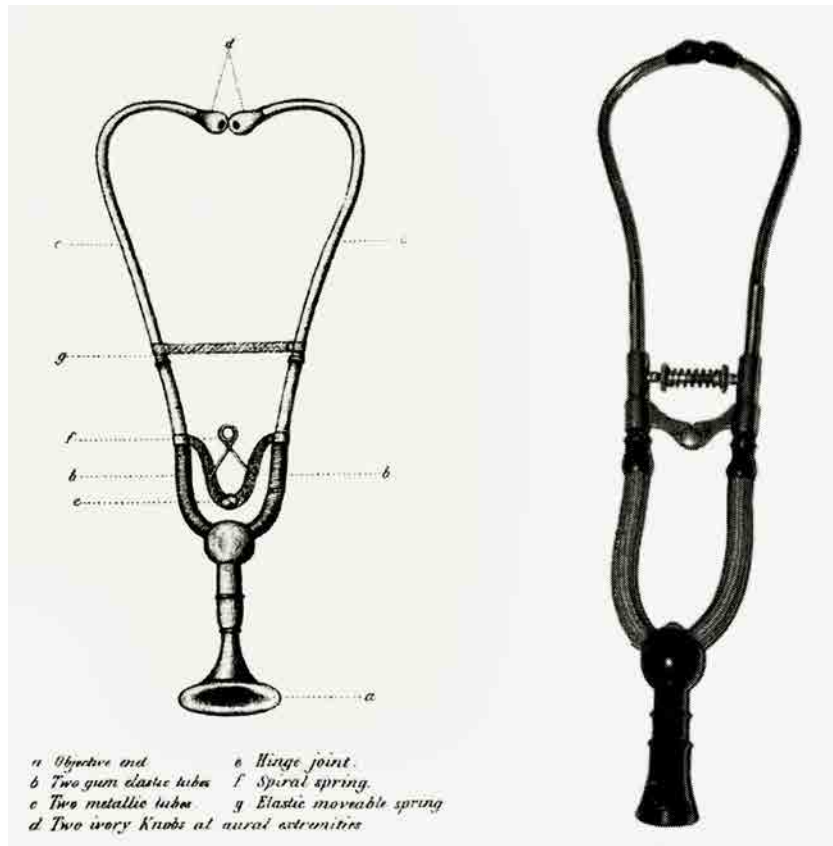


Abb. 354

Cammanns adaptables Stethoskop mit allen grundlegenden Konstruktionsprinzipien moderner Stethoskope, links ein Modell aus dem Jahre 1851, rechts aus dem Jahre 1880. Gummiband (g) und Spiralfeder (f) ermöglichen eine Adaptation des Drucks auf die Ohren des Untersuchenden. Dieses Modell verbreitete sich schnell auch in Europa und wurde oft als „amerikanisches Modell“ bezeichnet. Cammann wurde beschuldigt, Patente anderer Stethoskope verletzt zu haben (vor allem Marsh, s. Abb. 353); er nutzte jedoch seine Erfindung nicht kommerziell und vertrat die Ansicht, diese sollte der Öffentlichkeit frei zugänglich sein. Eine solche Haltung teilt der Berufsstand der Mediziner schon lange nicht mehr.

Abb. 355

Lowenthals „monoaurikulares“ modifiziertes Stethoskop aus dem Jahre 1918 zeigt wohl am besten die Zögerlichkeit der Ärzte, von dem Stethoskop für ein Ohr abzugehen, auch wenn sich die Beweise über die Vorzüge von biaurikularen Stethoskopen häuften. Aus *Lancet* 1918;2:110



Öffnung der Mitralklappe infolge einer Regurgitation des Blutes durch die Aortenklappe bewirkt. Er erläuterte, wie man das Geräusch einer tatsächlichen Mitralstenose vom Geräusch bei einer Aortenregurgitation unterscheiden könne. Flint wurde als „amerikanischer Laennec“ bezeichnet.^{20,40} Sein *Manual of percussion and auscultation* erlebte acht Auflagen.³³ **Paul Louis Duroziez** (1826–1897) war ein guter Beobachter und exzellenter Lehrer; 1851 beschrieb er Geräusch und Schwirren über der Femoralarterie („double souffle crurale intermittente“) bei Aorteninsuffizienz. Zur selben Zeit belegte **George Britton Halford** (1824–1910) in England, dass beide Herztöne von den Klappen ausgehen und dass sie bei Unterbrechung der venösen Rückkehr nicht hörbar werden. Die Arbeit wurde 1851 in *Lancet* publiziert und danach in zwei Monografien weiterentwickelt: *The action and sounds of the heart* (1860) und *On the time and manner of closure of the auriculo-ventricular valves* (1861).

Bouillauds Schüler **Pierre Carl Edouard Potain** (1825–1901) hatte ein besonderes Interesse an überzähligen Tönen. Im Jahre 1866 beschrieb er die inspiratori-

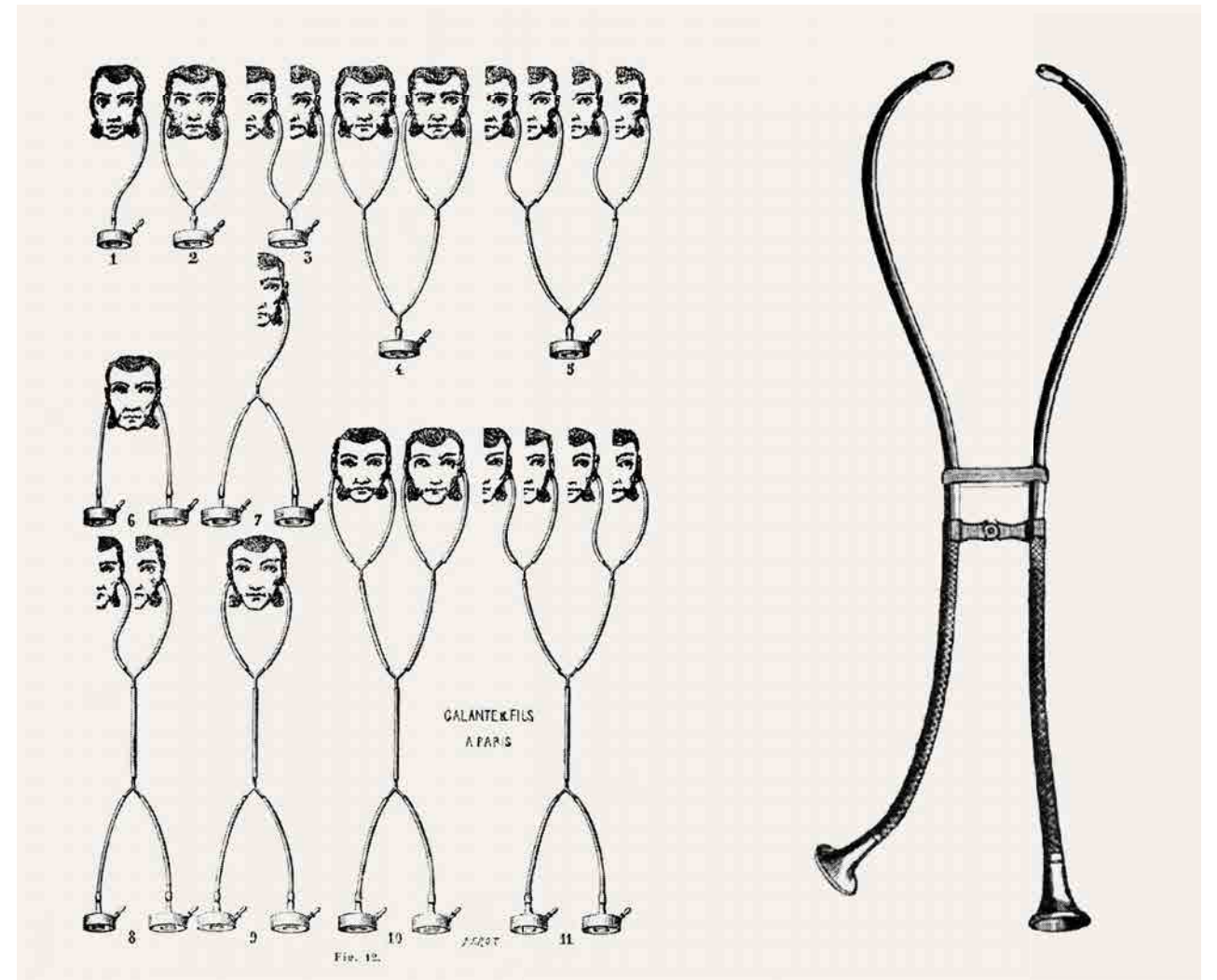


Abb. 356

Links die Kombinationsmöglichkeiten eines „Stethopolyskops“, das zu Lehrzwecken um 1887 von Constantin Paul in Paris konstruiert wurde. Mono- oder biaurikular für einen, zwei oder mehr Untersuchende geeignet. Diese Kombinationen spiegeln die Modetrends in der Zeit wider, als keine einzige Herangehensweise als optimal galt. Rechts ist das Differenzstethoskop (heute würde man stereophones Stethoskop sagen) nach Scott Alison aus dem Krankenhaus in Brompton zu sehen; auch wenn es biaurikular war, handelte es sich eigentlich von der Konzeption her um zwei einohrige, simultan verwendete Stethoskope. Es sollte den gleichzeitigen Vergleich von Geräuschen aus zwei verschiedenen Quellen ermöglichen.

sche Spaltung des zweiten Herztons und 1876 publizierte er die klassische Beschreibung des Galopp-Rhythmus und charakterisierte den dritten und vierten Herzton. Er untersuchte den Mechanismus der Galopptöne und leitete daraus ab, dass diese durch die plötzliche Spannung der wenig nachgiebigen Kammerwand beim Füllen der Kammer bewirkt werden; diese Ansicht überdauert mehr oder weniger bis heute. Er bemerkte die trommelartige Verstärkung der aortalen Komponente des zweiten Herztons bei syphilitischer Aortitis (Potain'sches Zeichen). Während des Deutsch-Französischen Krieges meldete er sich

zur Infanterie und entwickelte dort den „Potain-Aspirator“ zur Thorakozentese, der heute durch eine Spritze mit einem Zweigegehahn ersetzt wird.

Hermann Vierordt (1853–1943) war Sohn des berühmten Physiologen Karl Vierordt (siehe unten) und wie sein Vater Professor in Tübingen. Im Jahr 1884 publizierte er *Kurzer Abriss der Perkussion und Auskultation* und ein Jahr später *Die Messung der Intensität der Herztöne*. Später befasste er sich mit angeborenen Herzfehlern und wurde Medizinhistoriker. Im Jahre 1888 beschrieb in Manchester **Graham Steell** (1851–1942), Autor dreier kardiologischer

In dem Bemühen, die Qualität der sphymografischen Blutdruckmessung zu verbessern, konstruierte er eine plethysmografische Kammer. Mareys Philosophie lässt sich am besten mit seinen eigenen Worten in *La Méthode Graphique dans les Sciences Experimentales et Principalment*

en Physiologie et en Médecine (2. Ed. 1855) zum Ausdruck bringen: „Die Wissenschaft trifft auf zwei Hindernisse – auf die Unzulänglichkeiten unserer Sinne bei der Entdeckung von Fakten und auf die Unzulänglichkeiten unserer Sprache, wenn wir diese beschreiben wollen. Ziel der

CH is the chronograph, of which *W'* is the winder, *D'* the dial, *P'* the pendulum, and *L'* the tracer; *Z* is the double rest for the levers. On the glass, in direct view, are three tracings—one of the heart, one of an artery, and one of time in seconds and fifths.

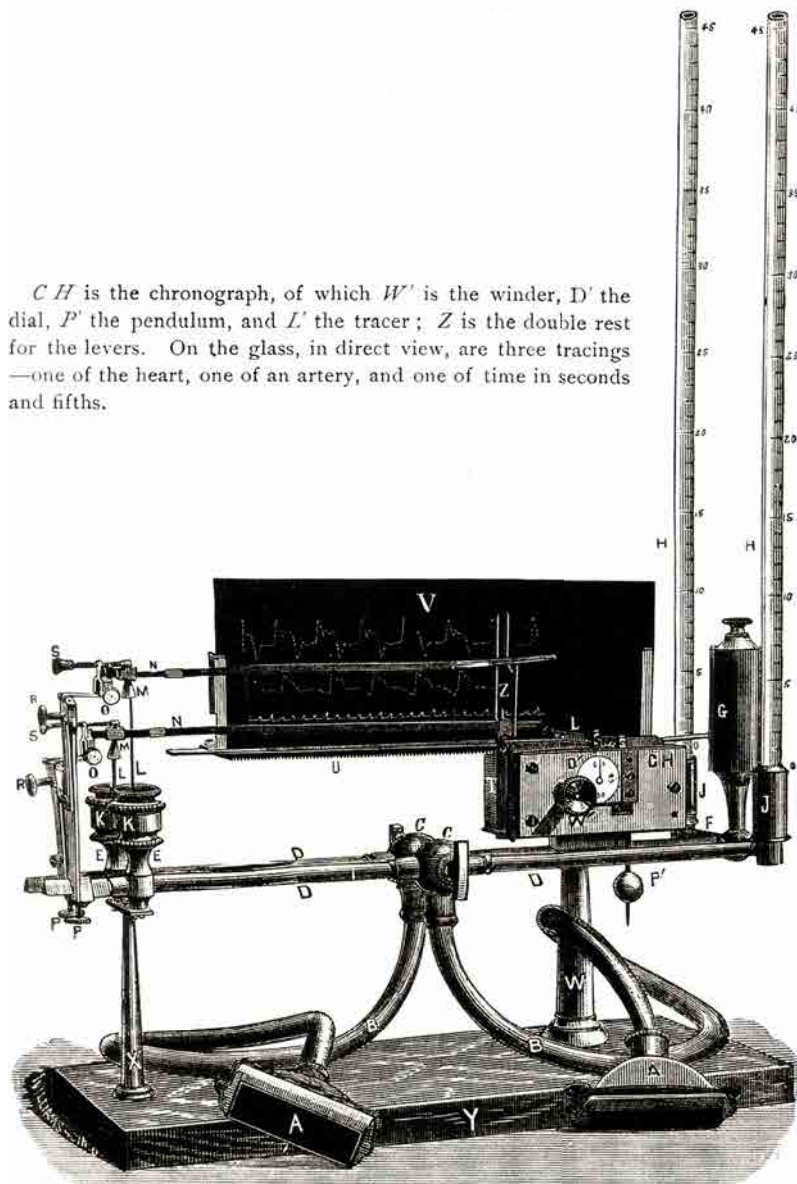


Abb. 375

„Compound sphygmograph and cardiograph“, eingeführt von Alonzo T. Keyt im Jahre 1876, unten Registrierung der Zeitintervalle bei gleichzeitiger Aufzeichnung eines Apexkardiogramms und des karotischen Pulses; chronometrische Zeichen stellen 0,2 s dar. (Keyt AT: *Sphygmography and cardiography, physiological and clinical*. New York: G. P. Putnam, 1887:1–26)

grafischen Methoden ist es, diesen Hindernissen auszuweichen: geringfügige Details zu erfassen, die sonst unbeobachtet geblieben wären, und diese klarer zu beschreiben, als unsere Worte es könnten.“

Eine bedeutende Persönlichkeit war Pierre Potain, ein Kliniker und Physiologe mit außergewöhnlichen technischen Fähigkeiten. Er konstruierte ein Gerät zur Aufzeichnung des Herzschlags (Apexkardiograf) und der Pulswellen, studierte arterielle und venöse Geräusche, den Galopp-Rhythmus und das Verhältnis zwischen Trikuspidalregurgitation und Leberpulsationen. Er perfektionierte die bestehenden Manometer und befasste sich mit Blutdruckmessungen.³³ In England befasste sich John Burdon Sanderson (s. Abb. 235) mit Polygrafie; wahrscheinlich als Erster zeichnete er 1867 eine paroxysmale Tachykardie auf. Er war ein herausragender klinischer Physiologe und erfreute sich als pathologischer Anatom einer solchen Reputation, dass er gebeten wurde, Kaiser Napoleon III. zu obduzieren.⁵⁷ Später leistete er auch einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der Elektrokardiografie.

