

Töne sehen? Zur Visualisierung Akustischer Phänomene in der Herzdiagnostik

Michael Martin und Heiner Fangerau

Seeing Sounds? The Visualization of Acoustic Phenomena in Heart Diagnostics

During the nineteenth century physiologists and clinicians developed several graphical recording systems for the mechanical registration of heart sounds. However, none of these replaced traditional methods of auscultation. The paper describes criticism of the aural sense as one of the driving forces behind the development of phonocardiography and analyses its variants from a technological and clinical perspective. Against the background of the physiological “method of curves,” the parameters that prevented the implementation of phonocardiography against overwhelming odds are highlighted. Contemporaries denied specific evidence beyond auscultation. Many clinicians also feared that the art of auscultation was being undermined by the new, reproducible mechanical methods. The paper argues that phonocardiography was on the one hand regarded as impractical in clinical settings; on the other hand—and even more important—implicit practices, tacit knowledge and cultural models fostered skepticism against the new method. The argument of “self-evidence”—often connected to medical images, curves, graphs or tables—was not valid for the visualization of cardiac sounds in the opinion of the promoters of acoustic heart sound registration and its individual interpretation. Rather, the acts of subjective hearing and objectively reporting what was heard seemed “self-evident” for pathophysiological characteristics and the development of a diagnosis. Therefore, auscultation and phonocardiography coexisted with different emphases. While auscultation remained the method of choice for a bedside diagnosis, phonocardiography played its role in differential diagnostics or research settings.

Keywords: auscultation, heart sounds, graphical method, phonocardiography, evidence

Schlüsselwörter: Auskultation, Herztöne, Graphische Methode, Evidenz, Kardiologie

Die Auskultation des Herzens mit Hilfe des Stethoskops gehört heute zu den beinahe rituell empfundenen Handlungen während der ärztlichen Routineuntersuchung. Dementsprechend heißt es in einem der gängigsten deutschen Lehrbücher zur Auskultation und Perkussion, die „Herzauskultation ist auch heute noch eine unverändert wichtige Untersuchungsmethode für die Primärdiagnostik wie für die Verlaufsbeobachtung kardialer Erkrankungen“, denn durch eine „adäquate Auskultation“ kann der Arzt „mindestens den Verdacht auf eine Herzerkrankung“ gewinnen, um „eine gezielte

Diagnostik mittels apparativer Verfahren (Elektro- und Echokardiographie, Röntgendiagnostik, Herzkatheteruntersuchung und andere) in die Wege leiten zu können“ (Hollmack/Gahl 2005: 102).

Im Mittelpunkt dieses Beitrags stehen die seit dem 19. Jahrhundert andauernden Auseinandersetzungen um die Frage, in welcher Form die Herztöne für die medizinische Diagnostik genutzt werden können.¹ Während der auskultierende Arzt bis in das 19. Jahrhundert die einzig relevante Instanz war, der es oblag, am Herzen eines Patienten Gehörtes in Sprache und Schrift umzuwandeln, wurden im Zuge der Mechanisierung der Physiologie zahlreiche Methoden und Apparaturen entwickelt, die dieses Prozedere auch in der klinischen Praxis ‚entsubjektivieren‘ sollten (Langendorff 1891). Hier sollen daher zunächst die frühen Versuche analysiert werden, mittels instrumenteller Verfahren „Objektivität“ (Daston/Galison 2008, Zimmermann 2009) innerhalb der medizinischen Diagnostik zu erzeugen. Die grundlegende Annahme ist, dass es sich bei der Transformation subjektiver ärztlicher Befunde in scheinbar objektivierte Symptomkategorien keineswegs um einen linearen Prozess handelte, der eine zwangsläufige, zunehmende Mechanisierung der Befunderhebung nahelegt. Vielmehr verfolgen wir die These, dass unterschiedliche und zum Teil widersprechende Strategien zur Fixierung und Dokumentierung akustischer Phänomene des Herzens entwickelt wurden, aus denen sich einige in nicht linearer Weise als klinisch nutzbar herauskristallisierten. Dabei reicht das Spektrum von sprachlichen Umschreibungen über graphemische Systeme und halbmaschinelle Hybridformen bis hin zu vielfältigsten Methoden graphischer Registrierung und Visualisierung.

Seit dem *iconic beziehungsweise pictorial turn* vor gut fünfzehn Jahren ist eine umfangreiche Forschungsliteratur zum Status der bildlichen Darstellung in den Wissenschaften entstanden, wie allein schon die wichtigsten bibliographischen Übersichten zeigen.² Zahllose, vor allem interdisziplinär angelegte Sammelbände widmeten sich theoretischen Reflexionen und Fallbeispielen.³ In diesem Kontext ist die zunehmende Formierung eines eigenen Forschungszweiges zur Diagrammatik⁴ zu beachten, insbesondere die Konzeption des Diagramms als „schriftbildliche Hybridform zwischen Bild und Text“ (Krämer 2006: 79–92, 2009: 94–123). Für den Bereich der Medizin liegen einige Einzelstudien vor, die sich mit Entwicklung und Bedeutung unterschiedlicher Visualisierungsformen auseinandersetzen.⁵ Vor dem Hintergrund der Thematik dieses Beitrages ist insbesondere auch auf die Literatur zur Entwicklung der „graphischen Methode“ zu verweisen, wobei besonders die aus der Physiologie stammende und zunehmend in der Medizin adaptierte „Methode der Kurven“ im Mittelpunkt des Interesses steht.⁶ Während Cornelius Borck (2005a, b) die Darstellungsform der Kurve im Kontext der Elektroenzephalographie untersucht hat, thematisierte Hess (2000) den Sonderfall der Fieberkurve, bei dem ein bekanntes Messverfahren „Anschluss an

eine andere Repräsentationspraktik“, und zwar die „physiologische Kurvenschreibung“ (Hess 2002:160) erhielt.

Angesichts der in der genannten Forschungsliteratur konstatierten Dominanz des Visuellen in der Medizin verwundert der noch heute hohe Stellenwert der instrumentellen Stethoskopie, in der auf akustische Phänomene gesetzt wird. Die Begründung für die Langlebigkeit dieser Methode entgegen aller Trends liegt darin, dass es sich bei der Durchsetzung der unterschiedlichen Verfahren in historischer Perspektive nicht um ein „entweder – oder“ handelt, sondern dass die Diagnosetechniken kontextuell unterschiedlich ausgeformt wurden. Das grundsätzliche Kriterium in der Debatte um die Auskultation des Herzens oder die instrumentelle Registrierung der Herztöne, und das ist die zweite zentrale These des Beitrages, bildet nicht die Frage nach der Objektivität, sondern die nach der Herstellung von Evidenz.

Zur Frage der Erzeugung und Bedeutung von Evidenz im Kontext unterschiedlicher Darstellungsformate sind in den letzten Jahren ebenfalls einige Arbeiten vorgelegt worden. David Gugerli zum Beispiel prägte bereits 1999 den Begriff der „soziotechnischen Evidenzen“. Dabei ging er von der Beobachtung aus, dass „in zahlreichen Kontexten gesellschaftlicher Kommunikation ganz unterschiedlichen Kategorien von Bildern technisch erzeugte Beweiskraft und kulturell sanktionierte Evidenz zugeschrieben wird“ (Gugerli 1999: 131–159). Ein von ihm mit Barbara Orland herausgegebener Sammelband widmet sich dieser „visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeiten“. Im Mittelpunkt steht dabei der „Normalisierungsprozess“ visueller Strategien, die Produktion von „selbstverständlichen“, „normalen“ Bildern, die über eine unhinterfragte Evidenz verfügen. Visualisierungstechniken müssen „nicht nur technisch normiert, sondern auch kommunikativ standardisiert werden.“ (Gugerli/Orland 2002: 11). Dieter Mersch fordert in diesem Zusammenhang, Bilder „als genuine Methode der Wissenserzeugung und damit auch Teil des epistemischen Prozesses ernst zu nehmen, deren anderer der Diskurs oder die Sprache bildet“ (Mersch 2006: 96). Insbesondere verweist er auf die wichtige Frage nach dem Verhältnis von Evidenz und mechanischer Objektivität. Angesichts der unterschiedlichen „Figurationen der Evidenz“ gilt es nach Peters/Schäfer 2006: 9), die „Vielzahl epistemischer Techniken zur Erzeugung von Evidenz“ zu untersuchen.