In Amerika entwickelte **Alonzo Trasher Keyt** (1827–1885) 1876 einen schönen Polygrafen, es handelte sich dabei um ein elegantes Produkt mechanischer und hydraulischer Ingenieurskunst (Abb. 375). Normalerweise wurde es zur gleichzeitigen Aufzeichnung eines Apexkardiogramms und des karotischen Pulses verwendet. Keyt konnte damit vor allem die Zeitintervalle ab der Herzkontraktion bis hin zu verschiedenen Komponenten der Pulswelle aufzeichnen. Er beobachtete, dass „arteries stiffened by atheromatous and calcareous degeneration give a rapid pulse-wave velocity“. Er interessierte sich für das sogenannte „presphygmic interval“, einen kurzen Zeitabschnitt zwischen der Kammerkontraktion und dem Öffnen der Aortenklappe und stellte fest, dass dieses Intervall bei Patienten mit Aortenstenose, Mitralsuffizienz und Aneurysma der Aortenwurzel verlängert ist.⁵⁶

Sir **James Mackenzie** (1853–1925) interessierte sich für die Analyse des Herzrhythmus’ noch vor der Ära der Elektrokardiografie. Um 1889 konstruierte er einen „klinischen Polygraphen“ und 1906 einen „Tintenpolygraphen“, der die arteriellen und venösen Pulsationen aufzeichnete, die über einen mit Luft gefüllten Schlauch auf das Trommelfell übertragen wurden (Abb. 376). Er bewies damit, dass die Anfangswelle des Venenpulses ihren Ursprung in der Vorhofkontraktion hat und dass die anschließende Welle von einer Kammerkontraktion bewirkt wird. Die gleichzeitige Aufzeichnung des Jugularvenenpulses, des arteriellen Radialispulses und der Leberpul-



Abb. 376

Mackenzies Tintenpolygraf aus dem Jahre 1906 besteht aus einem Aufziehuhwerk, Sensoren des arteriellen und venösen Pulses, Tintenfedern und Aufzeichnungspapier. Die Aufzeichnungsfeder wurde pneumatisch aktiviert. Dieser Polygraf diente auch als Prototyp für die ersten Lügendetektoren. Schema des Geräts siehe Abb. 257. Mackenzie demonstrierte damit die grundlegenden Charakteristiken dessen, was später als Vorhofflimmern bezeichnet wurde.

sation ermöglichte es ihm, die zeitlichen Beziehungen zwischen der Vorhof- und der Kammersystole zu untersuchen und verschiedene Typen einer Herzblockade und von Extrasystolen zu analysieren.⁶⁶ In all seinen Forschungen wurde er von den Arbeiten Gaskells beeinflusst, und seine Aufzeichnungen waren von dem Bestreben gekennzeichnet, bei seinen Patienten die Beobachtungen zu wiederholen, die Gaskell bei Versuchstieren gemacht hatte. Mackenzie wies als Erster nach, dass bei der Entstehung des unregelmäßigen Pulses bei einer beträchtlichen Mitralstenose die Vorhofaktivität auf der Aufzeichnung des Venenpulses verschwindet und dass sie mit der Rückkehr des regelmäßigen Pulses wieder auftaucht.^{20,33,67}

Heinrich E. Hering (1866–1948) bestätigte 1906 diese Befunde, und danach wurde allgemein akzeptiert, dass die drei wesentlichen Zeichen für einen „pulsus irregularis perpetuus“ die absolute Unregelmäßigkeit des Pulses, das Überdauern dieses Rhythmus und das Fehlen einer nachweislichen Vorhofaktivität (die sich im Fehlen der *a*-Welle im Venenpuls zeigt) sind. Mit einem ähnlichen Gerät wie dem von Mackenzie beschrieb 1899 **Karl F. Wenckebach** (1864–1940) die nach ihm benannte Periodizität. Sphygmograf und Polygraf waren also die ersten Geräte, die es ermöglichten, Rhythmusstörungen zu studieren;



Abb. 427

Willem Einthoven im Jahre 1906. Einthoven entstammte einer jüdischen spanischen Familie, die in die Niederlande auswanderte und dort den Namen Einthoven (mit t) anstelle der holländischen Stadt Eindhoven (mit d) annahm. Seine Persönlichkeit lässt sich gut an zwei Äußerungen in Briefen an Kollegen illustrieren: „An instrument takes its true value not so much from the work it might possibly do but from the work it really does“ (im Brief an Lewis 1922) und „Truth is all that matters, what you or I may think is inconsequential“ (an Wiggers 1926).

leitungen (die fast 40 Jahre lang ausschließlich verwendet wurden) und registrierte Tausende von Kurven bei Tieren und Menschen (Abb. 430). Da das Gerät riesig und die Saiten sehr empfindlich waren, kam ein Einsatz am Krankenbett nicht in Frage. Einthoven erarbeitete daher 1905 eine Methodik der telefonischen Signalfernübertragung über eine Entfernung von etwa einer Meile vom Ortskrankenhaus in sein Labor (*Le Télécardiogramme*). Dies war eine einzigartige Gelegenheit, um mit Klinikern zusammenzuarbeiten und elektrokardiografische Manifestationen unterschiedlichster Arrhythmien aufzuzeichnen. Bei Extrasystolen konnte Einthoven die Ärzte telefonisch warnen, dass sie im nächsten Moment einen Pulsausfall spüren könnten. Einen Arzt, der nicht sonderlich kooperativ war, belästigte dies wahrscheinlich so sehr, dass er nach einigen Monaten die Verbindung mit dem Labor

des kauzigen Theoretikers abbrach.¹⁰ Im Jahre 1906 veröffentlichte Einthoven bereits EKG-Aufzeichnungen des Vorhofflimmerns und -flatterns, vorzeitiger Kammerextrasystolen, der Kammerbigeminie, des „P mitrale“ und einer experimentell hervorgerufenen Blockade bei Hunden; die meisten Arrhythmien waren nur beschrieben, ohne ihren Mechanismus zu verstehen. Eine weitere klassische Arbeit aus dem Jahre 1908 gilt als bedeutendste Publikation zur Elektrokardiografie, weil sie den Ärzten die praktische und theoretische Bedeutung dieser Untersuchung demonstrierte.² Bis 1910 war der Elektrokardiograf jedoch eindeutig ein Gerät für die physiologische Forschung und keineswegs für die Diagnostik.⁷³

Anfangs betrachtete man den Elektrokardiografen als Ersatz für den Polygrafen, der wichtige Informationen über den Herzrhythmus und über die Reizleitung vermittelte. Später richtete sich das Interesse jedoch auf die Form der Ausschläge und die Interpretation ihrer Varianz. Im Jahre 1913 veröffentlichte Einthoven sein berühmtes „Einthoven-Dreieck“, von dem man die durchschnittliche Neigung der QRS-Achse berechnen konnte, d. h. einen Vektor

Abb. 428

Oben Elektrokardiogramm, aufgezeichnet 1902 von Einthoven mit Hilfe eines verbesserten Lippmann'schen Kapillarelektrometers. Die Ausschläge sind bezeichnet als ABCD. Unten die gleiche Kurve, mathematisch verarbeitet, die Ausschläge sind hier bezeichnet als PQRST.

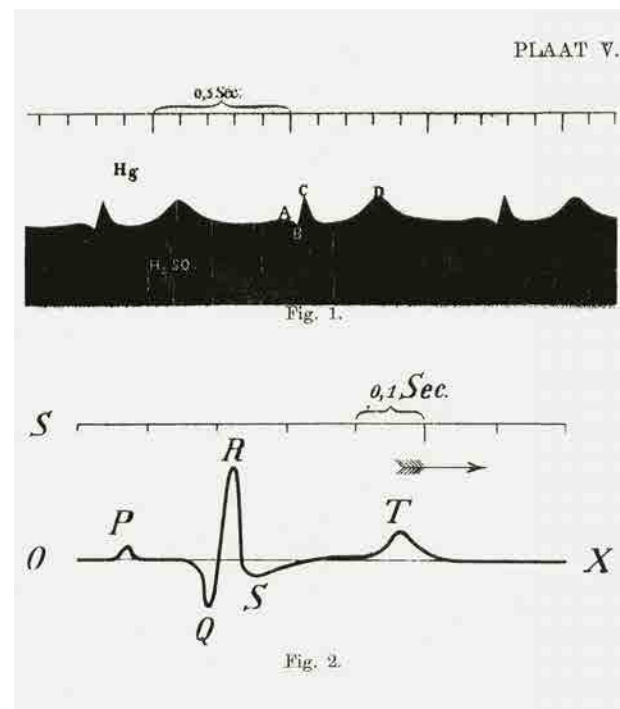


Abb. 429

Einthovens Saitengalvanometer, anfangs hergestellt von der Münchener Firma Edelmann und Söhne. Da Einthoven der Elektronik nicht vertraute (er befürchtete eine Verzerrung der Kurven), war dieses Galvanometer lange Zeit (sogar lange nach der Konstruktion einer Triode) in der Elektrokardiografie Standard.

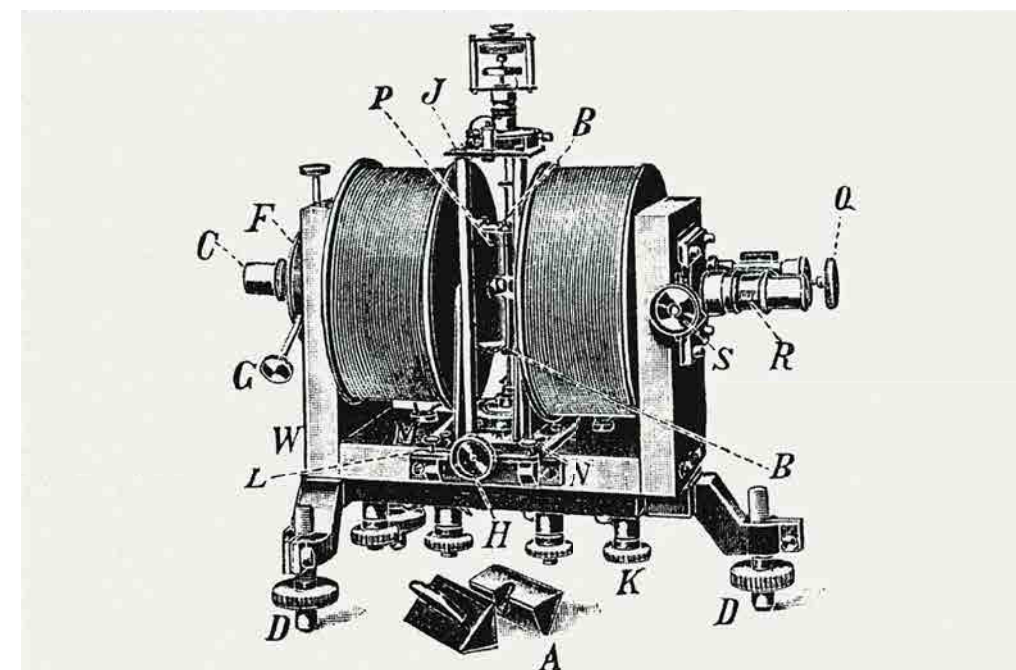


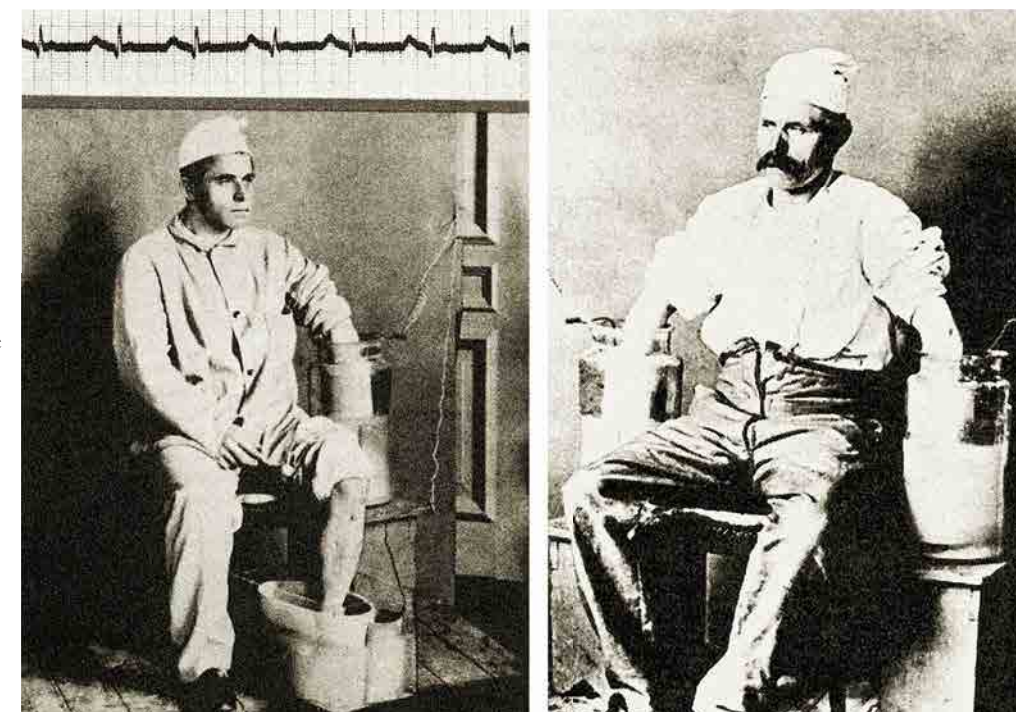
Fig. 73.

Saitengalvanometer nach Einthoven-Edelmann.

J = Fadenträger, *P* = Polschuhe, *B* = Platinfaden, *H* = Regulierungsvorrichtung für den Fadenträger, *L*, *N* = Klemmung zur Fixierung des Fadenträgers, *K* = Klemmen für die Akkumulatorverbindung des Elektromagneten, *D* = Füße des Instruments, *C* = Beleuchtungsmikroskop, *R* = Projektionsmikroskop, *F*, *G*, *Q*, *S* = Einstellschrauben für letztere, *A* = Verschlussstücke aus Messing, um den Faden seitlich zu schützen.