Die Frage, wie wissenschaftliche Evidenz erzeugt oder argumentativ begründet wird, spielt in der Medizin eine besondere Rolle. Im Rahmen des Programms der „evidence based medicine“ hat sich heute eine Fehlübersetzung des englischen *evidence* eingebürgert. Er bedeutet eigentlich auch im aktuellen Sprachgebrauch the „available body of facts or information indicating whether a belief or proposition is true or valid“ (Oxford Dictionaries 2011 Online 2011: <http://www.oxforddictionaries.com/definition/evidence?view=uk>, 26.11.2010), während Evidenz im klassischen Sinne für das Gegenteil steht,

nämlich für die „self-evidence“, die im philosophischen Sinne „die unmittelbar einleuchtende Selbstbezeugung wahrer Erkenntnis“ bedeutet (Halbfass/Held 1972: 829). Das heißt: Evidenz, wie sie in diesem Beitrag verstanden werden soll, wird mit „Augenscheinlichkeit, Einsicht, intuitiv fundierte Gewißheit, unmittelbare Gewißheit des anschaulich Eingesehenen oder des notwendig zu Denkenden“ gleichgesetzt (Eisler 1904: 318). Trotz der umfangreichen Forschungsliteratur zu den unterschiedlichen Visualisierungsformaten ist der Komplex zur Evidenz in der Medizin in diesem Sinne bisher wenig beachtet worden. Dies gilt insbesondere für die unterschiedlichen Strategien, die entwickelt wurden, um Evidenz zu erzeugen (Müller/Fangerau 2010). Von besonderem Interesse sind hierbei die Entwicklungen bezüglich der unterschiedlichen Sinnesebenen. Wenn medizinische Diagnostik bis in das 19. Jahrhundert traditionell auf der Basis der fünf Sinne geleistet wurde (Nicolson 1993, Bynum/Porter 1978), so stellt sich die Frage, welchen Einfluss technische Innovationen auf die weitere Entwicklung hatten. Setzte sich etwa eine Vorherrschaft des Visuellen durch oder konnten sich andere Verfahren weiterhin behaupten?

In diesem Beitrag wird zunächst die Frage nach den auslösenden Faktoren gestellt, welche die Entwicklung von Herztonschreibern initiierten: Warum wurde eine allein auf Wortbeschreibungen fußende Narration nicht mehr als ausreichend empfunden und wie kam es zu den Bestrebungen, akustische Phänomene zu visualisieren? Hieran anschließend wird zunächst die Technikgenese der Herztonschreibung skizziert und im Folgenden ihre Rezeption in der klinischen Praxis analysiert, wobei Akteure, Motive und Bedingungen vorgestellt werden sollen, die für die Entwicklung unterschiedlicher Apparaturen wesentlich waren. Im abschließenden Kapitel werden mit Blick auf die Frage der Evidenz die wichtigsten Parameter vorgestellt, die ausschlaggebend für die Akzeptanz oder Ablehnung der unterschiedlichen diagnostischen Methoden waren.

Um diese Fragen zu beantworten haben wir Publikationen sowohl aus dem Bereich der Zeitschriftenwissenschaften als auch der Lehrbuchwissenschaften ausgewertet (Martin/Fangerau 2006). Zwischen 1893 (Erstbeschreibung der Methode durch Hürthle) und circa 1910 kam es in medizinischen und physiologischen Fachzeitschriften zu zahlreichen Beiträgen zur Herzschriftschreibung, die ihren Status auf der Ebene des Experimentes abbilden. Anhand der ausgewerteten Zeitschriftenbeiträge zeigen wir die unterschiedlichen Methoden, Techniken und Positionen zur Thematik auf. Zusätzlich wurden klinische Lehrbücher zur Berücksichtigung und Beurteilung der Herzschriftschreibung hinzugezogen (erstmalig 1908 bei Brugsch und Schittenhelm). Ab den 1920er Jahren findet sich die Technik in den allgemeinen Lehrbüchern immer seltener, da die Herztonschreibung in andere Verfahren wie das EKG integriert beziehungsweise in Spezialfächer (wie beispielsweise der Gynäkologie) übernommen wurde.

Die Transformation des Hörens

Hören und Sprechen

Obwohl technische Hilfsmittel in der Medizin zunehmend seit der frühen Neuzeit entwickelt wurden und diese auch in medizinische Erkenntnisprozesse einfließen, setzte die „Technisierung“ der medizinischen Diagnostik erst im 19. Jahrhundert ein. Insbesondere die Vertreter der pathologischen Anatomie hoben das Geräusch als ein zentrales diagnostisches Zeichen hervor.⁷ Leopold Auenbrugger (1722–1809) hatte 1761 die Veränderung der Schallverhältnisse im Körper gesunder und kranker Menschen beschrieben (Auenbrugger 1761) und damit dem Erkennen und Deuten von Krankheitszeichen im Innern des Körpers ein neues Feld eröffnet (Keele 1963: 44). René Théophile Hyacinthe Laennec (1781–1826), dem in den modernen Pariser Krankenhäusern eine nahezu unbegrenzte Anzahl von Krankheitsfällen zur Verfügung stand, etablierte die Auskultation (Foucault 1988, Ackerknecht 1967). Im Mittelpunkt der medizinischen Erkenntnis standen nun nicht mehr die durch Klopfen erzeugten Schallphänomene im Körper wie sie Auenbrugger beschrieben hatte, sondern die vom menschlichen Körper selbst hervorgebrachten akustischen Phänomene. Der besonders an der Aufklärung der Lungenschwindsucht interessierte Laennec beschrieb in seinem voluminösen Werk *De l'auscultation médiate* von 1819 sein Stethoskop, als ein Holzrohr, das die Schallübertragung verstärken und so die Geräusche im Körperinneren besser wahrnehmbar machen sollte. Mit dem Stethoskop („Brustschauer“) könne, so Laennec, der Untersuchende in den Körper des Kranken hineinsehen (vgl. Duffin 1998).

Reiser (1993: 831) nennt als eine der wichtigen durch das Stethoskop hervorgerufenen Neuerungen die Unabhängigkeit des Arztes von der Erzählung des Patienten: „Thoughts of the patients were replaced by sounds from the patient.“ Auch wenn weiterhin eine Kommunikation zwischen Arzt und Patient im Rahmen der Anamnese stattfand, so war es ein zentrales Anliegen der Stethoskopie subjektive Angaben durch objektive Zeichen zu ergänzen. Dies implizierte die Koordination, Übertragung und Übersetzung unterschiedlicher Sinneseindrücke. Was über das Stethoskop zum Ohr des behandelnden Arztes vordrang musste in Fachkreisen kommunizierbar gemacht werden. Voraussetzung für eine replizierbare, Körpergrenzen überschreitende und vergleichende medizinische Interpretation von Geräuschen im Körperinneren war die Möglichkeit ihrer Verschriftlichung. Allerdings ergab sich damit auch das Problem der Dokumentation gehörter Geräusche. Zur Verschriftlichung des Gehörten entwickelte Laennec ein eigenes System, das von einer metaphorischen Umschreibung des Auditiven geprägt war, dessen Bandbreite vom Geräusch eines Blasebalgs (Laennec 1819: 338) bis hin zum „zufriedenen Schnurren einer Katze“ („le comparant au murmure de satisfaction que font entendre les chats quand on les flatte de la main“ reichte

(ebd.: 215). Diese akustischen Kategorien erschienen den Zeitgenossen in ihrem interpretativen Wert höchst problematisch. Laennecs ausufernder Katalog pathologischer Geräusche war kaum vermittelbar (Lachmund 1997: 87–95). So klagte noch rund ein halbes Jahrhundert später der deutsche Fachkollege Paul Niemeyer in seinem einschlägigen Handbuch, die „französische Zeichenlehre“ gleiche „immer mehr der chinesischen Schriftsprache, insofern sie nach und nach für jede Krankheit und jede Modifikation der Krankheit ein bestimmtes Zeichen ausklügelte und schließlich einen solchen Wust von Zeichen haben werden, dass dieselbe nur den wenigen in den Tempeln der Capitale fungierenden Mandarinern verständlich bleibt“ (Niemeyer 1868: 19).

Eine höhere Akzeptanz für die Auskultation sollte durch die radikale Reduzierung des akustischen Kanons auf bestimmte Grundphänomene durch Joseph Skoda (1805–1881) erzielt werden, dessen Standardwerk *Abhandlungen über Percussion und Auscultation* erstmals 1839 in Wien erschien (Lachmund 1997: 148–178). Skoda (1854: 195) hatte sich insbesondere onomatopoetischer Methoden bedient: „die Töne des Herzens lassen sich durch *tik-tak, tom-tum, dohm-lopp, ohm-ik* etc. bezeichnen; die Geräusche durch *schuh, tschuh, ruh* etc.“. Daneben bediente er sich aber auch der Beschreibung mittels Vergleichsbildungen: „unter abnormen Herzgeräuschen versteht man das Blasebalg-, Säge-, Rassel-, Feilen-Geräusch etc.“ (ebd.: 176).

Neben der schwierigen sprachlichen Umschreibung stellten auch das „Hören“ selbst in der Medizin und die entsprechende Schulung des ärztlichen Gehörs ein grundsätzliches Problem dar. Jean Nicolas Corvisart (1755–1821) hatte in seiner Übersetzung und Bearbeitung von Auenbruggers *Inventum novum* aus dem Jahr 1808, die das ursprüngliche Werk von 95 auf 440 Seiten anwachsen ließ, eine Ausbildung der Sinne angemahnt, die nötig sei, um die Differenzen des Perkussionsschalles unterscheiden zu können, und Laennec (1819: XI) selbst sprach von einer „stethoskopischen Übung“, ohne die der Arzt die unterschiedlichen Geräusche nicht wahrnehmen könne (Lachmund 1996). Die Kunst des diagnostischen Hörens lag in der Fähigkeit zur Unterscheidung subtiler Differenzen der akustischen Phänomene. Dies setzte neben explizitem Wissen auch Erfahrung als besondere Form impliziten Wissens voraus (Henry 2006). Gleichzeitig bestand das Problem, die mittels des Hörsinns aufgenommenen Zeichen zunächst in vergleichbare und nachvollziehbare Daten und dann in valide Symptome umzuwandeln. So wurden zu Übungs- und Vergleichszwecken etwa Stethoskope mit vier Hörvorrichtungen eingesetzt, wodurch mehrere Personen gleichzeitig einen Patienten abhören konnten (Blaufox 2002: 63). Die Kommunikation über das Gehörte beziehungsweise dessen Fixierung blieb aber schwierig.

Substitution der Sprache

Da sie die Grenzen einer sprachlichen Umschreibung erkannt hatten, versuchten zahlreiche Forscher, neue Methoden zur Darstellung stethoskopischer

Befunde zu entwickeln. Bereits 1822 hatte der Physiker und Philosoph Gustav Theodor Fechner (1801–1887) unterstellt, dass man „schon darauf hin“ arbeite, „die Krankheiten in Musik zu setzen, und sucht ihnen durch Hörrohre ihre Töne abzulauschen, so dass man sie mit der Zeit einmal durch Noten ausdrücken und auf dem Klavier abspielen können wird“ (Fechner [1822] 1913).⁸ Eine Notation von Tönen konnte sich in der Medizin jedoch nicht durchsetzen. Laennec, der sich der sprachlichen Unzulänglichkeiten bei der Wiedergabe nicht-sprachlicher, akustischer Phänomene durchaus bewusst war, hatte selbst nur einmal den Versuch unternommen, Sprache durch Noten zu ersetzen, war aber grundsätzlich bei der Sprache geblieben (Laennec 1819: Tafel 7, Segall 1963: 313).⁹

Stattdessen gab es immer wieder Bestrebungen, die Geräusche durch einfache Grapheme darzustellen. Hermann Sahli etwa hatte in seinem vielfach aufgelegten *Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden* ein Zeichensystem entwickelt, in dem er das Anleihen aus Musik und Literatur kombinierte. Er unterschied endokardiale Geräusche, die er als „langgezogene Schallerscheinungen“ definierte, die „allmählich verschwommen“ auslaufen, von den Herztönen, die „kurz“ und „scharf begrenzt“ seien (Sahli 1909: 348). Für letztere schlug er vor, sie mit metrischen Zeichen, wie sie in der Verslehre benutzt werden, symbolisch darzustellen. Die Geräusche sollten hingegen durch Crescendo- und Decrescendozeichen wiedergegeben werden. Aus einer Kombination beider Zeichensysteme könnten mithin „Geräusche der Klapfenfehler samt den Tönen“ aufgezeichnet werden (ebd.: 350).

Derartige Versuche hatte es zahlreich gegeben und gerade dies stellte auch die zentrale Problematik dieser Systeme dar. So konstatierte der Kinderarzt Meinhard Pfandler (1872–1947), an Methoden, „den klinischen Herzbefund graphisch nach bestimmten conventionellen Zeichen darzustellen, ist kein Mangel“. Jedoch, was „dem einen ein Punkt bedeutete, drückte der zweite durch ein Senkungszeichen, der Dritte durch einen kurzen Strich aus. Eine Hebung, ein Accent, ein Gedankenstrich konnten, je nach Autor, denselben akustischen Eindruck darstellen. Angesichts der Subjektivität des Hörens führe der Zustand, dass „jeder seine eigene Zeichensprache spricht“, zu einer „babylonischen Verwirrung“ (Pfandler 1898: 1099). Pfandler forderte die Einigung auf ein einziges, international anerkanntes Zeichensystem. Es wurde aber nie eingeführt. Seine Forderung hinderte ihn allerdings nicht daran, eine eigene Darstellungsweise vorzuschlagen, zu deren Ansatz er ausführte:

Das Gehörte wird dabei nicht erst in die Formen präexistenter klinischer Begriffe gezwängt und dann mittels der hierfür mehr oder weniger glücklich gewählten Hieroglyphen nach Art eines Bilderräthsels hingemalt, sondern es wird das akustische Bild direkt und gewissermassen mechanisch in ein graphisches umgeprägt. (Ebd.)

Dabei wurde der auskultierende Arzt gleichsam zum menschlichen Wellenschreiber: In ein Koordinatensystem zeichnete er die gehörten Klangphänomene

als Kurven ein, wobei „die Abcisse den zeitlichen Ablauf, die Ordinate die Intensität der Klangerscheinung misst.“ (Ebd.) Dies sollte einer Entsubjektivierung des Vorgangs dienen, da die Darstellungen „möglichst naturgetreu gestaltet“ sein sollten, gleichsam damit unmittelbar würden und nicht den Umweg über die „klinisch dressierte Großhirnrinde“ nehmen mussten (ebd.). Im Sinne der angestrebten Objektivierung wurde zudem eine Schematisierung eingeführt. Man sollte aus dem „phonographischen Bild“ eines gesunden Individuums „eine Stempelform aus Metall anfertigen lassen“, mit der das „Schema des normalen Befundes auf die Krankengeschichte gedrückt“ wird, „in das nun die pathologischen Veränderungen mit andersfarbiger Tinte eingezeichnet werden“ sollten (ebd.: 1100) Das von Pfaunder vorgeschlagene System lag an einer historischen Schnittstelle zwischen dem traditionellen Hören, das als antrainierte Fertigkeit die ärztliche Kunst repräsentierte, und den graphischen Aufschreibesystemen, die für eine Technisierung der Medizin standen.