Abb. 430

Einthovens EKG-Aufnahme Anfang des Jahrhunderts. Die Extremitäten befinden sich in Gefäßen, die mit Kochsalzlösung gefüllt sind und mit Silberelektroden Kontakt besitzen, die wiederum mit dem Saitengalvanometer über Kabel verbunden sind. Die EKG-Kurve über dem linken Bild ist von rechts nach links geschrieben.



schmerzhaften Druck in der Brust [...]. Mit Fortschreiten der Krankheit wurde er kachektisch und wassersüchtig. Schließlich erlag er einem heftigen Erstickungsanfall [...]. Ich öffnete den Körper. Das Blut [...] hatte die Wandung der linken Herzkammer zerstört und durchlöchert [...]. Es befand sich dort ein fingergroßes Loch“. Sehr wahrscheinlich hat Harvey hier eine Herzruptur als Folge eines Infarkts beobachtet.

Bei **Richard Lower** (1632–1691, s. Abb. 152) wird zum ersten mal von den Anastomosen zwischen beiden Koronararterien gesprochen. Er verwendete Einspritztechniken und schrieb im *Tractatus de corde* aus dem

Jahre 1669: „[...] die Kranzarterien verbinden sich wieder, und hier und da kommunizieren sie durch Anastomose. Das Ergebnis ist, dass eine in eine von ihnen hineingespritzte Flüssigkeit sich sofort in beiden ausbreitet. Weil überall derselbe Bedarf an Vitalhitze und Ernährung besteht, wird ein Mangel sehr gut durch Anastomose verhindert“. Eine wesentliche Ausdehnung dieses Gedankens ermöglichte erst 300 Jahre später die Koronarografie.¹²

Lorenzo Bellini (1643–1704) beschreibt in *De urinis et pulsibus* (1683) auf einleuchtende Art, wie die Koronarsklerose den Blutfluss behindert. Aus der Krankengeschichte eines Patienten, der Symptome einer Angina

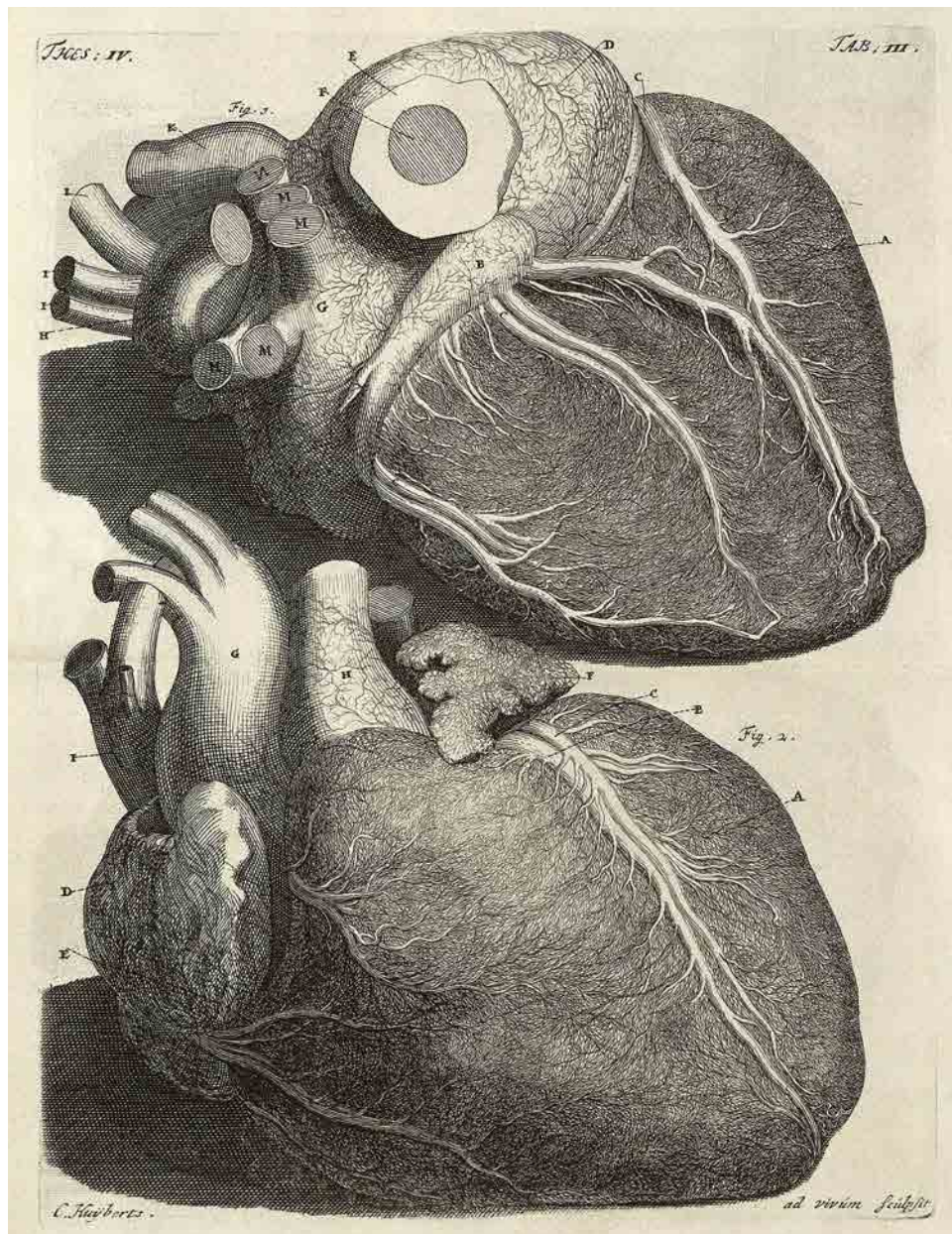
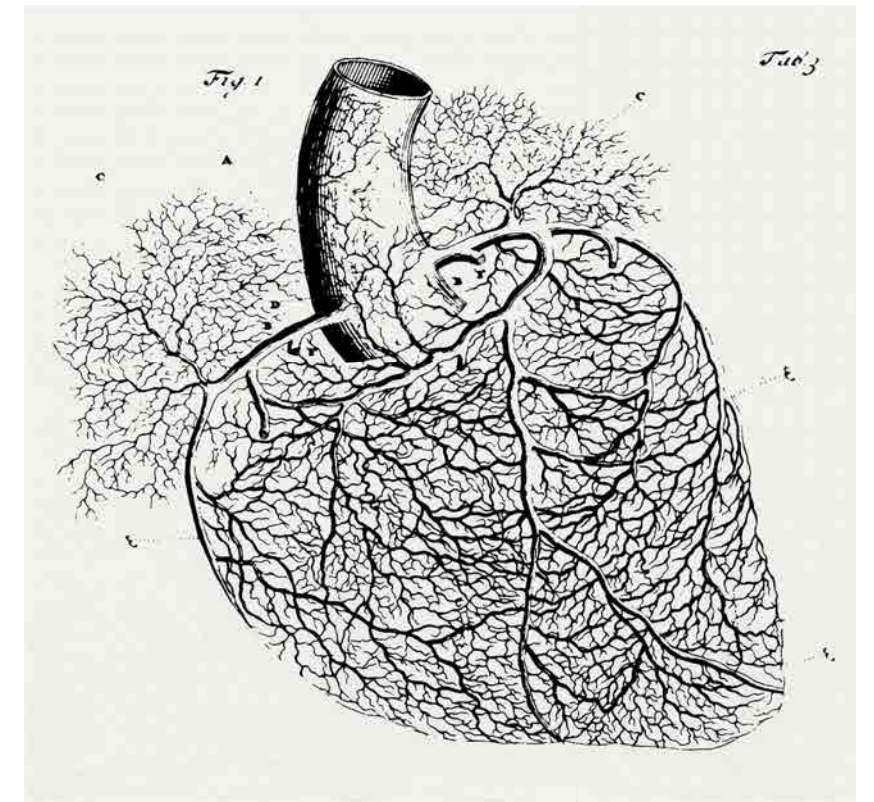


Abb. 469

Frederick Ruysch, *Thesaurus anatomicus*, Amsterdam 1729. Durch die präzise Darstellung des Gefäßsystems wurde Ruysch berühmt. Er verwendete eine spezielle Wachsmasse, die konservierend wie auch als Füllung wirkte, zur Herstellung hervorragender Gefäßpräparate. Damit führte er die Einspritztechnik von Swammerdam und de Graaf zur Perfektion.

Abb. 470

Koronararterieninjektion mit folgender Mazeration (sogenanntes Korrosionspräparat). Aus *Thesaurus anatomicus* von Frederick Ruysch. Diese Abbildung ist dann zu einer Fehlerquelle für alle Anatomen, die sich damit beschäftigten, geworden. Erst Senac entdeckte den Fehler: „Aber ein Irrtum, welchen man eigentlich nicht entschuldigen kann, ist in dieser Abbildung, dass die beiden Äste der Herzkranzarterien sich vereinigen und einen fortlaufenden Ring an der Außenfläche des Herzens bilden. Dieser Irrtum ist als wertvolle Tatsache angesehen worden.“ „Es ist“, so sagt Boerhaave in seinem Kommentar, „eine bewundernswerte Entdeckung von Ruysch, denn es ist leider wahr, dass selbst Fehler, unter einem Großen Namen, als beachtenswert angesehen werden.“



pectoris aufweist, erfahren wir, dass Bellini in den Kranzarterien einen „Stein“ gefunden haben will: „Vidimus lapidem adnatam ramis coronariis majoribus, qui dextrum a sinistro ventriculo devimant“.

Giovanni Battista Scaramucci (ca. 1650–1710) publizierte 1689 *De motu cordis mechanicum theorema*, wo er seine Ansichten zum Mechanismus des Koronarflusses präsentierte. Sein Theorem besagte: „die Kammerkontraktion während der Systole verhindert den Blutfluss durch die Arterien, die den Muskel der linken Kammer penetrieren, und die Arterien an der Oberfläche erweitern sich und bilden ein elastisches Reservoir, dessen Kontraktion in der Diastole wie eine zusätzliche Pumpe zum Antrieb des Blutes wirkt“. Scaramuccis Monografie lag lange in verstaubten Archiven, ohne dass ihr irgendjemand Aufmerksamkeit geschenkt hätte. Populär war stattdessen Stroems Hypothese, die 18 Jahre nach Scaramucci veröffentlicht wurde. Christian M. Stroem theoretisierte, die Kranzarterien füllten sich nur während der Diastole, da sich in der Systole die Spitzen der Aortenklappe an die Mündungen der Kranzarterien pressten und so verhinderten, dass Blut eintritt (*Nova theoria motuum reciprocorum machinae animalis*, Amstelodanum 1707). Unsicherheit herrschte bis in die 1870er Jahre, als F. Rebatel in Chaveaus Labor in Paris

und H. Newell Martin am Johns Hopkins Hospital in Baltimore nachwiesen, dass das Blut sowohl in der Systole als auch in der Diastole in das Koronarbett strömt.

Der Anatom **Frederick Ruysch** (1638–1731, s. Abb. 135) spritzte in Amsterdam die Gefäße mit Wachs ein und beobachtete sie unter dem Mikroskop.⁷³ Bekanntheit erlangte er vor allem durch seinen *Thesaurus anatomicus* mit einer genauen Abbildung des Gefäßsystems einschließlich der Kranzgefäße (Abb. 469 und 470).¹² **Pierre Chirac** (1650–1732) untersuchte wahrscheinlich als Erster die Wirkung des Abbindens der Kranzarterie – er stellte fest, dass eine Ligatur zum Herzstillstand führte (*De motu cordis adversaria analytica*, 1698). Diese Beobachtung, die anschließend mehrmals wiederholt wurde, diente als Beweis für das Fehlen interkoronarer Anastomosen, im Unterschied zur Ansicht Lowers, die auch von experimentellen Nachweisen untermauert wurde.

Raymond de Vieussens (1641–1716, s. Abb. 179) aus Montpellier war ein herausragender Anatom und ein Erzfeind Chiracs. Ihre wissenschaftlichen Würden und ihre akademische Stellung unterschieden sich deutlich – während der arrogante und pompöse Chirac eine einflussreiche Persönlichkeit an der Fakultät in Montpellier (und Arzt des Herzogs von Orléans und später Ludwigs XV.) war,

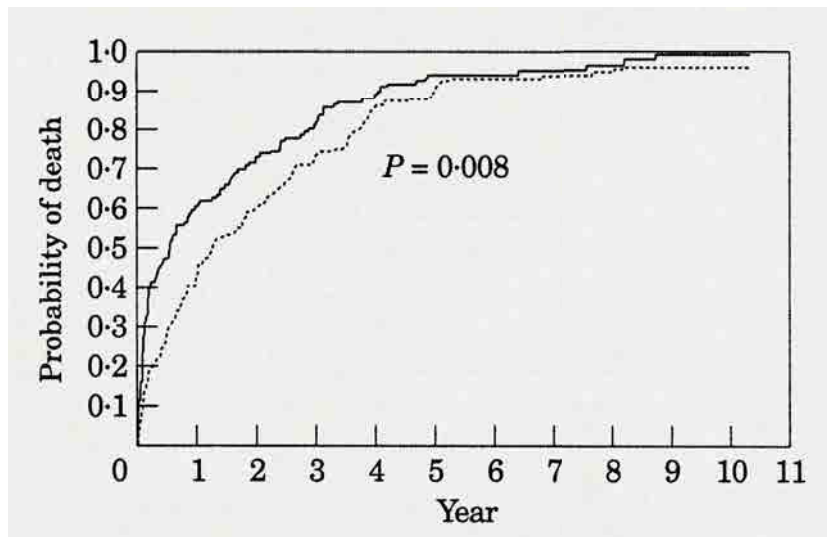


Abb. 508

Mortalitätskurven zweier Gruppen von Patienten mit Herzversagen (NYHA IV) in der CONSENSUS-Studie seit Randomisierung bis zum Ende der zehnjährigen Überwachung. Trotz der nachweislich positiven prognostischen Wirkung von Enalapril (gepunktete Kurve) gegenüber einem Placebo (volle Kurve) gleichen sich beide Kurven nach 4–5 Jahren aus, und nach zehn Jahren ist fast kein Patient mehr am Leben. Übernommen aus Eur Heart J 1999, 20:136–139.

geführt (z. B. MUSTIC, MIRACLE, COMPANION, CARE-HF), die alle von ihren Herstellern gesponsert wurden, und die Ergebnisse waren wie bei den meisten potenziell lukrativen Technologien in postmoderner Zeit bescheiden – eine Verringerung der Mortalität konnte nur in einer einzigen Studie nachgewiesen werden (CARE-HF),⁹⁴ einige sekundäre Parameter („surrogate end-points“), beispielsweise die „Lebensqualität“, wurden als günstig deklariert. Fast alle Autoren dieser Studien wurden von den Herstellern der Stimulatoren bezahlt. Später dehnten die Studien REVERSE,⁹⁵ MADIT-CRT,⁹⁶ und RAFT⁹⁷ die Indikationen zur CRT auch auf leicht symptomatische Patienten aus