Die von Friedrich Martius (1850–1923) entwickelte Methode, die mehr Beachtung erfuhr, war in ähnlicher Weise zwischen den unterschiedlichen Herangehensweisen verortet. Sie bestand darin, den Moment des Auftauchens der Herztöne zu markieren. Der auskultierende Beobachter klopfte im Tempo der Herztöne auf eine Registrierfläche, die über einen Pantographen (Storchenschnabel) mit einem Marey'schen Wellenschreiber verbunden war (Martius 1888). Der Auskultierende wurde damit zum lebendigen Registrierapparat, der als weiterer Transformationsschritt zwischen die Aufzeichnung und Notation des Gehörten geschaltet wurde. Das Problem der Vorgehensweise bestand jedoch darin, dass sie weiterhin über den auskultierenden Arzt als dem Überträger von Schall auf Papier der Subjektivität verhaftet blieb. So konnte der Breslauer Physiologe Karl Hürthle (1860–1945) in den Auseinandersetzungen um Martius' Verfahren aufzeigen, dass die Markierung des zweiten Herztones von Arzt zu Arzt variierte und die diesbezüglichen „Meinungsverschiedenheiten auffallend gross“ waren (Hürthle 1893: 78). Hinzu kam, so Hürthle, dass der Registrierende dazu neige, sich den vermeintlich gleichmäßig wiederholenden Sinneseindrücken anzupassen und Differenzen („von 4–6 hundertel Secunden“ etwa) gar nicht wahrzunehmen, was zu einer Verfälschung des Ergebnisses führte (ebd.).

Herzschallschreibung

Während alle bisher genannten Autoren sich eher subjektiv empfundener Methoden zur Beschreibung beziehungsweise Fixierung von Herztönen und -geräuschen bedienten, entstanden ab den 1890er Jahren zahllose Techniken zur Registrierung unabhängig vom menschlichen Beobachter. Mit der

Einführung erster technisierter Verfahren setzte ab 1893 eine intensive Innovationsphase ein, die insbesondere von Physikern und Physiologen getragen wurde, die sich mit der visuellen Registrierung akustischer Phänomene beschäftigten.¹⁰ Vielfältige Methoden zur Herzschallschreibung entwickelten sich parallel, wobei im Prinzip alle Varianten ähnlich aufgebaut waren: Die vom Herzen ausgehenden Schallwellen wurden auf eine Membran übertragen und die so erzeugten Schwingungen über unterschiedliche Konstruktionen aufgezeichnet. Wenngleich der Übertragungsweg also relativ problemlos realisiert werden konnte, kam es zu bisweilen grundsätzlichen Auseinandersetzungen bezüglich der Anfangs- und Endpunkte der jeweiligen Systeme. Zum einen wurden bei der Schallaufnahme bereits die Weichen für das Endergebnis gestellt. Eine Verzerrung oder der Einfluss von Eigenschwingungen der Apparatur etwa führten unweigerlich zu einem verfälschten Resultat. Zum anderen stand das Aufzeichnungsformat selbst im Mittelpunkt der Diskussionen, da die unterschiedlichen Visualisierungsformen die Ausgangsbasis für heftige Auseinandersetzungen waren.

Schallaufnahme

Wie geschildert, hatte Karl Hürthle 1893 kritisiert, dass mit der Klopfmethode nach Martius höchst unterschiedliche Ergebnisse erzielt wurden. Gerade der hier monierte individuelle, subjektive Faktor wurde zum zentralen Kritikpunkt gegenüber dieser Methode und führte zu Bestrebungen, möglichst objektiv, vom Untersucher unabhängig arbeitende Systeme zu entwickeln. Mit seiner Kritik an Martius stellte Hürthle erstmals auch seine eigene Methode vor, um sie zwei Jahre später, nach Versuchen und Modifikationen, ausführlich zu erläutern. In der ursprünglichen Version wurde ein Stethoskop mit einem „eigenartig konstruierten Mikrophon“ versehen, das mit einem elektromagnetischen Signalapparat verbunden war (Hürthle 1893: 78). Dadurch wurden die Schallschwingungen in elektrische Schwingungen überführt, die wiederum über einen Froschmuskel auf einen Marey'schen Wellenschreiber übertragen wurden. Zudem wurde in den Kreislauf noch eine Telefonstation eingeschaltet, um Schallwellen wahrzunehmen, die den Rhythmus der Herztöne, aber nicht ihren Klangcharakter zeigten. Aufgezeichnet wurden die Herztöne in Kurven auf Rußpapier (vgl. Abb. 1).

Hürthle gab zu, dass „die Methode inzwischen schon von anderer Seite aufgenommen und vervollkommen worden“ sei (Hürthle 1895: 266). Er meinte damit insbesondere die „guten Erfolge“ (ebd.) von Willem Einthoven und M. A. J. Geluk. Diese hatten zunächst bemerkt, dass die experimentelle Vorrichtung nach Hürthle „nicht dazu dienen“ könne, den „Charakter der Herztöne näher zu studieren, da die Zuckungen eines Froschmuskels“ viel zu langsam seien“ (ebd.: 267). Die Vorarbeiten Hürthles brachten die Forscher der Universität Leiden dann aber auf den Gedanken, den stromprüfenden Froschschenkel durch den Capillarelektrometer zu ersetzen, was die

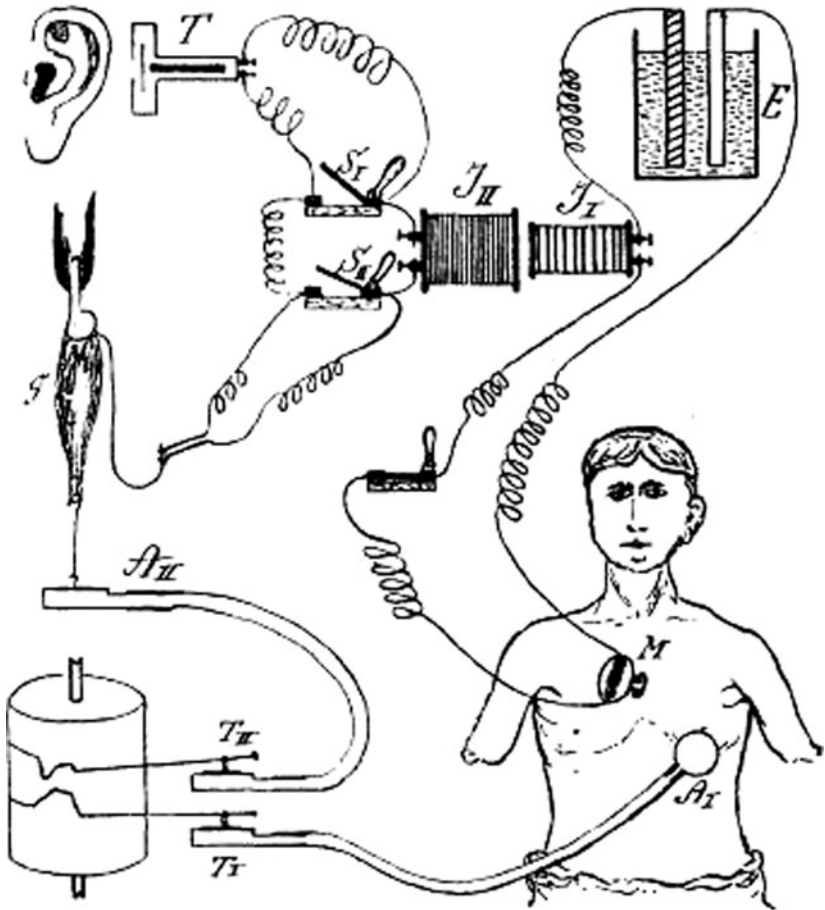


Abb. 1 Schematische Darstellung der Apparatur von Hürthle (1895: 264)

Apparatur „erheblich empfindlicher“ machte, wie sie bemerkten (Einthoven/Geluk 1894: 618). Da deren Versuche „ohne Frage einen Fortschritt in der Registrirung der Herztöne darstellen“, wie Hürthle konstatierte, ersetzte er auch den Froschmuskel durch ein „Capillar-Electrometer“ (Hürthle 1895: 268).¹¹ Der Physiologe Otto Frank (1865–1944) wiederum attestierte der „Hürthel’schen Methodik“ eine besondere „Komplikation der Anordnung“ und sah in dem Vorschlag Einthovens zwar durchaus eine Verbesserung, mahnte allerdings, dass „[a]uch hier [...] die Art der Uebertragung der Herztöne auf den registrierenden Apparat sehr verwickelt“ sei und „erst durch eine schwierige Analyse [...] über die Richtigkeit der von dem Kapillarelektrometer verzeichneten Kurven entschieden werden“ könne (Frank 1904: 953).