(NYHA II). Ein Kardiologe in der Praxis hatte (zumindest bis 2017) den Eindruck, wenn die Resynchronisationsbehandlung das Leben um einige Tage verlängere, so werde die Anzahl dieser Tage geringer sein als die im Krankenhaus zur Implantation, Kontrolle, Revision, zum Upgrading, Elektrodentausch, zur Behandlung der Infektion oder Thrombose und ggf. zur Reimplantation dieser Geräte verbrachte Zeit. Diese Überlegungen konnten die Implantatoren jedoch nicht davon abbringen, weitere Indikationen für eine Resynchronisationsbehandlung zu suchen (z. B. prophylaktische Implantation bei Patienten der Funktionsgruppe NYHA I und II, bei Patienten mit Vorhofflimmern,

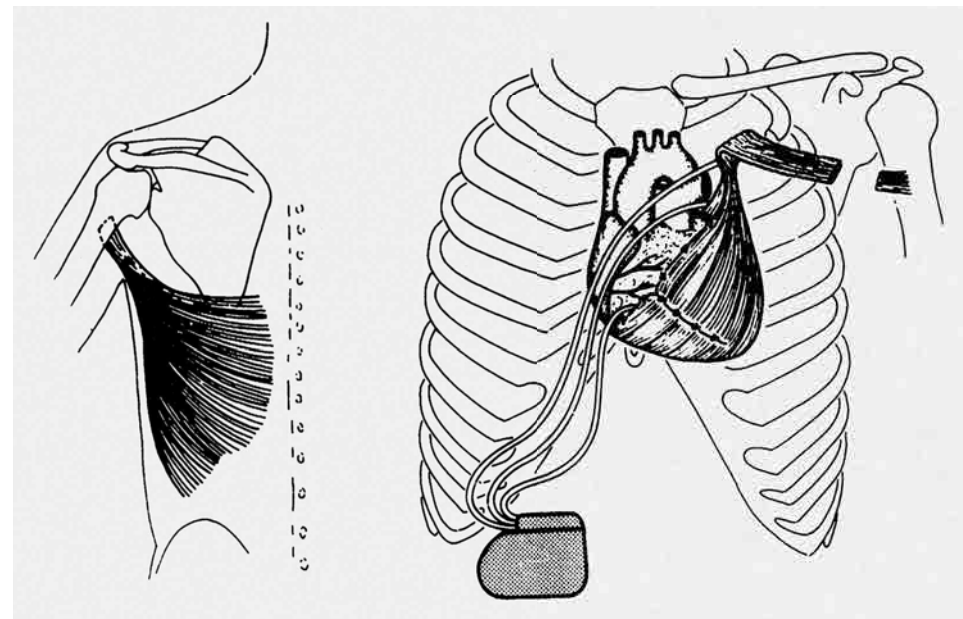
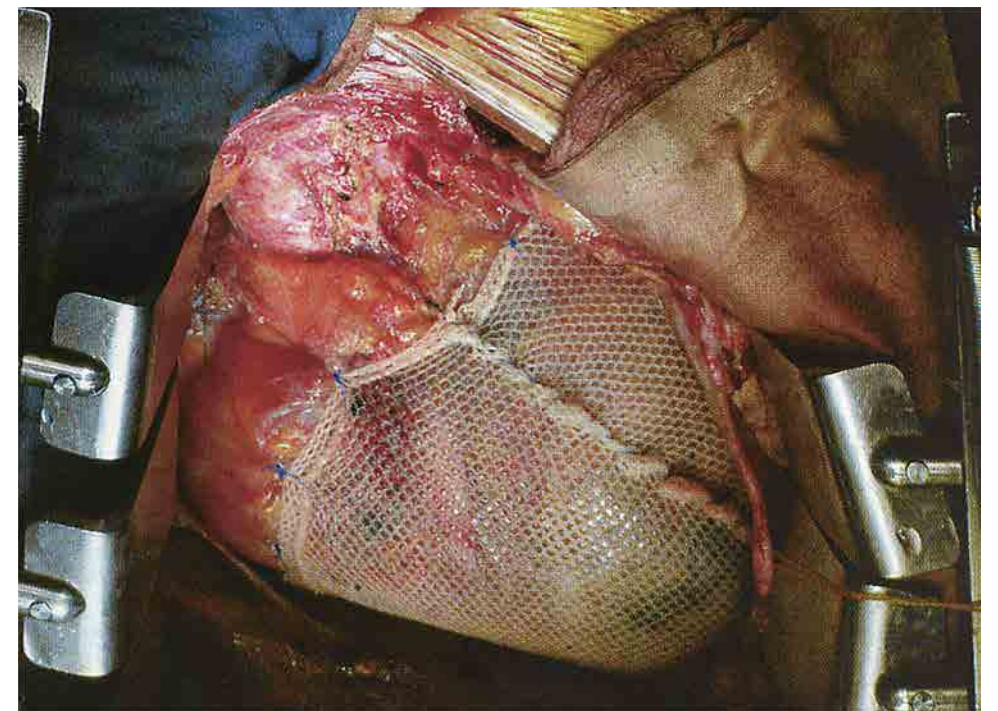


Abb. 509

Schema der dynamischen Kardiomyoplastik, links Musculus latissimus dorsi *in situ*. Es wurden über 1 000 Patienten nach diesem Verfahren operiert. Postoperativ zeigten 80 % von ihnen eine subjektive Verbesserung, während der hämodynamische Effekt auf die linksventrikuläre systolische Funktion des Herzens meist nur sehr gering ausgeprägt war. Von Kritikern wird die Kardiomyoplastik daher auch als „chirurgisches Placebo“ bezeichnet.

Abb. 510

Überstülpen eines Polyethylen-Polyester Netzes um das Herz (CorCap Cardiac Support Device, eingeführt 1999). Ein geflochtenes Netz mit unterschiedlicher Dehnbarkeit in der Längs- und der Querachse soll einer weiteren Dilatation des Herzens passiv entgegenwirken. Das Verfahren kann mit einer Bypass- oder Klappenoperation kombiniert werden.



Implantation zusammen mit prophylaktischer ICD-Implantation usw.).⁹⁸ Etwa einem Drittel der Patienten bringt die biventrikuläre Stimulation keinen positiven Nutzen; deshalb ist die Identifizierung geeigneter Kandidaten für diese Behandlung sehr wichtig, jedoch immer noch ungeklärt.

Eine weitere auf der Elektrostimulation basierende theoretische Therapieoption für Patienten mit terminaler Herzinsuffizienz ist die kardiale Kontraktionsmodulation (CCM), die erstmals 2002 am Menschen getestet wurde. Das CCM-System gibt während der Refraktärphase des Herzens einen elektrischen Impuls ab. Dieser Impuls führt nicht zur Kontraktion, sondern zu einem erhöhten Kalziumeinstrom in das Myozyt und somit zu einem Anstieg der Kontraktionskraft während der nächsten Systole.

Das letzte Jahrzehnt brachte ebenfalls einige Fortschritte in der experimentellen Anwendung der Zelltransplantation bei der Behandlung eines versagenden Herzens. Eine übliche Herangehensweise war es, Myoblasten aus dem Herz- oder dem Skelettmuskel in die betroffenen Bereiche des Myokards zu injizieren. Bei Tierversuchen reifen die transplantierten Myoblasten und übernehmen die Funktion von Kardiomyozyten, wodurch sie die myokardiale Funktion verbessern. Bisher ist nicht bekannt, in welchem Maße diese Art Behandlung unter optimalen Bedingungen in der Klinik die Herzfunktion verbessern kann und ob man sie im breiten Maßstab einsetzen kann. Eine Einschränkung ist die unzureichende Fähigkeit der Myoblasten,

sich im geschädigten Gewebe einzunisten. Auch ist nicht klar, in welchem Maße die Zelltransplantation ein diffus geschädigtes Myokard wirksam therapieren kann.

Die zweite Herangehensweise war die Transplantation von reifen Knochenmarkzellen durch eine intrakoronare oder intramyokardiale Injektion. In einigen Studien führte dies zu einer Verbesserung der Funktion und Struktur der linken Kammer, andere Studien waren negativ. Die Wirksamkeit dieser Herangehensweise ist immer noch unklar und kontrovers. Trotzdem hat eine vor kurzem durchgeführte Metaanalyse der Daten von 2625 Patienten demonstriert, dass eine Transplantation von Knochenmarkzellen im Vergleich mit Patienten, die standardmäßig behandelt wurden, zu einer leichten Verbesserung der Funktion der linken Kammer und der Remodellierung führte.⁹⁹

Wir haben zwar viele Erkenntnisse zum Herzversagen gewonnen, allerdings bleibt die Behandlung trotz der Fortschritte unbefriedigend. Ausdruck dessen sind in den letzten drei Jahrzehnten auch chirurgische Versuche, gravierendes Herzversagen zu behandeln.¹⁰⁰ Als Beispiel soll die sogenannte dynamische Kardiomyoplastik dienen, die von Alain Carpentier in Paris im Jahre 1985 eingeführt wurde.¹⁰¹ Das Herz wurde in den Musculus latissimus dorsi verpackt, und nach mehreren Wochen der Heilung wurde dieser Muskel elektrisch stimuliert, bis er gegenüber Müdigkeit resistent wurde (Abb. 509). Heute wird diese Kardiomyoplastik nicht mehr angewendet. Bei einer durch



Abb. 530
Szene aus dem Buch des toten Schreiber Hunefer, ca. 1300 v. u. Z., 19. Dynastie, West-Theben, Ägyptisches Museum, Kairo. Anubis (Gott des Totenreiches mit einem menschlichen Körper und dem Kopf eines Schakals) hält den einbalsamierten Körper Hunefers, während sich die weinenden Verwandten und Priester zum Mundöffnungsritual bereitmachen. Auf dem Beistelltisch rechts unten befinden sich Geräte zur Mundöffnung (zur Erweckung des Verstorbenen im Jenseits). Das Instrumentarium erinnert sehr stark an die Ausstattung eines heutigen Notarztes.

unserem Dorf erlitt ein Schaf eine Verletzung der Luftröhre. Man führte hohles Rohr in die Luftröhre ein, und das Schaf wurde wieder zum Leben erweckt.“⁸ Paulus von Ägina hinterließ uns aus dem 7. Jahrhundert ein Kapitel über „Laryngotomie“; es scheint, dass er wiederholt

die Luftröhre geöffnet hatte. Von den arabischen Ärzten wurde die Tracheotomie am Menschen wahrscheinlich nie durchgeführt; sie wussten nur darüber, was sie aus der Lektüre des Paulus hatten erfahren können. Avicenna (980–1037) legte in *Liber Canonis* (Übersetzung von Ge-

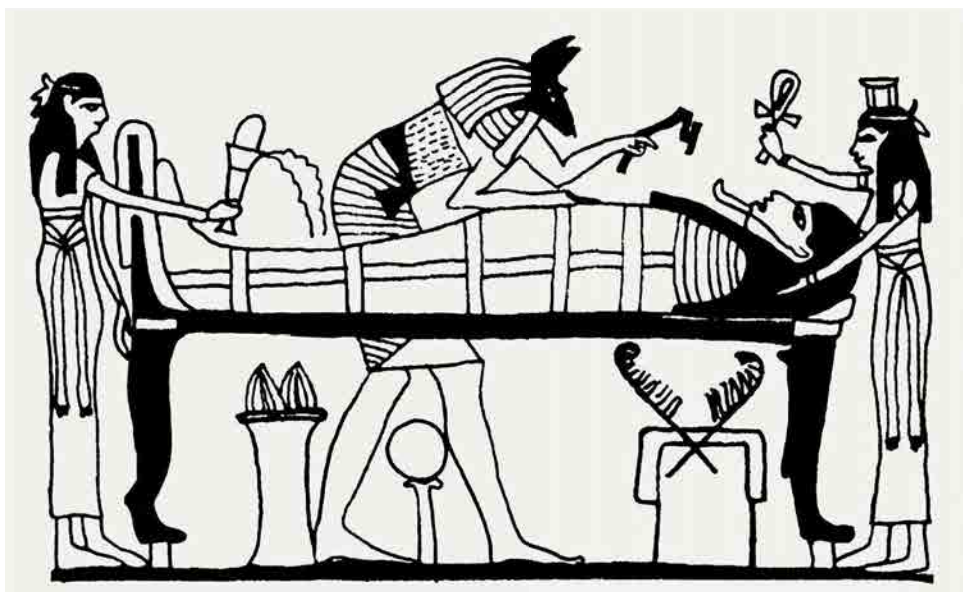


Abb. 531
Gemälde aus dem Grab des Nacet-Amun in Deir el-Medina, Neues Reich, Darstellung des Mundöffnungsrituals in liegender Position. Anubis mit Mundöffnungsgerät in der Hand nimmt eine Stellung ein, die an heutiges Polytraumamanagement (sogenannte inverse Intubation) erinnert.



Abb. 532
Piero di Cosimo (1462–1522): *Satyr und Nympe*, ca. 1495, 65 x 184 cm, National Gallery in London, Nr. NG 698. Piero di Cosimo war ein Florentiner Maler, der Gestalten aus der Bibel und eine Reihe mythologischer Szenen malte. Das Sujet dieses Bildes ist unbekannt, wahrscheinlich handelt es sich um irgendein Gedicht aus der Renaissance. Es scheint, dass es sich um die erste Abbildung einer Tracheotomie handelt. Der Maler war ein Zeitgenosse Leonardos, und wie alle Künstler dieser Zeit war er sicher mit der Anatomie vertraut; zur selben Zeit führte Brasavola die erste dokumentierte Tracheotomie durch. Die Wunde am Hals sieht wie ein kurzer vertikaler Schnitt aus, aus dem das Blut nach unten auf die Brust gelaufen ist, wie man bei der damals üblichen, in sitzender Position vorgenommenen Tracheotomie erwarten kann. Der Hintergrund deutet an, dass es sich um einen Ertrinkungsfall gehandelt haben kann, und di Cosimo stellte die Tracheotomie wohl als Versuch einer Wiederbelebung mit der Absicht dar, der Szene Realismus zu verleihen. Zufällig (?) legte er die Patientin dann genau in die Position, wie Rettungskräfte heute einen bewusstlosen Patienten lagern.

rardus Carmonensis, 1555) wahrscheinlich die erste Beschreibung der Kehlkopfintubation vor: „Et quandoque intromittitur in gutture cannula facta de auro, aut argento aut similibus ambobus, adjuvando at inspirandum“ („Wenn nötig, wird eine Kanüle aus Gold, Silber oder einem anderen geeigneten Material in die Kehle eingeführt, um das Einatmen zu erleichtern“). Avenzoar (1091–1162) probierte die Tracheotomie experimentell bei Ziegen aus.