Frank hielt alle von ihm sogenannten mittelbaren Methoden für viel zu kompliziert und empfahl die „unmittelbare Registrierung der Herztöne durch

Uebertragung der Tonschwingungen auf eine empfindliche Membran und optische Registrierung ihrer Schwingungen“ (ebd.). Er setzte dabei ganz auf das Prinzip der Membranschwingung, was zu erheblichen Auseinandersetzungen mit Karl Hürthle führte (Frank 1903, 1911, Hürthle 1910). Über ein Zuleitungsinstrument (Röhre, Phonendoskop) wurden die Herzschaftschwingungen auf eine dünne Kautschukmembran geleitet. „Von dort aus lassen sich die Schwingungen durch einen eigenartig aufgeklebten Spiegel vergrößert in ein photographisches Kymographion projizieren“ wie Weber/Wirth (1912: 562) schrieben. Dies bedeutete, man ließ einen Lichtstrahl auf den Spiegel fallen, und die schallinduzierten Bewegungen des Spiegels wurden dann durch das Auf und Ab des Lichtstrahls reflektiert und auf dem fotografischen Film fixiert.¹² Das sich aus Franks Apparatur ergebende Visualisierungsformat war wie bei Hürthles Methode eine Kurve.

Visualisierungsformen

Das Format der Kurve adaptierte die graphische Methode aus der Physiologie für die medizinische Diagnostik (Frank 1988: 211–290).¹³ In seinem Plädoyer für diese Methode fasste der Schweizer Physiologe Walter R. Hess (1881–1973) deren Vorteile dahingehend zusammen, dass sie mit der Fixierung der Messergebnisse die Basis für eine „erschöpfende Analyse“ bilde (Hess 1920: 35). Zudem sei es möglich, „Einzelheiten zu erfassen, welche sich sonst unserer Wahrnehmung vollständig entziehen“ (ebd.). Speziell bei „sehr flüchtigen Erscheinungen“ sowie „zeitlich sehr weit auseinanderliegenden Untersuchungsergebnissen“ könne man diese „in unmittelbaren Vergleich“ bringen (ebd.). Insbesondere habe die graphische Darstellung erhebliche Vorteile gegenüber der Sprache, denn, „Feststellungen“, so Hess weiter:

welche noch so genau in Worte umgesetzt sind, können nie imstande sein, Ähnliches zu leisten, ganz besonders dann nicht, wenn es sich um den Vergleich der Untersuchungsergebnisse verschiedener Beobachter handelt. (Ebd.)

Führte die Transformationskette von der Membran zur Aufnahme des Schalls über Hebel, Spiegel oder elektrische Transformation zur Übertragung des Schalls zur bereits in der Medizin etablierten Visualisierungsform der Kurve, so stellte diese nicht das einzige mögliche Darstellungsformat für Herztöne dar. Die um 1900 geäußerte Kritik an den Erfassungsmethoden und die sich scheinbar zwingend daraus ergebende Kurvendarstellung brachte auch alternative Visualisierungsformen von Herztönen hervor.

Anton von Holowinski (1842–1906) zum Beispiel beklagte, dass „bis jetzt die Erfolge der graphischen Methoden weit unter den Hoffnungen“ geblieben seien (von Holowinski 1896: 201). Als Beleg führte er den „Mangel exacter Methoden zur Aufschreibung der zwei Herztöne“ an. Die Schwierigkeit „der graphischen Bestimmung der zwei Herztöne, welche nur dem Ohre (Stethoskop) zugänglich sind“ beruhe auf der minimalen Amplitude der

entsprechenden Tonschwingungen, die verschwindend klein sei im Vergleich zu anderen Wellen wie Herz- oder Pulsschlag (ebd.: 202). Auch die geschilderte „acustische Markirmethode“ nach Martius hielt von Holowinski für wissenschaftliche Standards nicht genügend: „eine so grobe und unexacte Methode führte natürlich zu den widersprechendsten Schlüssen“ (ebd.). Seine neue Methode sollte auf einem von ihm sogenannten optischen Telefon basieren. Die Membran eines „gewöhnlichen Telephons“, so erklärte von Holowinski, trüge „im Zentrum ein „planes Glasplättchen“, das „den Scheitel einer Linse von sehr kleiner Krümmung“ berühren sollte. Wurde die Vorrichtung von der planen Seite der Linse her beleuchtet, so konnten im Lichtstrahl die sogenannten Newton’schen Interferenzringe wahrgenommen werden. Wurde die Membran in Schwingungen versetzt, so änderte sich der Abstand dieser Ringe. Der Vorgang wurde photographisch registriert. Die Photogramme waren „von rechts nach links unter einer Vergrößerungslinse“ zu betrachten (ebd.: 208). Diese ungewohnte Interferenzmethode fand im medizinisch-physiologischen Kontext allerdings keine Anhänger. Nur im Bereich der physikalischen Akustik kam es zu einer gewissen Rezeption (Gerhartz 1911: 27–30, 52–54). Ausschlaggebend hierfür war die eigentümliche Form der Visualisierung. Im Gegensatz zu den bekannten Kurven der bisher vorherrschenden Wellenschreiber waren die abgebildeten Interferenzringe für Ungeübte nur sehr schwer zu interpretieren. In ihrer radikal neuen Bildsprache konnten sie sich gegen die vorherrschenden Kurven nicht durchsetzen.

Ähnlich kritisch wurde auch eine Darstellungsmethode des Psychologen Karl Marbe (1869–1953) beurteilt, der Untersuchungen zur individuellen Sprachmelodie durchgeführt hatte und die stimminduzierten Schwingungen der Sprecher mittels einer Apparatur aufzeichnen wollte. Marbe hielt alle Versuche zur Aufzeichnung von Herztönen, die sich „eines Mikrophons bedienen“, namentlich Hürthles, Einthovens und Holowinskis, für klinisch nicht praktikabel, da sie die Veränderungen der Töne nur „mittelst komplizierter Methoden“ wiederzugeben vermochten (Marbe 1907: 205). Basis seiner Überlegungen waren die „König’schen Flammen“ (Rieger 2006: 119 f., 2009: 80–100). Physiologen wie Hermann von Helmholtz und Physiker wie Rudolph König hatten sich einer Akustik des Auges zugewandt und verschiedene graphische Darstellungsformen von Klangphänomenen entwickelt (Lenoir 1994, 1998). Diese Techniken zielten darauf ab, ein optisches Analogon der exakten Form von akustischen Phänomenen zu schaffen. Das Primat des Sehsinns leitete sich dabei von der Möglichkeit ab, die flüchtigen Phänomene in einem Bild festzuhalten, das bewahrt, untersucht und wissenschaftlich ausgewertet werden konnte. König war es auch, der ein Instrument konstruierte, bei dem die Stimme direkt visualisiert werden konnte. Damit sollte die „reine Stimme von Mutter Natur“ über die „Myriaden von Notationssystemen obsiegen“, die „alle nur auf bloßer Konvention gegründet waren“ (Brain 2007b: 212).