In der Renaissance war die Tracheotomie bereits besser dokumentiert (Abb. 532 und 533), neben Vesalius wurde diese beispielsweise von Paré, Fabricius und Casserius empfohlen.^{9,10} Antonio Musa Brasavola (ca. 1500–1555) aus Ferrara, der Lehrer von Falloppius, führte 1546 die erste erfolgreiche Tracheotomie durch und beschrieb diese. Sanctorius Sanctorius (1561–1636, s. Abb. 111) verwendete dazu erstmalig einen Trokar mit einer Kanüle, die drei Tage an der Stelle belassen wurde.^{6,11,12}

Nicolas Habicot (1550–1624) aus Paris postulierte 1620 in der Monografie *Question Chirurgicale*, dass „ein Chirurg zweifellos eine Bronchotomie praktizieren sollte, die vulgär als Laryngotomie oder Perforation der Lungenpfeife bezeichnet wird“ (Abb. 534). Er dokumentierte dies u. a. mit der Kasuistik einer 25-jährigen Frau, die eine Schussverletzung im Kehlkopfbereich erlitt: „Die Schwellung dauerte an und hätte zum Tod durch Ersti-

cken geführt, wenn nicht eine kleine Bleiröhre in die Luftröhre eingeführt worden wäre, über die die Frau atmen konnte. Die Kanüle blieb dort drei Tage, und die

Abb. 533
Die Initiale „Q“ aus Vesalius' *Fabrica*, 1543, Darstellung einer Tracheotomie für die Einführung eines Schilfrohrs vor einem Vivisektionsversuch bei einem Schwein



schlusses mit Hilfe eines Perikards oder eines Tampons aus Fettgewebe in Form eines Pilzes (Abb. 596). Zur selben Zeit verschlossen auch Russell C. Brock, Charles Bailey in Philadelphia¹⁰⁶ und Tyge Sondergaard in Aarhus Vorhofseptumdefekte, jeder blind mit seiner eigenen Technik, mit geringer Sterblichkeit.^{74,80} Die Erfahrungen mit all diesen indirekten Techniken zeigten jedoch, dass die Operationen am geschlossenen Herzen keinen vollständigen Verschluss größerer Defekte sicherstellen konnten. Man musste direkt im Herzen operieren.

Den ersten Schritt dazu machte Robert Gross. Im Jahre 1952 beschrieb er die halboffene Technik des sogenannten Vorhofbrunnens (Abb. 597), bei der er den relativ niedrigen Druck in den Vorhöfen nutzte. Er operierte heparinisierte Patienten durch einen Gummitrichter, der auf die Inzision des abgeklemmten Teils der Vorhofwand aufgenäht wurde. Wenn er die Klemme öffnete, trat das Blut in den Trichter aus. Durch diesen Pool von Blut konnte er unter digitaler Kontrolle (blind) den Defekt durch eine direkte Suture oder Aufnähen eines Pflasters verschließen.¹⁰⁷ Es handelte sich um die erste tatsächlich physiologische Herangehensweise an die Korrektur, die Operation erforderte aber einen sehr geschickten Chirurgen. Im Jahre 1955 referierte John W. Kirklin aus der Mayo Clinic in Rochester bereits über 29 erfolgreich operierte Fälle.⁸⁰ Die Technik war jedoch für den Zeigefinger des Chirurgen traumatisierend – die einzige Möglichkeit, sich zu überzeugen, dass die Suture richtig saß, bestand darin, die Na-

del gegen den Finger zu stoßen. Für kompliziertere Operationen war diese Technik unzureichend. Die weitere Entwicklung der Kardiochirurgie wurde dadurch behindert, dass es nicht möglich war, am offenen, blutleeren, unbeweglichen Herzen unter direkter Blickkontrolle zu arbeiten – es war notwendig, eine Methode zu entwickeln, wie man den Blutfluss während der Operation im Inneren des Herzens unterbrechen konnte (d. h. man musste das Herz aus dem Kreislauf ausschließen), und die erste Methode zu diesem Zweck war die Hypothermie.

Die Methode der Hypothermie wurde von **Wilfred G. Bigelow** (1913–2005) aus Toronto nach mehr als zehn Jahre dauernden Experimenten an Murmeltieren und Hunden ausgearbeitet. Bigelow bewies, dass es bei Senkung der Körpertemperatur auf 28 °C infolge der Drosselung des Stoffwechsels möglich ist, den Kreislauf durch Abklemmen der Hohlvenen für 6–8 Minuten zu unterbrechen, ohne dass die gegen Sauerstoffentzug besonders empfindliche Hirnsubstanz geschädigt würde.¹⁰⁸ Im September 1952 operierte **F. John Lewis** (1916–1993) in Minnesota ein fünfjähriges Mädchen mit Vorhofseptumdefekt – die Körpertemperatur wurde auf 28 °C abgesenkt, und die Zeit der Inflow-Okklusion betrug fünfzehn Minuten.^{80,82,109} Es war die erste Operation am offenen Herzen unter direkter Sichtkontrolle, und sie eröffnete die Ära der Chirurgie am offenen Herzen (s. Kapitel zur Kardiochirurgie). Bald folgten Operationen einer isolierten angeborenen Stenose der Lungen- bzw. der Aortenklappe.

Die Hypothermie hatte jedoch als einzige Methode für die Chirurgie am offenen Herzen ein kurzes Leben. Nur wenige Chirurgen hatten genügend Mut und technisches Geschick, um sich mit 6–8 Minuten für eine intrakardiale Operation zu begnügen. Zu einer Wende kam es mit der Ausarbeitung der Technologie des extrakorporalen Kreislaufs, die von **John H. Gibbon** (1903–1973) im Mai 1953 in Philadelphia erstmals erfolgreich angewendet wurde, und zwar beim Operieren eines Vorhofseptumdefekts bei einem 18-jährigen Mädchen. Die Dauer des partiellen kardiopulmonalen Bypasses betrug 45 Minuten, des vollständigen 26 Minuten.^{80,110–112}

Nach einer kurzen Zwischenzeit von Operationen mit gekreuzter Zirkulation¹¹³ verbesserte sich die Technologie der Herz-Lungen-Maschine (s. Kapitel zur Kardiochirurgie) derart, dass es ab Mitte der fünfziger Jahre möglich war, auch komplexe Herzfehler zu korrigieren; die Fallot'sche Tetralogie war die erste komplexe angeborene Fehlbildung, bei der von Lillehei (s. Abb. 448) im Jahre 1954

Abb. 595
Die Methode der Invagination der Vorhofohren mit Hilfe von Plastikknöpfen nach Henry Swan, übernommen aus Bailey CP et al., *J Thorac Surg* 1953;26:184–219

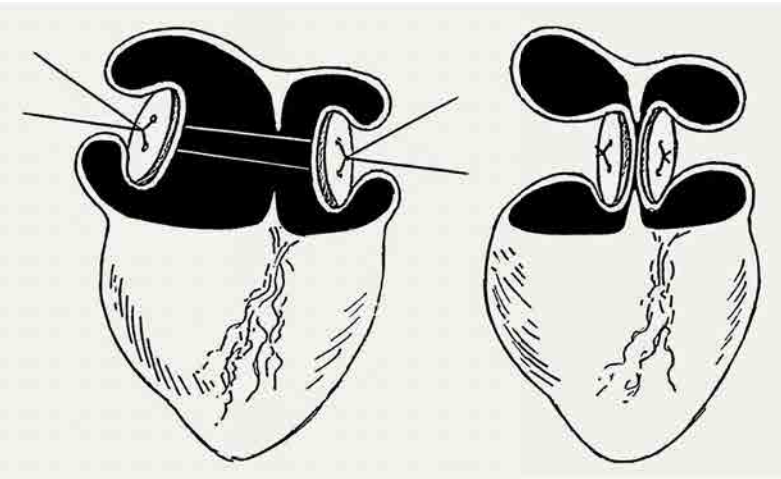
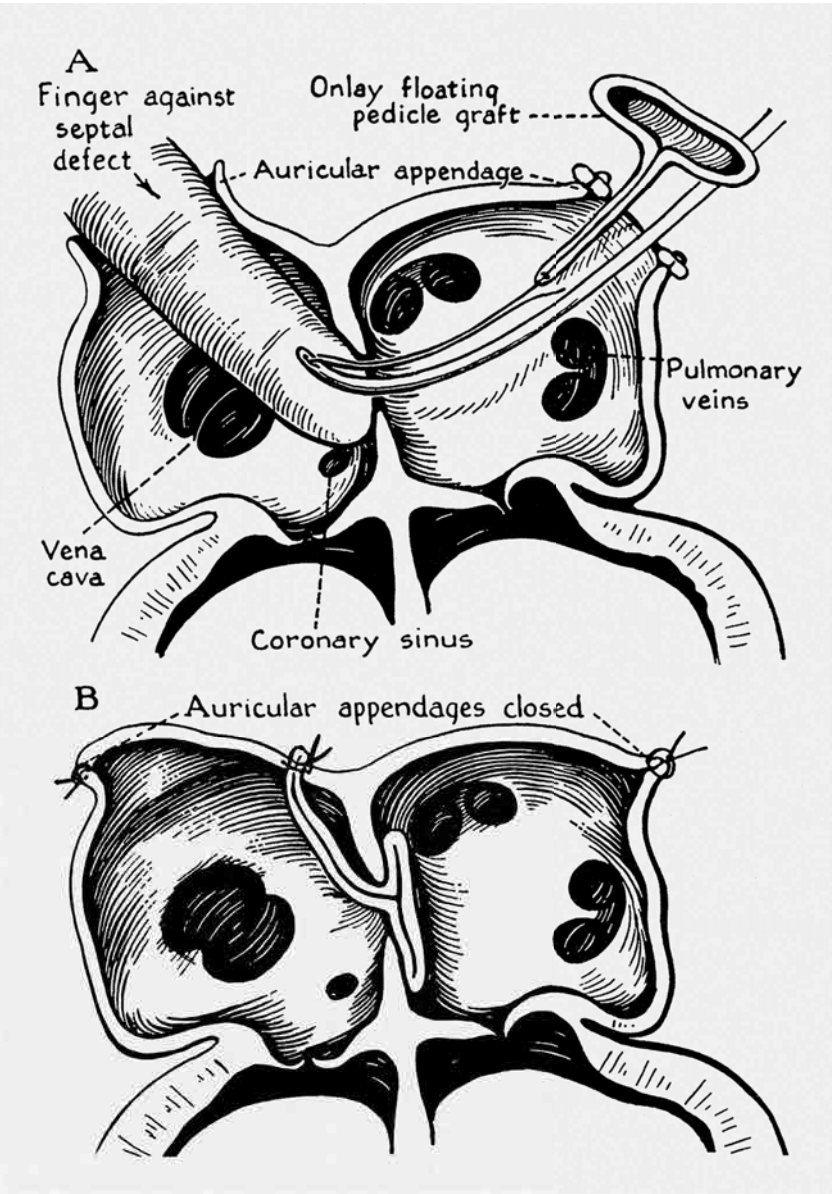


Abb. 596
K. Alvin Merendino erarbeitete 1951 eine Methode zum Verschluss des Defekts mit Hilfe eines perikardialen Stielgrafts (aus: *Surg Forum* 1951;2:199-2049). Oben: Der Zeigefinger wird durch das rechte Ohr eingeführt und dringt auf den Defekt. Die Sonde wird durch das linke Ohr eingeführt, bis sie auf das Fingerende trifft. Unten: Der Stiel des perikardialen Grafts wird so durch den Defekt gezogen, dass der Graft dicht am Defekt anliegt. Der Stiel wird an die Wand des rechten Vorhofs angenäht, die Schnitte in beiden Ohren werden vernäht. Merendino arbeitete an der University of Washington in Seattle, während des Vietnamkrieges organisierte er die chirurgische Versorgung in Saigon und war am Ende seiner Karriere Chef des chirurgischen Forschungszentrums im saudischen Riad.



eine komplette Korrektur am offenen Herzen vorgenommen wurde.¹¹³ Bereits 1957 beschrieben Cooley und Och-sner die erste vollständige Korrektur einer totalen Lungen-venenfehlkonnektion unter Verwendung der Herz-Lungen-Maschine. Mit extrakorporalem Kreislauf wurden anfangs nur angeborene Fehler bei Kindern operiert, die mindestens 20 kg wiegen mussten, was aus heutiger Sicht zu spät ist. Bei kleineren Kindern blieb nichts weiter übrig, als den in der Regel tristen Verlauf der Krankheit mit anzuschauen, der recht schnell mit dem Tode oder einer fortschreitenden Lungenhypertonie endete.

Den weiteren Fortschritt verlangsamte das häufige Auftreten einer atrioventrikulären Blockade nach den Opera-

tionen eines Kammerseptumdefektes, dies stimulierte jedoch das Studium der Architektur des Überleitungssystems bei angeborenen Fehlbildungen. In Chicago befasste sich mit diesem Problem der pathologische Anatom Maurice Lev;¹¹⁴ seine Arbeiten hatten für die Kardiochirurgen enormen Wert und führten zu einer deutlichen Senkung des Auftretens dieser Blockaden nach Operationen. Trotzdem war über die gesamten sechziger und die Hälfte der siebziger Jahre die Operationssterblichkeit bei den meisten Fehlbildungen recht hoch. So lag beispielsweise beim isolierten Kammerseptumdefekt die Mortalität bei pulmonalem Banding bei 20 % und bei einer Korrektur bei 27 %; das empfohlene Alter für die Operation war 2–5 Jahre.⁸²

unterlag der Versuchung des schnellen Ruhms und lieferte Cooley, ohne DeBakey zu informieren, drei Exemplare (Abb. 635). Das erste von ihnen implantierte Cooley im April 1969 (Abb. 636), DeBakey erfuhr aus der Presse davon.⁴² Cooley, der keine Zustimmung der Behörden zu solcher Operation hatte, versuchte sich damit zu rechtfertigen, dass es sich um eine außerordentlich dringende Situation gehandelt habe; bei dem Patienten habe nach einer Aneurysmektomie der linken Kammer der Rest des Herzens versagt, und so sei Cooley nichts anderes übrig geblieben, als ein Kunstherz zu implantieren, ehe ein menschliches Spenderherz zur Verfügung stehen würde. Der Patient erhielt tatsächlich nach 64 Stunden das Herz einer jungen Frau, die Leukozytenzahl sank bei ihm jedoch infolge der Immunsuppressivbehandlung, mit der bei der Implantation des Kunstherzens begonnen worden war, auf 2000/mm³ und er starb 32 Stunden nach der Transplantation an einer Sepsis.^{169,171,175} Dieser Fall bestätigte, dass die Pumpe Patienten unterstützen kann, bis ein Spenderherz zur Verfügung steht; angesichts des Mangels an damals erhältlichen Immunsuppressiva machte jedoch die mikrobielle Kontamination, zu der es bei der Implantation des Gerätes kam, den Patienten sehr anfällig für eine Sepsis nach der Transplantation. Die wirksame Nutzung der sogenannten bridge-to-transplant-Technologie musste also auf eine weitere Verbesserung der Im-

munsuppression warten. Kongressmann Fogarthy starb im selben Jahr, Senator Hill zog sich aus der Politik zurück, Geld floss weniger und langsamer, und so kehrte das Kunstherz in die Labors zurück. Aus historischer Sicht müssen hier die Kunstherz-Experimente von Professor J. Vašků in Brünn (in den siebziger und achtziger Jahren) erwähnt werden, die auf internationales Echo stießen.^{176,177}

In den siebziger Jahren entwickelte in Salt Lake City bei Willem Kolff der junge Robert K. Jarvik ein Gerät zur Unterstützung der linken Kammer, zuerst nur zu einer kurzen postoperativen Unterstützung oder zur Überbrückung der Zeit bis zur Transplantation.⁹⁷ Das erste totale Kunstherz Jarvik-7 (Abb. 637) als sogenannte Destinationstherapie implantierte dort 1982 William DeVries (der Patient überlebte 112 Tage);¹⁷⁸ bis 1991 wurden 198 dieser Geräte implantiert.⁴² Jarvik-7 war ein pneumatisch angetriebenes, pulsatile biventrikuläres Gerät. Beide sphärische Kammern aus Polyurethan waren mit nativen Vorhöfen verbunden. In jeder Kammer waren die Hohlräume für Luft und Blut durch eine flexible Polyurethanmembran voneinander getrennt. Kippdeckelklappen (Medtronic-Hall) in Einfluss- und Ausflusskonduiten gewährleisteten den Fluss in einer Richtung. Die Röhren des pneumatischen Antriebs führten aus dem Brustkorb heraus und waren mit einer externen Konsole verbunden.