König hatte 1872 erstmals die Schwingungen einer Kautschukmembran über ein Rohr auf eine ausströmende Gasmasse übertragen. Wurde das Gas an der Ausströmungsöffnung entzündet, so wurden Schwankungen der Flammenhöhe wahrgenommen, die analog zur Membranschwingung erfolgten. Zur Dokumentation wurde durch den oberen Teil der Flamme mittels zweier Walzen ein Papierstreifen gleichmäßig abgerollt. Die auf dem Papier entstehenden Rußringe entsprachen der Zahl und dem Ausmaß der Flammenschwingungen, die wiederum vom Herzschall ausgelöst wurden (Marbe 1907). Zeitgenössische Autoren reagierten skeptisch auf die neue Methode, da sie „eine ganze Reihe von Fehlerquellen“ berge, etwa „die Bewegung der Hand der Person, die die Registriervorrichtung an die Brust andrückt“ oder den Einfluss der Herzbewegung, die, nicht vom Schall zu unterscheiden, ebenfalls die Membran in Schwingungen versetzten (Weiss/Joachim 1908: 349). Zudem seien die „Formveränderungen“ in den Flammen „wegen ihrer geringen Lichtstärke sehr schwer zu fixieren“, die Bilder blieben auch in „der unbeeinflussten Flamme nicht gleichmäßig“ und sie ließen auch keine Vergrößerung zu (Gerhartz 1908: 117). Marbe selbst hielt seine Rußbilder für besonders aussagekräftig und empfahl sie insbesondere für „eine klinische Verwertung, zumal sie viel leichter zu handhaben“ seien als alle konkurrierenden Methoden (Marbe 1907: 209). Dieser Meinung wollten sich die Kliniker indes nicht anschließen. Zum einen war die Konstruktion, die das Papier durch die Flamme ziehen sollte, recht störanfällig, zum anderen war die Interpretation dieser ungewohnten Rußbilder schwierig, da sie eine ganz eigenständige Bildsprache repräsentierten. Allein Marbes Freiburger Kollege Ernst Roos legte eine entsprechende klinische Studie vor, die allerdings in der retrospektiven Betrachtung eher den Kritikern Marbes Recht zu geben scheint. Die auf 12 Lichtdrucktafeln beigegebenen Abbildungen mussten auf über 70 Seiten kommentiert werden (Roos 1911, vgl. Abb. 2).

Obwohl der Flammenmethode zugestanden wurde, von allen Verfahren „wohl mit den geringsten Fehlern“ zu arbeiten, nützte diese Zuverlässigkeit nichts angesichts der vorherrschenden graphischen Methode (Benatt 1928: 753): Die „uns eigenartige Aufzeichnung“, sei so ungewohnt, dass sie „nur noch wenig benutzt wird“, so Benatt 1928 in der *Klinischen Wochenschrift* (ebd.).

Klinische Einsatzbereiche

In der Klinik blieb nicht zuletzt auf Grund von Gewohnheiten und der mit der Komplexität der technischen Darstellungsverfahren verbundenen Praxisferne bis auf Weiteres die Herzakustik eine Domäne der Stethoskopie ohne nachgeschaltetes Aufschreibesystem. Die grundsätzliche pathologische Relevanz von Schallerscheinungen des Herzens war zwar unumstritten, an einer

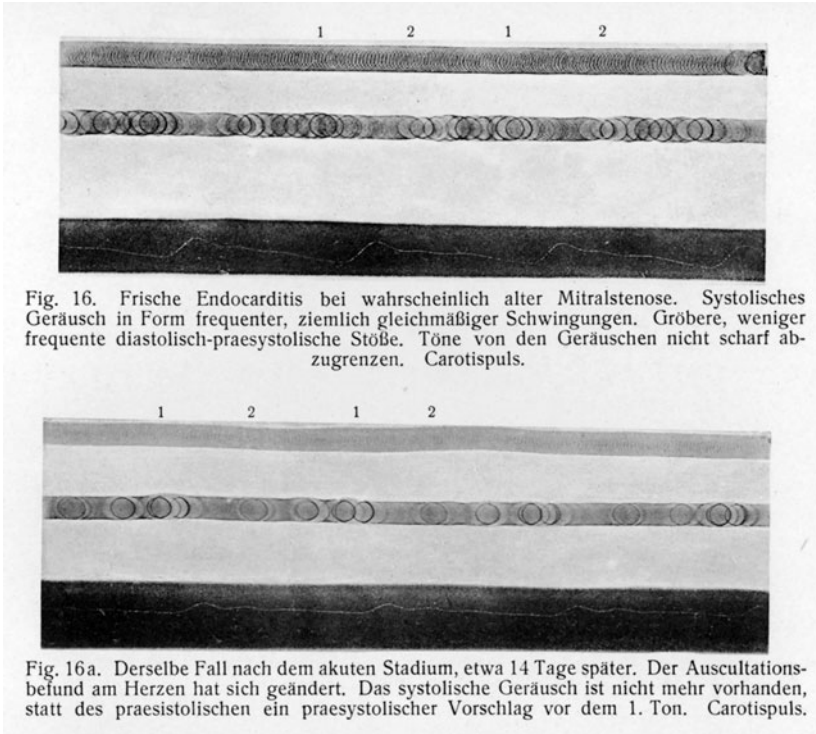


Abb. 2 Komplex auszuwertende Rußbilder (Roos 1911: Fig. 16 und 16a)

weiteren Entwicklung von selbstregistrierenden Herztonschreibern aber waren die Kliniker – anders als an der Elektrokardiographie – wenig interessiert (Grob 2006). Entsprechend wurden in allen einschlägigen Hand- und Lehrbüchern die unterschiedlichen Herztöne und -geräusche sowie deren Veränderungen unter diagnostischen Gesichtspunkten ausführlich behandelt. In Anlehnung an die Normalwerte-Konzeption der zeitgenössischen Medizin wurden in Lehrbüchern Herztöne „in der Norm“ und in „Abweichungen von der Norm“ beschrieben, innerhalb derer „unreine“, „unscharfe“, „starke“, „schwache“ oder spezifischere Erscheinungen der Herztöne („Galopprhythmus“, „Pendelrhythmus“) bestimmten Krankheitsformen zugeordnet wurden, wie es dort hieß. Auch die „Diagnose der Klappenfehler aus den Geräuschen“ stellte ein zentrales Einsatzgebiet dar, dem mitunter ganze Kapitel gewidmet wurden (vgl. Brugsch/Schittenhelm 1908: 99–105). Die Auskultation des Herzens selbst stand also nicht zur Disposition, aber sie erfolgte alleine über das Abhören mit dem Stethoskop (Geigel 1920: 76).

Für Kliniker brachte die allein auf dem eigenen Sinn fußende Auskultationstechnik den sozialen und psychologischen Mehrwert, dass der erfahrene Arzt unmittelbar am Krankenbett sein Wissen demonstrieren konnte, indem er aus den gehörten Geräuschen ad hoc eine kenntnisreiche Diagnose

ableitete, der wohl niemand zu widersprechen vermochte.¹⁴ Die neuen Schallschreiber hingegen warfen ganz andere Implikationen auf. Denn die Töne und Geräusche wurden mit ihnen, wie exakt oder unzulänglich auch immer, von einer Maschine automatisch abgenommen und – vor allem – dokumentiert. Damit wurde die Interpretation der Messergebnisse auf Basis der Kurven prinzipiell für jeden anderen Kliniker, Forscher oder sogar kundigen Laien zugänglich. Diagnosen wurden unmittelbar (auch juristisch in Form eines eventuell schriftlich fixierten Beweises) überprüfbar. Dieser Vorgang, der sich im Bereich der Blutdruckmessung bereits vollzogen hatte, wurde aber ebenfalls kritisch begleitet (Martin/Fangerau 2007). So konstatierte beispielsweise Hermann Sahli (1909: 329) in seinem Standardwerk zu den klinischen Untersuchungsmethoden, dass die „Aufgabe, die Herztöne direct, d.h. automatisch sich aufzeichnen zu lassen“, zwar durch Hürthle auf „telephonischem Weg und neuerdings durch Einthoven mittels des Saitengalvanometers principiell gelöst“ worden sei, dass aber „die betreffenden Vorrichtungen [...] für die praktisch-klinische Verwendung viel zu compliciert, auch sehr teuer und das Verfahren für die Praxis zu umständlich und zu schwierig“ seien (ebd.).