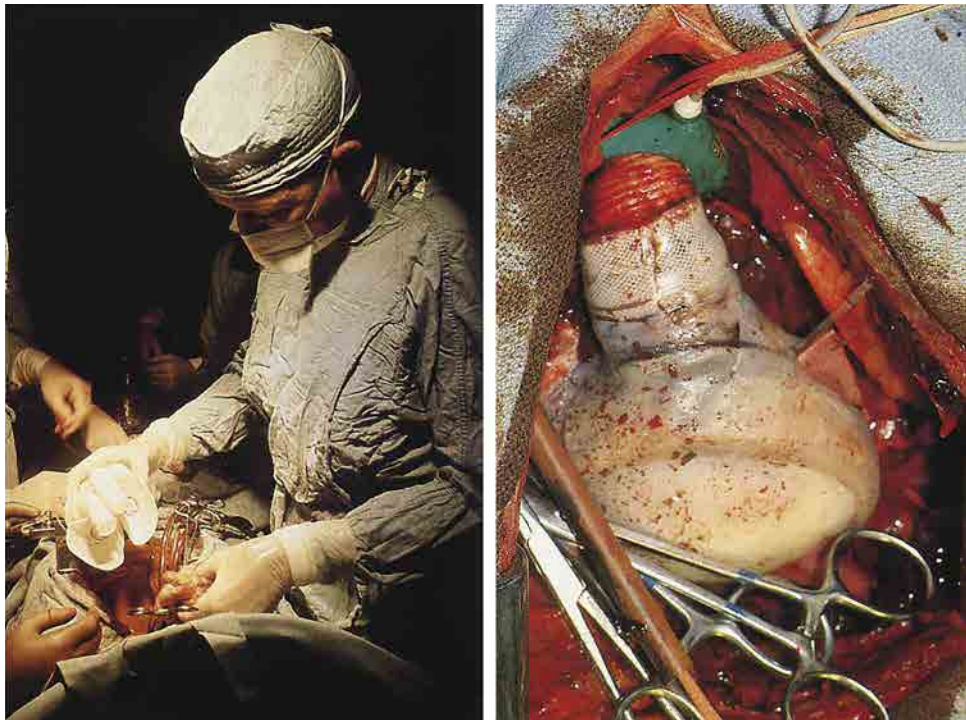
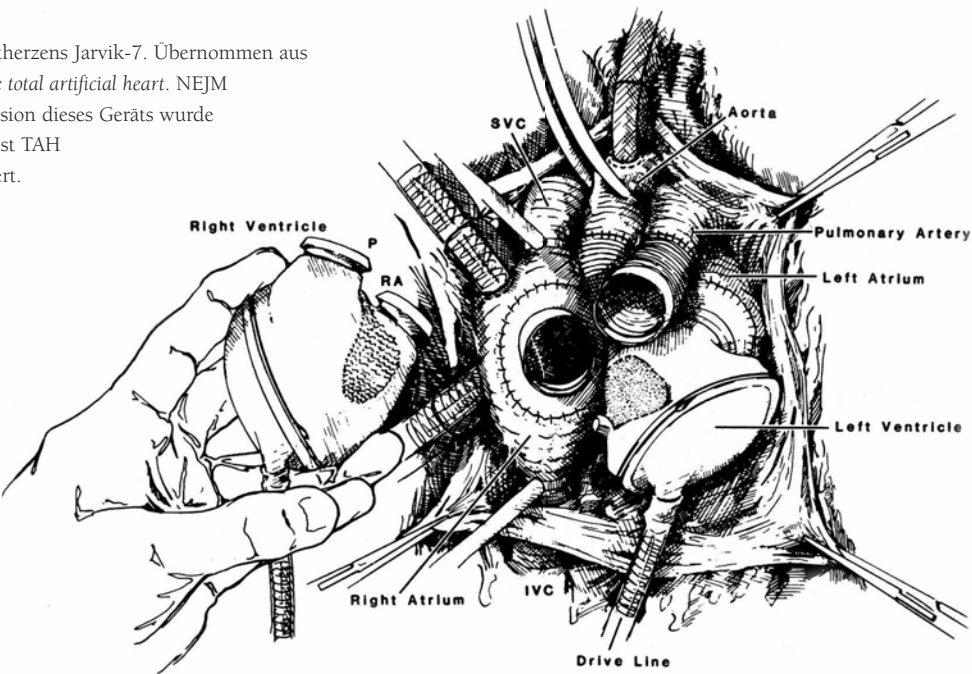


Abb. 636
Denton Cooley bei der Implantation des ersten Kunstherzen im April 1969. Die nächsten 12 Jahre nach dieser Operation wurde kein Kunstherz mehr implantiert. DeBakey und Cooley sprachen ab 1969 fast 40 Jahre lang nicht mehr miteinander, bis zu ihrer Versöhnung im Jahre 2007, als ihn Cooley öffentlich um Verzeihung bat.

Abb. 637
Schema der Implantation des Kunstherzens Jarvik-7. Übernommen aus DeVries WC et al.: *Clinical use of the total artificial heart*. NEJM 1984;310:273. Eine verbesserte Version dieses Geräts wurde später unter dem Namen CardioWest TAH (SynCardia Systems, Inc.) implantiert.



In einer verbesserten Form wurde dieses Gerät ab 1993 unter der Bezeichnung CardioWest implantiert.¹⁷¹ Auch die weiteren anfänglichen Systeme waren groß und wurden pneumatisch oder hydraulisch von einer äußeren Quelle angetrieben, die transkutan über eine Reihe von Drähten und Röhren an den Patienten angeschlossen war. Das führte zu vielen Infektionskomplikationen. Im Jahre 2006 genehmigte die FDA zur klinischen Nutzung das erste völlig implantierbare Kunstherz (AbioCor, Abb. 638), auch wenn alle 14 Patienten, die das Gerät im Rahmen der klinischen Tests erhalten hatten, im Durchschnitt 5 Monate nach der Implantation starben.¹⁷¹

Das Kunstherz (TAH, „total artificial heart“) unterscheidet sich vom Links- oder Rechtsherzunterstützungssystem dadurch, dass das native Herz komplett entfernt und durch ein mechanisches Herz ersetzt wird. Trotz der Fortschritte in der Entwicklung eines ganzen Kunstherzens sind heute Geräte zur Unterstützung einer Kammer (VAD, „ventricular assist device“), die an das native Herz angeschlossen sind und das Blut aus der linken Kammer in die Aorta oder aus der rechten Kammer in die Pulmonalarterie pumpen, am meisten verbreitet. Man lernte, dass nicht in jedem Fall ein biventrikulärer Herzersatz notwendig ist, sondern meistens eine linksventrikuläre Unterstützung

Abb. 638
Erstes voll implantierbares Kunstherz (TAH – total artificial heart) AbioCor, erstmals implantiert in 2001, TET = transcutaneous energy transfer

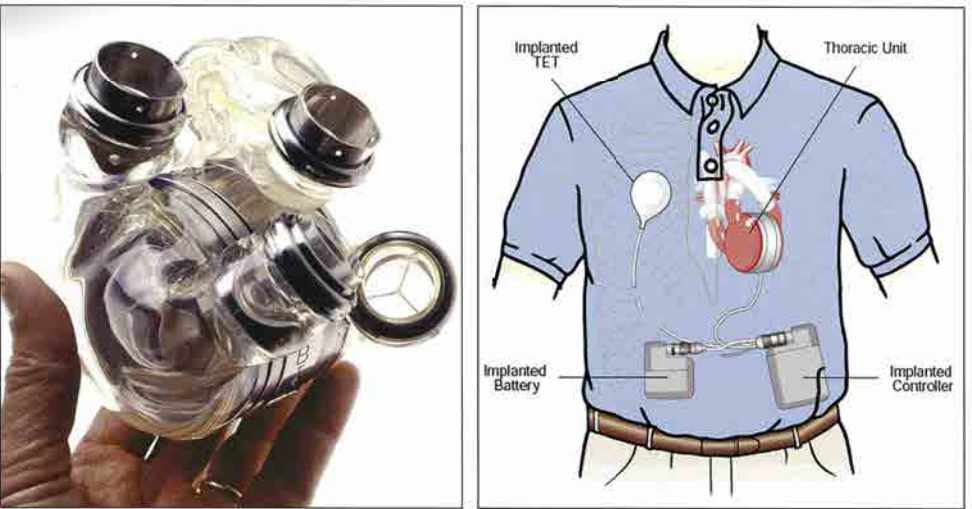




Abb. 655

Hendrick Goltzius (Niederlande, 1558–1617), Stich aus dem Jahre 1578, 24 x 18 cm, Christus als Arzt begutachtet den Inhalt des menschlichen Herzens (er diagnostiziert es gefüllt mit einem Keiler und einem Frosch, die Sünden symbolisieren) und behandelt eine kranke Frau mit heiligem Blut und Wasser aus der Wunde in seiner Seite. Die Bilder im Rahmen veranschaulichen weitere therapeutische Erfolge Christi (Heilung eines Leprakranken, eines Gelähmten, eines Kranken mit Wassersucht und des toten Lazarus). Die Person des Kyrios Christos, des Christus Medicus, der uns als Heiland aus allen Unheilzuständen (sozial, wirtschaftlich, körperlich) befreien soll, liegt in der Traditionslinie gottbezogener Heilkunde (sogenannte theurgische Medizin). Kennzeichnend für ein theurgisches Medizinkonzept ist die Annahme, dass Krankheit und Gesundheit göttlichem Einfluss unterliegen. Praktische Umsetzung theurgischer Medizin erfolgt durch kultische Handlungen an gottgeweihten Stätten (altägyptische Imhotep-Tempel, altgriechische Asklepios-Tempel, christliche Kirchen).

Frankenreiches nicht zustande. Die machen mit trockenem Herzen und aufgeblasenen Backen (*buccis afflatis*) nur ein großes dialektisches Geschrei und verlieren sich in rhetorischen Spitzfindigkeiten. Diese gottselige Frau aber, sie betont nur das Wichtige. Sie schöpft aus ihrer inneren Fülle und gießt sie aus“.

Hildegards Zeitgenosse in Frankreich, der charismatische Zisterzienser hl. Bernhard von Clairvaux (1090–1153, Abb. 656), „der Mönch, der das Abendland lenkte“ und *doctor mellifluus* (honigfließender, d. h. süßer Lehrer), der einst den Traum hatte, dass er aus der Brust der Jungfrau Maria Milch trank (Abb. 657), schrieb über „das süße Herz Jesu“: „Durch die Wunde im Herzen sehe ich sein Geheimnis“. Bernhards Predigten handelten im Grunde nur von der Liebe, *caritas*. Um Liebe geben und empfangen zu können, legt Bernhard mehr Nachdruck auf die persönliche Einfühlsamkeit (*affectus*) als auf intellektuelle Erkenntnis. In seiner Abhandlung *De diligendo Deo* schreibt er: „Amor est affectio naturalis“. Die Liebe wird vor allem im Herzen, dem Sitz der Seele, verspürt. Augustinus’ *cor inquietum* wird bei Bernhard durch die Sicherheit beruhigt, dass seine Glut von Gott stammt. Für Bernhard ist es ausgeschlossen, dass ein Mensch mit kaltem Herzen, der nicht lieben kann, Gottes Worte versteht.^{7,11} Bernhard kündigt in seinen Traktaten von jener Herzenserneuerung, die das Menschenherz aus seinem erbärmlichen Irren, aus seiner Verengung (*contractio cordis*) und aus dem Bereich der Unebenbildlichkeit (*regio dissimilitudinis*) befreit. Erst im gewandelten Herzen kann Gott wohnen und gleichzeitig dem Menschen zuteilwerden lassen, in „seinem Herzen“ (*in corde Dei*) zu wohnen. In die *tabulae cordis*, die nach der Wiedergeburt „nicht mehr steinernen, sondern fleischernen Tafeln des Herzens“, kann der Heilige Geist mit dem Finger Gottes sein verheißungsvolles Gesetz eingravieren.

Der Zisterzienser William aus Saint-Thierry (1085–1148) übersetzte Bernhards Überlegungen in ein verständlicheres Gebet: „Die Schätze deines Ruhms, Herr, waren in deinem Himmel versteckt. Als aber dein Sohn, unser Herr und Retter, am Kreuz hing, öffnete ein Soldat mit der Lanze seine Seite und die Sakramente unserer Erlösung rannen als Blut und Wasser daraus hervor. Nun legen wir nicht nur den Finger und die Hand in seine Seite, wie es Thomas tat. Wir treten durch das offene Tor in den Schrein seiner Seele, wo die völlige Ganzheit Gottes sitzt und all unser Trost und unsere Rettung. Herr, öffne die Tore der Arche und lass die Auserwählten eintreten. Öffne die Türen seines Leibs, auf dass alle eintreten können, die



Abb. 656

Hl. Bernhard von Clairvaux mit den Leidenswerkzeugen Christi und dem flammenden Herzen am Kreuz, rechts vom Portal der ehemaligen Zisterzienserklosterkirche in Aldersbach, Niederbayern

sich nach dem Geheimnis deines Sohnes sehnen. Und lass sie aus deinem versteckten Brunnen trinken.“ Die Wunde in Christi Seite wurde so zum Eingangstor zu seinem Herzen und zu seiner ewigen Liebe; Christus hat wortwörtlich „mit offenem Herzen“ aufgerufen, einzutreten.

Der hl. Franz von Assisi (1181–1226) betete in seinen inständigen Bitten um Stigmatisierung unter anderem wie folgt: „Möge mein Herz durchbohrt werden, o Jesus, durch die gleiche Speerspitze, die dein Herz durchstach!“ Schließlich traten im Jahre 1224 die Stigmata auf, auf seiner Brust und an seinen Extremitäten. Thomas aus Celano erzählt, wie der hl. Franz in der kleinen Kirche San Damiano das Kreuz zuerst in sein „Herz“ presste und sich später das Kreuz in Form von Stigmata auch an seinem „Körper“ äußerte. Der General des Franziskanerordens,

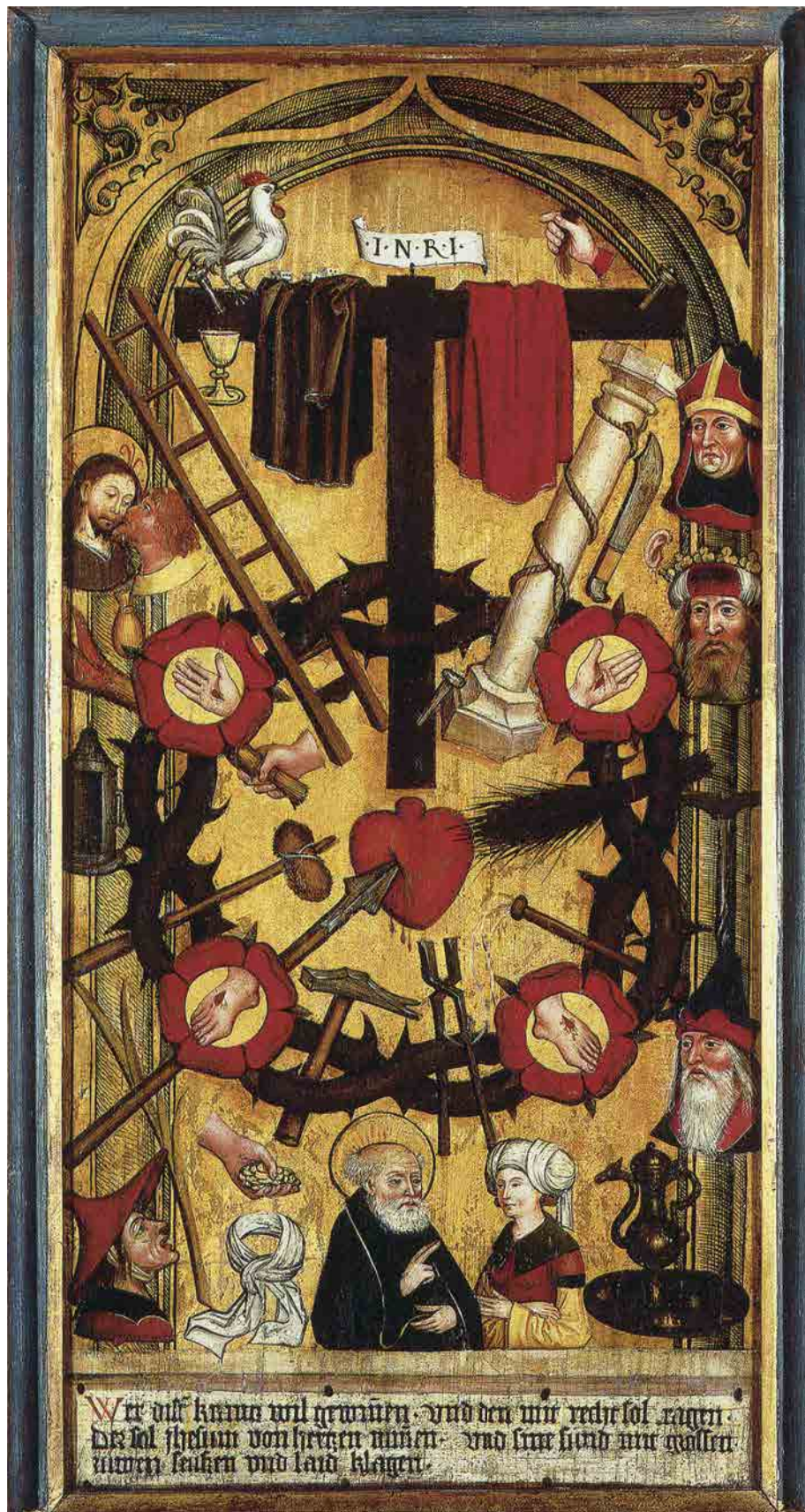


Abb. 664
Leidenswerkzeuge Christi, Lindenholz, rechter Flügel des Altars aus der Kartause in Buxheim, um 1510, Ulmer Museum, Inv.-Nr. 1922.5109. Das durchbohrte Herz ist hier ein Symbol der göttlichen Liebe und des Blutes, das der Gekreuzigte zur Rettung der Menschheit vergossen hat. Der Hahn am Kreuz erinnert an die Verleugnung Jesu durch Petrus. Rechts unten ist eine Kanne mit Wasser dargestellt, mit der sich Pilatus die Hände wusch. Inschrift: „Wer diesen Krantz will gewinnen und den mit recht sol tragen der sol jhesum von hertzen minnen und sine sünd mit grossen rüwen seuffzen und laid klagen“.

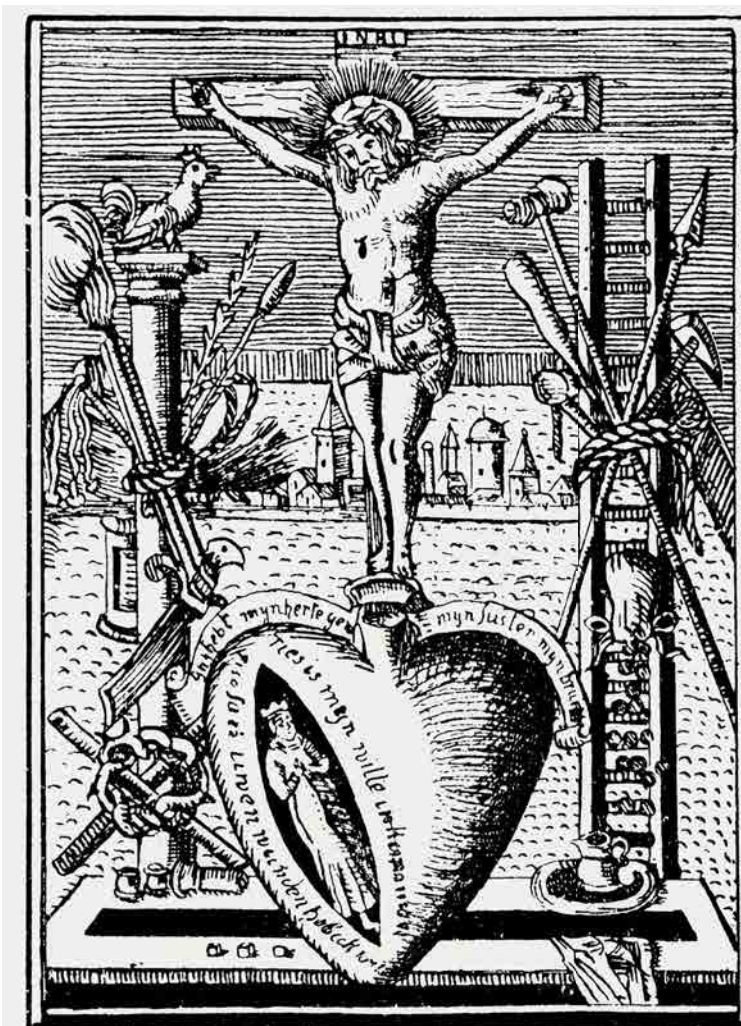


Abb. 665
Das Herz mit Christus am Kreuz und den arma Christi als Beweisgegenstände seines Martyriums und seiner Opferung, die beim (jüngsten) Gericht im Beweisverfahren zum Tragen kommen werden, Holzschnitt aus dem Geistlichen Blumenkranz, 1658

zwischen den Flügeln, die das Herz levitieren. Dies spielt an auf die uralte Deutung des Herzens Jesu als Urquell des Altarsakraments – und auch auf die damit gebotene Vereinigung des menschlichen mit dem göttlichen Herzen. Schon Albertus Magnus betonte in einer Schrift über die Eucharistie: „Das Herz des Herrn, das ganz und gar Gnade ist, in dem die Seele und die Gottheit wohnt, ist die goldene Bundeslade. Darin ist das Manna der Gnade enthalten, die uns die Eucharistie spendet“.

Ein weiteres Motiv des 15. Jahrhunderts war das Herz als Haus. Eine Nonne, deren Name nicht erhalten geblieben ist, schuf eine Serie von bezaubernden Bildern des

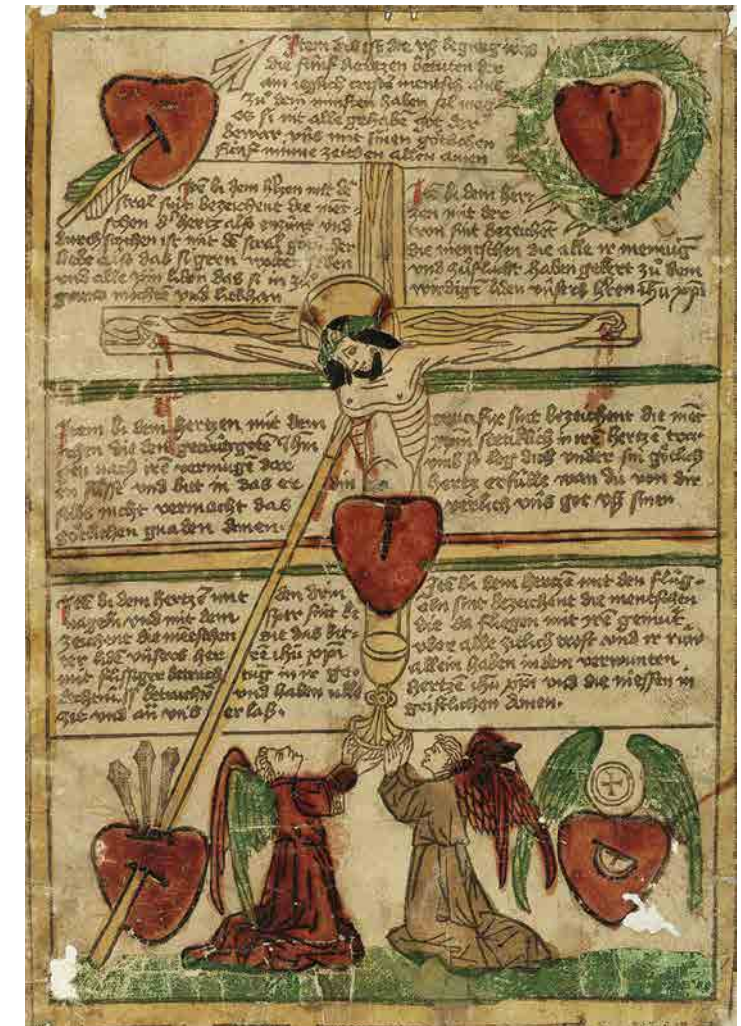


Abb. 666
Die fünf Herzen göttlicher Minne und der Gekreuzigte: Das liebende, leidende, verwundete und eucharistische Herz Jesu, deutsch, Holzschnitt, koloriert, 29 x 20 cm, bpk/Kupferstichkabinett, Staatliche Museen zu Berlin, Inv.-Nr. 124-1

Herzens Christi als Haus (Abb. 667). In einem sitzt sie selbst bei Christus auf seinem Knie; auf dem anderen Knie sitzt der Heilige Geist, umarmt werden alle von Gottvater. Die Aorta ist der Schornstein, auf dem das Lamm Gottes sitzt, am Himmel schwebt die biblische Gruppe der 144 000 Jungfrauen, angeführt von der hl. Walburga. Die Tür ist von großer Bedeutung – sie stellt die Wunde dar, durch die die Liebe Gottes eintreten und wieder gehen kann. Die Tür ist verschlossen, und bei ihr angeleint ist ein kleiner Hund, der christliche Kerberos, der unter der Treppe versteckt ist – er stellt die Furcht vor Gott dar. Nicht jeder kann dieses Haus betreten.

nicht zu viel Begründungen, um keine rationalistischen Einwände aufkommen zu lassen, unmittelbarer Appell an das Gefühl, an Liebe und Mitleid. Das Herz Jesu sprach, im wahrsten Sinne des Wortes, von Herz zu Herz. Um diese Sprache zu verstehen, brauchte man kein Visionär zu sein; man musste nur Assoziationen wecken, die sich seit langem mit den Vorstellungen über das Herz verbanden und sie aus der weltlichen in die religiöse Ebene verpflanzen. *Mundus vult decipi, ergo decipitur* (Die Welt will betrogen sein, also soll sie betrogen werden – angeblich Ausspruch des Legaten Caraffa, später Papst Paul IV.).

Die Zentrale in Rom und das Episkopat verfolgten dies zunächst mit Argwohn – den Oberen erschien dieser Laienkult der „Organanbetung“ zu barock, zu irrational und wahrscheinlich auch zu weiblich. Weiterhin wider-

sprach die Verehrung des von der Person isolierten Herzens der herrschenden Auffassung von der gott-menschlichen Einheit Jesu und der Anwesenheit der Seele im ganzen Körper. Außerdem war das Herz auch durch seine sinnlichen Leidenschaften und Laster kompromittiert. Das Hauptproblem aber war, dass die mystische Vereinigung der Menschen mit Gott, wie sie in den Visionen der Marguerite-Marie zum Ausdruck kam, zu einem gefährlichen Umgehen der kirchlichen Instanzen führen konnte. Wenn die Menschen und Gott so leicht zusammenfinden, wozu braucht man dann noch die Kirche? Die Worte der Marguerite-Marie, dass das Herz wie ein „second médiateur“, wie ein zweiter Mittler, zwischen Gott und Menschen wirke, erweckte bei den Sachver-

Abb. 679

In sentimentaler Manier dargestelltes brennendes Herz Christi als Ausdruck brennender Liebe, häufige Art und Weise der Darstellung im 18. und 19. Jahrhundert auf der ganzen Welt



Abb. 680

José de Páez (1720–1790): Die hl. Ignatius Loyola und Aloysius Gonzaga beten das heilige Herz Jesu an. Die Jesuiten verehrten dieses Herz als Symbol der göttlichen Liebe, des Leides und der Erlösung, wie dieses Bild zeigt. Es ist schon paradox, dass es in Mexiko gemalt wurde, wo in Jesus Name das Blut in Strömen floss.

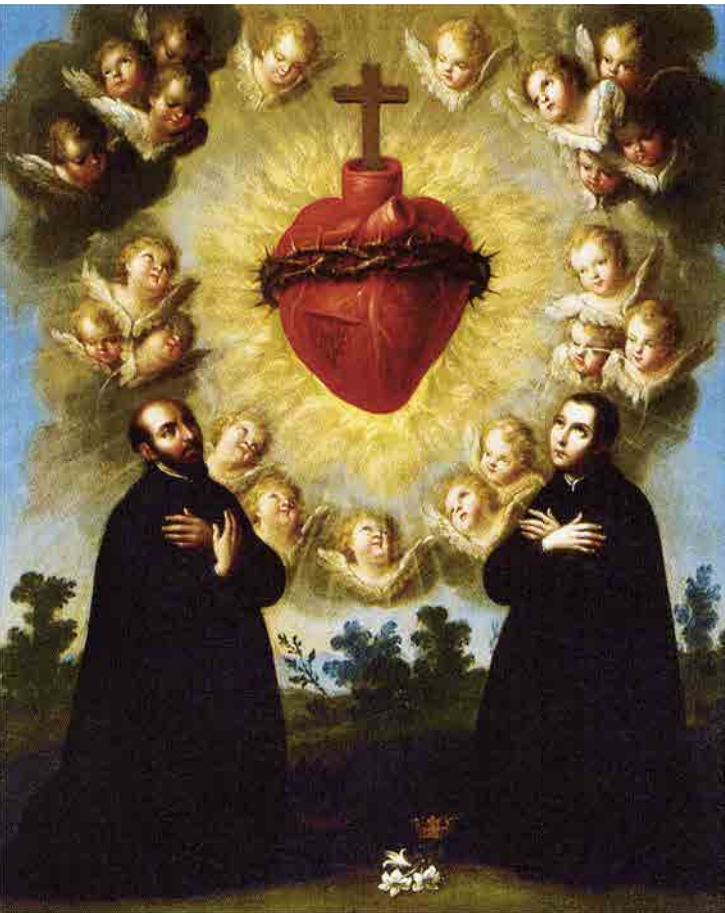


Abb. 681

Die vier (damals bekannten) Erdteile huldigen dem Herzen Jesu und bieten ihm ihrerseits ihre Herzen dar, Zentrum des Kuppelfreskos von Johann G. Bergmüller, 1722, Klosterkirche Notre Dame de Sacre Coeur, Bischofsstadt Eichstätt, Bayern



ständigen im Vatikan Besorgnisse, dass durch den Herzkult Abweichungen vom rechten Glauben entstehen könnten. Die ersten, bereits um die Wende zum 18. Jahrhundert erschienenen Bücher über Herz-Jesu-Verehrung (vor allem das 1691 erschienene einflussreiche Werk des französischen Jesuiten Jean Croiset) landeten auf dem Index (librorum prohibitorum) und blieben dort bis 1887.