Damit gehörte Sahlis Urteil noch zu den positiven aus dem Lager der kritischen Kliniker. In Paul Krauses *Lehrbuch der Klinischen Diagnostik Innerer Krankheiten* hieß es rund 25 Jahre nach den ersten Publikationen zur Herztonschreibung, die „graphische Registrierung der Auskultationserscheinungen am Herzen“ sei „erst in neuerer Zeit in befriedigender Weise gelungen“ und habe „daher noch nicht viel praktische Resultate ergeben“ (Krause 1909: 155). Zur „Auskultation des Herzens“, die in „erster Linie den Zweck“ habe „uns über den Klappenmechanismus Aufklärung zu verschaffen“, „benützen wir (mit wenigen Ausnahmen) immer das Stethoskop“ (ebd.). Auch die Ausnahmen bezogen sich nicht auf andere Instrumente, sondern auf die unmittelbare Auskultation mit dem unbewaffneten Ohr. So wurde auch in der Neubearbeitung des Lehrbuchs von 1924 auf Seite 200 erläutert, dass entweder „durch Anlegen des Ohres“ oder mittels des „von Laennec eingeführten einfachen und auch heute noch nicht wesentlich verbesserten Stethoskopes“ auskultiert werde (Krause 1924: 200).

Während Krause jeder Form der automatischen Aufzeichnung skeptisch gegenüberstand, griff er auf Dokumentationsmethoden zurück, die vor der Einführung der Kurvenschreiber diskutiert worden waren. Die gehörten Töne und Geräusche sollten in der Auflage von 1913 mittels Zeichen „im Sinne der deutschen Metrik“ wiedergegeben werden. Dies wird auch in der Neubearbeitung von 1924 so angeführt, daneben „unterscheiden sich die ersten von den zweiten Herztönen“ durch „ihren Klangcharakter“, den man am besten mit den Worten „dohm-lop“ nachmache oder in Noten ausdrücken solle (ebd.: 204). Auch nach dem Würzburger Kliniker Morawitz (1923: 206) konnte „der Klangcharakter der Herztöne durch die Silben ‚tum-ta‘ oder

„dom-lopp‘ nachgeahmt (!) werden“. An der Herzspitze, so Morawitz weiter, „haben wir den Rhythmus eines Trochäus, an der Basis den eines Jambus“ (mit der entsprechenden graphischen Umsetzung). (Ebd.: 208.)

Dass derartige Vorschläge noch Mitte der 1920er Jahre gemacht wurden, verwundert angesichts der fast 100 Jahre andauernden Versuche, sprachliche Darstellungen durch technische Visualisierungen abzulösen. Diese Vorschläge stellten aber keineswegs Ausnahmen dar. Auch noch in dem voluminösen *Handbuch der Inneren Medizin* von 1928 hieß es lapidar: „Ob man bei der Auskultation des Herzens das Ohr oder das Stethoskop anwendet, ist im allgemeinen gleichgültig.“ (Bergmann/Staehlin 1928: 133) Die „Registrierung der Herztöne in neuerer Zeit“ (angeführt werden Arbeiten von Roos, Gerhartz und Einthoven, die allesamt rund zwanzig Jahre alt waren) seien „physiologisch interessant, hätten aber für die Klinik vorläufig keine nennenswerte Bedeutung“ (ebd.). Vor allem die schon von Sahli monierten technischen Schwierigkeiten ließen die im physiologischen Labor für nützlich gehaltene Methode in der Klinik unbrauchbar erscheinen. So wurde zwischen 1910 und 1925 immer wieder deutlich gemacht, dass keine der Methoden zur „objektiven Aufzeichnung der Schallerscheinungen des Herzen“ sich „bisher in die klinische Untersuchungstechnik“ habe „einbürgern lassen“, und dass vorläufig nur wissenschaftliche Untersuchungen ausgeführt worden seien (Hoffman 1911: 166). Als Referenzen wurden unter anderen Hürthle, Einthoven, Gerhartz, Frank, Holowinski, Weiss und Marbe genannt. Die besondere Schwierigkeit im klinischen Umfeld liege darin, „dass es kaum gelingt, die vom Herzen ausgehenden mechanischen Erschütterungen aus den Tonkurven fernzuhalten“ (ebd.: 167, sowie Geigel 1920, Romberg 1925).

Eine Ausnahme stellte hier Theodor Brugsch dar, der in die überarbeitete Version seines Lehrbuchs zu den Untersuchungsmethoden von 1921 im Abschnitt „Manuelle und instrumentelle Untersuchungsmethoden am Herz-Gefäßsystem“ ein Kapitel „Phonokardiogramm“ neu aufgenommen hatte und für eine Neubewertung der Herztonschreibung in der Klinik warb. Darin hieß es einleitend: „Die Darstellung der Herztöne gelingt bei entsprechender Ableitung und mit empfindlichen Aufnahmeapparaten leicht.“ (Brugsch/Schittenhelm 1921: 213). Verwiesen hatte er unter anderen auf die Methodik von Frank und Ohm. Doch den Wert dieser Technik sah auch Brugsch hier noch vornehmlich im theoretischen Bereich, der nur indirekt auf die Klinik wirkte, so schrieb er in seinem Lehrbuch: „Der Wert des Phonokardiogramms für die Klinik liegt einmal in dem Studium der Herztöne an sich, ferner in der Möglichkeit des Studiums der Herzgeräusche, schließlich in der zeitlichen Festlegung der Herztöne in einzelnen Phasen der Herzrevolution.“ (Ebd.)

Eben jene um 1920 noch herrschende Unentschlossenheit scheint ein Problem in der Diskussion um die Herztonschreibung dieser Zeit gewesen zu sein. Nur wenige wollten den Vorschlägen zur automatisierten Aufzeichnung folgen. Erst in seinem speziellen Lehrbuch zu den Herz- und

Gefäßkrankheiten von 1929 empfahl Brugsch explizit die Aufzeichnung der Herztöne mittels technischer Systeme, insbesondere der „Frankschen Herzschallregistrierung durch Herzton-Kapseln, die mit feinstem Gummi überzogen sind und auf denen ein Spiegelchen aufgeklebt ist, dessen Bewegungen durch einen Lichtstrahl geschrieben werden“ (Brugsch 1929: 131). In der Neubearbeitung dieses Werks von 1947 trat er dann letztendlich ganz für die Technik ein, indem er jeder möglichen Verzerrung des ärztlichen Gehörs eine Absage erteilte: „Ein binaurales Stethoskop ist zwar bequem, aber mit Membran nicht fehlerfrei in der Übertragung der Geräusche“ (Brugsch 1947: 33). Im Kapitel zur Herzschallregistrierung führte er die oben genannten Methoden an und ergänzte sie um ein technisches Novum:

Das vollkommenste Tonschreibgerät ist das von Trendelenburg im wissenschaftlichen Laboratorium von Siemens und Halske konstruierte Instrumentarium, weil es fehlerfrei die mit dem Stethoskope wahrgenommenen Herztöne und Herzgeräusche als Schwingungen aufschreibt. (Ebd.: 48)

Bemerkenswert ist hier die am Ende der Debatte erfolgende doppelte Referenz: einerseits auf die hochtechnische Herkunft des Geräts, andererseits auf die Nähe zu den Fähigkeiten des menschlichen Gehörs. Damit vereinte diese Technik die beiden Wege der Herztondiagnostik, die in der Auskultation und der Schallschreibung bestanden.