Ein weiterer ernster Gegner des ganzen Kultes waren die radikal asketischen Jansenisten. Nachdem darüber hinaus der Jesuitenorden auf Druck der aufgeklärten absolutistischen Herrscher von Portugal, Frankreich, Spanien und Österreich aufgelöst worden war, wurde auch die Herz-Jesu-Verehrung, die eng mit diesem Orden verbunden war, vorübergehend verboten. Bis zur Akzeptanz der Herz-Jesu-Verehrung sollten noch fast einhundert Jahre vergehen – erst 1765 (als Haller die *Elementa physiologiae* veröffentlichte) gestand Klement XIII. unter dem Druck von 140 polnischen Bischöfen dem „heiligen Herzen“ in Polen einen eigenen Gedenktag zu.⁴ Ein Jahr zu-

vor hatte Ignaz Bonschab, Rektor des Jesuitenkollegs in Augsburg, ein Lehrbuch mit dem Titel *Praktische Verehrung des Herzen Jesu* veröffentlicht.

Seit dieser Zeit ist das Herz Jesu auf unzähligen Altaraufsätzen, Gemälden, Buchillustrationen und Halsanhängern zu sehen (Abb. 679 bis 683), häufig in Verbindung mit dem unbefleckten Herzen Mariä. Diese spezifische Form der Verehrung der Gottesmutter entwickelte sich parallel zum Herz-Jesu-Kult. Als Lukas sein Evangelium schrieb, war das Herz, unter dem Maria ihr Kind trug, das Herz, in dem sie auch die Worte der Hirten und alle Worte und Taten Jesu bewahrte (Lukas 2, 18–19, 51). Die Kirchenväter (die hl. Augustinus, Leo der Große, Johannes Chrysostomus, Petrus Chrysologus, Johannes von Damaskus, Ephraem und Irenäus von Lyon) verstanden unter dem Begriff „unbeflecktes Herz“ den höchsten Teil der Seele und den Ort des Nachsinnens, weil der Heilige Geist doch die Worte „Ich schliefe, aber mein Herz war wach“ (Hohelied 5, 2) in den Mund der seligen Jungfrau Maria gelegt hatte.¹⁰ Augustinus sagt



Abb. 728

Deckel eines Minnenkästchens, Oberrhein, Buchenholz, Ende 14. Jahrhundert, Kunstgewerbemuseum, Staatliche Museen zu Berlin, Inv.-Nr. K 2794. Frau Liebe sitzt herrschsüchtig auf einem bezwungenen Geliebten, dessen Herz bereits von einer Helferin festgehalten wird. Ähnliche Schreine (sogenannte Brautschachteln) dienten zur Aufbewahrung von Brauthauben und -schmuck.



Abb. 729

Deckel eines Minnekästchens aus dem Elsass, um 1400, Museum für angewandte Kunst, Köln, Inv.-Nr. A 583. Links raubt die Dame das Herz ihres jungen Anbeters aus der Brust, in der Mitte hämmert sie es sich zurecht und auf dem Spruchband protokolliert sie: „die.mach.ich.noch (nach).mime.sin“. Rechts reitet ein wilder Mann auf einem Hirsch.

mit der christlichen Moral. Hier holte die körperliche Leidenschaft, die Augustinus viele hundert Jahre zuvor für immer verdammen wollte, alles Versäumte nach. Love was in the air. In den höfischen Gedichten hört das Herz auf zu schlagen, wenn die Liebe endet oder diese verhindert wird, wozu es oft durch Missverständnisse, Intrigen, Betrug oder gesellschaftliche Konventionen kommt, die den Liebenden im Weg stehen. Dem liebenden Herzen ist alles erlaubt: Betrug, die Zerstörung einer Ehe und auch Mord. Je größer das Hindernis, desto größer die Passion.

In der italienischen Troubadour-Lyrik des 13. und 14. Jahrhunderts (z. B. Guido Guinizelli, ca. 1230–1276)

erblüht die Metapher des *cor gentil*, des edlen Herzens. In das Herz, dieses edle Gefäß, lässt die Geliebte und Gebieterin irdische Liebe einfließen und als gleichzeitig engelhaft Frau (*donna angelicata*) lässt sie den weltlichen Eros mit Gottesliebe verschmelzen. Dies sind Gedanken, denen wir viel später bei Goethe und Hölderlin wieder begegnen werden.

Der größte Nachfahre von Guinizelli in diesem *dolce stil nuovo* war Dante Alighieri (1265–1321). Seine *donna angelicata* hieß Beatrice (Abb. 727), sie verwandelte sein Herz und inspirierte ihn auf dem Weg durch das himmlische Paradies. Die *Divina Commedia* und mehrere So-

nette an Beatrice sind eine reiche Fundgrube strahlkräftiger Herzmetaphern.⁵

Im 13. Jahrhundert wurden erstmals Bildkompositionen geschaffen, die das Herz im Dienste der irdischen Liebe veranschaulichen und symbolisch das Schicksal der liebenden Herzen thematisieren. Am ältesten sind wohl die Miniaturen in der französischen Handschrift *Roman de la poire* aus dem Jahre 1255; ein kniender Jüngling bietet dort zweimal der geliebten Dame sein Herz (in Form einer Birne) an.²⁷ Später wird das Herz dann schon als Venusopfer abgebildet (Abb. 728, 729). Das mit Pfeil durchbohrte Herz war zuerst eindeutig das Symbol der sinnlichen Liebe (schon im Salomolied 4, 9 steht: „Vulnerasti cor meum soror mea sponsa“); wer dieses künstlerische Motiv erfunden hat, weiß man nicht. Die ersten Darstellungen kommen aus der Elfenbeinschnitzerei (Abb. 730) und sind im wesentlichen immer die gleichen: Ein Mann kniet vor einer Frau nieder und hält ihr ein Herz entgegen, das die Dame, meistens sehr kühl, von oben mit einem Pfeil senkrecht durchbohrt. Physiologisch betrachtet ist die Szene völlig absurd, zumal man in jener Zeit noch streng an der Meinung der Antike festhielt, dass jede Verletzung des Herzens auf der Stelle tödlich sei. Ein Liebhaber, dem seine Angebetete das Herz mit einem Pfeil auch nur verwundete, hätte nicht mehr einen Liebesseufzer ausstoßen können, es wäre für ihn schnell ein für alle Mal vorbei gewesen.

Für einen Künstler sind solche Überlegungen selbstverständlich gleichgültig. Immerhin lassen die Darstellungen darauf schließen, dass die Elfenbeinschnitzer und wohl auch manche Käufer sie nur als eine Karikatur angesehen haben. Es war eine Verulkung des höfischen Minnedienstes. Die Männer, die auf diesen Bildern den Damen ihr Herz darbringen und dafür so schlecht belohnt werden, sind keine Ritter, sondern junge Herren aus dem Bürgerstand. Es ist eine städtische Kunst, eine Selbstpersiflage. Gerade dass die Männer und die Frauen auf den Darstellungen eine so überaus korrekte, beinahe steife Haltung einnehmen – viel dezenter als auf anderen erotischen Elfenbeinschnitzereien dieser Zeit –, lässt vermuten, dass sie nicht sehr ernst gemeint waren.⁴

Als in der Renaissance die Antike in Mode kam, wurde Venus die Göttin der durchbohrten Herzen (erst später ging das von einem Pfeil durchbohrte Herz auch in die religiöse Thematik ein). Die Erkenntnis, dass Herz und Schmerz nur allzu oft tatsächlich identisch sind, wird in einer Vielzahl von Martern zum Ausdruck gebracht (Abb. 731). Meist sind es die unbarmherzigen Frauen,

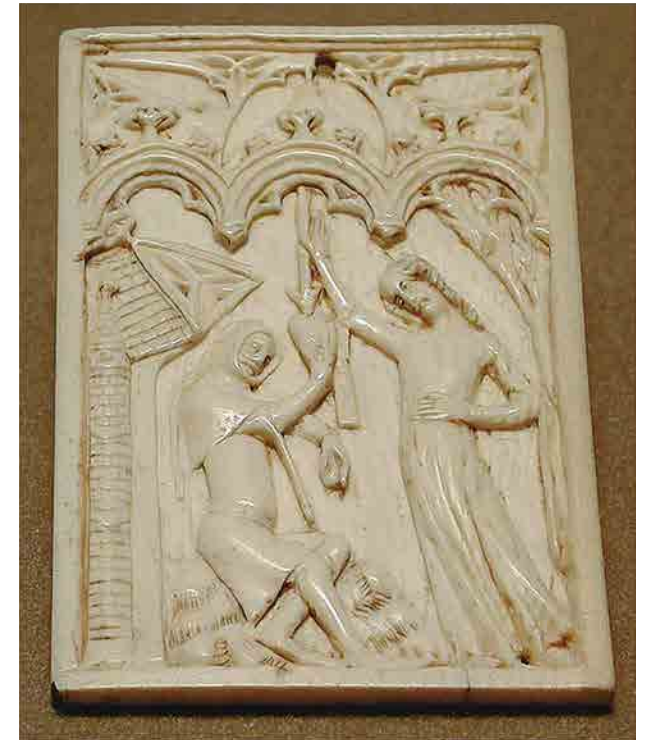


Abb. 730

Darbietung des Herzens, Elfenbeinrelief, unbekannter französischer Autor um 1380–1400, Musée du Louvre, Paris. In einer Kapuze gehüllt sitzt der Mann vor einem offenen Kamin und hält der Frau das Herz selbst hin; er ist also völlig damit einverstanden, dass ihn nun die Liebe überkommt.

die das minnende Männerherz auf jede nur erdenkliche Weise misshandeln, nachdem sie es ihm buchstäblich aus der Brust geraubt haben. Im 15. und 16. Jahrhundert findet sich dieses Bild in vielfachen Variationen: In ausgesucht derber Manier wird das Herz dort zurechtgehämmert, mit Füßen getreten, zerrieben, zerstampft, gehobelt, zerstoichen, zerbrochen, zersägt, geschmort oder gebraten. Überdies gibt die Urheberin all dieser Pein zu Protokoll, dass sie genau weiß, was sie tut (oft steht dort: „Deinem Herzen bereite ich Schmerzen“). Erstaunlich ist, dass sich die Männer widerspruchslos allem fügen, was die von ihnen begehrten Frauen ihren Herzen antun. Eine Allegorie des Hasses zeigt eine alte Frau mit herunterhängenden Brüsten, die hemmungslos in ein Herz beißt; ein Hund sieht zu, als ob ihm eine Beute entgangen sei (Abb. 732). Man kann also sagen: Die bildliche Darstellung des Herzens als Symbol der Liebe begann mit der Karikatur. Die Karikatur ist oft der beste Weg, eine Sache populär zu machen.



Abb. 765

Jeanne und Richart de Montbaston, *Der Mönch an der Leine*, Paris 1348–1353. In dieser Handschrift (*Roman de la Rose*) symbolisieren die herzförmigen Blätter bereits eindeutig die Liebe. Im Rahmen der Schelte für den Klerus wurde oft die weibliche Macht thematisiert; in diesem Fall ist das Ziel der Kritik der unstillbare Geschlechtstrieb des Klerus. Gleichzeitig wird bissig die weibliche Verführungskunst beschrieben, die bei den Geistlichen auf wenig Widerstand stieß. Der Mönch wird von einer Nonne an seinem Geschlechtsteil geführt – es handelt sich um eine Persiflage des Bandes der Liebe von Minnesängern, über das der Geliebte allegorisch an die Dame seiner Verehrung gebunden ist.



darbietet (Abb. 766). Sie überreicht es in umgekehrter Lage, d. h. mit der Spitze nach oben, so wie die Aztekenpriester der Sonne die menschlichen Herzen darbrachten. Giotto's Caritasinterpretation veranlasste bald andere italienische Maler und Bildhauer, dieses Motiv darzustellen (z. B. Madonna mit Caritas im Museo Bargello, Caritas von Andrea Pisano an der Bronzetür des Baptisteriums, oder von Tadeas Gatti in Santa Croce, alle in Florenz). All diese Herzen haben anatomisch eine ziemlich richtige Form und wurden wahrscheinlich von konventionellen anatomischen Texten und Illustrationen der damaligen Zeit abgeleitet. Die erste schematische „Herz“form findet sich Mitte des 14. Jahrhunderts (Abb. 767, 768, s. Abb. 41), bereits mit der Spitze nach unten abgebildet.

Zwischen 1360 und 1370 entstand der berühmte Medaillonteppich für das Rathaus in Regensburg. Auf einem Medaillon (Abb. 769) verletzt die Liebe das Herz eines

Abb. 766

Giotto di Bondone (1267–1337): Allegorie der Caritas, 1305, Cappella degli Scrovegni (Capella di Arena) in Padua. Die Caritas bietet Gott ihr Herz dar, das realistisch auch mit den Gefäßen dargestellt wird, so als ob sie dieses gerade aus der Obstschale in der anderen Hand genommen hätte. Sie steht auf Geldsäcken, weil sie den irdischen Reichtum so verachtet, dass sie ihn mit Füßen tritt; aus einem Sack fallen Münzen. Der reiche Bankier Enrico Scrovegni ließ die Kapelle zur Rettung der Seele seines Vaters Rinaldo errichten und mit Malereien ausschmücken. Rinaldo war ein legendärer Wucherer, den Dante in seiner *Göttlichen Komödie* wegen seiner Sünden zur Hölle verurteilte. Giotto malte das Bild als Simulation eines Marmorreliefs. Wie wenig andere Kunstwerke verkörpert das Bild den Übergang der gotischen Malerei in die der Renaissance. Es scheint, dass Giotto die anatomische Form des menschlichen Herzens gekannt haben muss. Da alle anatomischen Herzabbildungen aus seiner Zeit wesentlich gröber, praktisch ohne anatomische Details sind, scheint es wahrscheinlich, dass er aus künstlerischem Interesse an den gerade in Bologna und Padua begonnenen Sektionsdemonstrationen teilgenommen hat.