Akzeptanz und Evidenz

In der diachronen Betrachtung dieses Aushandlungsprozesses zwischen Physiologie und klinischer Praxis sowie zwischen Sinnesexperten des Hörens und technisierten Aufschreibeverfahren wird deutlich, wie mit der Herztonschreibung der Versuch unternommen wurde, ein bereits bekanntes Diagnoseverfahren in eine neuartige Visualisierungsform zu übersetzen. Dabei lag es für die Befürworter dieses Vorgehens nahe, den Anschluss an eine weitgehend akzeptierte Repräsentationspraktik zu suchen. Das Gelingen dieser Transformation stellte nur eine Seite des Problems dar. Ihre breite Akzeptanz unter Ärzten bildete die andere. Für die Akzeptanz hatte neben anderen Parametern die Frage der Bewertung der mittels Technik angestrebten Evidenz zentrale Bedeutung.

Ein großer Teil der Ärzteschaft stand im ausgehenden 19. Jahrhundert der zunehmenden Technisierung der Medizin skeptisch bis ablehnend gegenüber. Bezeichnend hierfür war die programmatische Forderung von Carl Wilhelm Nothnagel (1841–1905) auf einer Sitzung der Gesellschaft für Innere Medizin im Jahr 1902: „Je weniger Instrumente man braucht, desto besser ist es.“ (zit. nach Schneider 1994). Ernst Schweninger (1850–1924) beklagte sogar den Niedergang der ärztlichen Kunst und polemisierte gegen die „moderne“

Ärzteschaft: „Sie führen Wagenladungen von Apparaten mit sich, um den Kranken zu untersuchen, ihn zu behandeln. Ihre Sprechzimmer sind mit Maschinen und Einrichtungen ausgestattet, wie das Laboratorium einer Fabrik.“ (Schweninger 1906: 44).

Hinter solchen Aussagen steckte wohl auch eine subtile Angst vor beruflicher Dequalifizierung. Man empfand neue Techniken als substantiellen Angriff auf die Kunst des Arztes, die aus langjähriger Erfahrung gespeist war, aus der wiederum eine Diagnose dann ihre Evidenz erfuhr. Der semiotische Blick dieser Ärzte bezog körperliche Erscheinungen wie die Farbe der Haut, der Augen und des Urins mit ein. Sie fühlten die Körpertemperatur, horchten die Organe ab, palperten Körper und Puls und befragten den Patienten nach erlebten Krankheitszeichen wie allgemeines Befinden, Schlaflosigkeit, Übelkeit, Appetitlosigkeit oder Erbrechen. Die ärztliche Autorität bestand aus der Interpretation dieser Zeichen und der daraus abgeleiteten Diagnose und Prognose. Dies galt insbesondere auch für die Auskultation, deren Beherrschung auf den ärztlichen Habitus und der mit ihm assoziierten Evidenz von Befunden wirkte. In der klinischen Ausbildung signalisierte der Besitz des eigenen Stethoskops die Initiation des Novizen in die professionelle Kultur. In der Materialität und ständigen Präsenz des Instruments wurde der ärztliche Status repräsentiert. Weil dies so war, fand das Stethoskop auch bei den Patienten hohe Akzeptanz (Lachmund 1997). Im klinischen Alltag, das heißt im Umgang mit dem Patienten, sah und sprach der Arzt mit ihm. In dieser kommunikativen Situation schaffte das Stethoskop einerseits eine symbolische und direkte Verbindung zwischen den Beteiligten. Andererseits lieferte es aber auch darüber hinaus bestimmte akustische Zeichen, die der Patient weder hören noch verstehen konnte. Dem Arzt ermöglichte das Instrument die Betonung seiner exklusiven Stellung. Das über die Erfahrung erlernte Spektrum der akustischen Phänomene reichte aus, um eine erste Diagnose zu stellen.

An diesem Punkt des diagnostischen Vorgehens erwies sich der Einsatz des Stethoskops auch praktisch als evident: Das spezifische Geräusch diente als Indikator für das weitere Vorgehen. Schon um 1900 erfolgte in der Regel dann der damit verbundene Einsatz komplexerer diagnostischer Techniken. Bedeutsam war hierbei, dass diese Verfahren in räumlich vom Krankenbett separierten Zonen durchgeführt wurden, die Forschungslaboratorien ähnlich waren. Dies bestärkte nochmals die Haltung der traditionellen Ärzteschaft. Während der Arzt mit dem Stethoskop das Geschehen noch in der eigenen Hand hielt, wurde ihm mit den selbstregistrierenden Apparaturen sukzessive die Oberhoheit entzogen. Das Anschließen des Patienten an den Wellenschreiber konnte auch vom nicht-medizinischen Personal geleistet werden. Zudem ergab sich ein weiteres Problem: Die stets hervorgehobene Universalität der Sprache der Kurven galt vielleicht für das physiologische Labor und zahllose andere Bereiche, der Kliniker allerdings verstand sie nicht. Für ihn

waren bestimmte Geräusche selbst eindeutig und als unmittelbar erhobenes Symptom evident, während man das Lesen und Interpretieren von Kurvenverläufen erst mühsam erlernen musste. Hier zeigt sich beispielhaft die besondere Bedeutung impliziten Wissens für die Medizin. In Studium und klinischer Ausbildung wird heute noch, analog zum ärztlichen Blick, das spezifische Hören, das Zuordnen akustischer Phänomene zu bestimmten pathologischen Erscheinungen eingeübt. Diese Fähigkeit wird durch die berufliche Erfahrung kontinuierlich erweitert und verfeinert. So entsteht ein implizites Wissen, dem eine besondere Evidenz zueigen ist. Dies galt für die automatischen Registrierverfahren zunächst nicht. Technische Innovationen mussten verstanden werden, um als sinnvoll im Sinne einer Anschlussfähigkeit zum Bestehenden akzeptiert werden zu können (Löwy 1993, Pickstone 1993, Schlich/Tröhler 2006). Hatte sich eine neue Technik über einen längeren Zeitraum etabliert, konnte dies wiederum implizites Wissen erzeugen: Indem beispielsweise die Kurvendarstellung zu der vorherrschenden Repräsentationsform wurde, ermöglichte sie eine entsprechende Seherfahrung, den Kurvenverlauf auf einen Blick zu erfassen und gegebenenfalls zu interpretieren.

Die Anerkennung oder Ablehnung der unterschiedlichen Methoden, Techniken und Resultate der Visualisierung akustischer Phänomene hing offensichtlich davon ab, ob man ihr Evidenz zuschrieb oder nicht. So wurde narrativen Ansätzen von Laennec oder Skoda ihre Evidenz abgesprochen, da sie für jedes akustische Phänomen eine neue sprachliche Umschreibung ersonnen, die kaum jemand nachvollziehen konnte. Den unterschiedlichen graphematischen Zeichensystemen zur Substitution der Sprache erging es ähnlich, weshalb man ihnen statt wachsender Klarheit, babylonische Sprachverwirrung attestierte. Dagegen war es das erklärte Ziel der unterschiedlichen Apparaturen zur graphischen Registrierung, Objektivität herzustellen. Vielversprechend erschien dabei die Kurve als Registrierformat. Doch auch hier entschied neben der Anschaulichkeit das Kriterium der dem jeweiligen Verfahren und der Visualisierung zugeschriebenen Evidenz über den Grad der Akzeptanz und Verbreitung.

In der Herztonschreibung wurde vor allem der Kurvendarstellung im Vergleich zu den Rußbildern beispielsweise ein hoher Evidenzgrad zugeschrieben, der sich wiederum aus der Erfahrung mit diesem Darstellungsformat in nichtmedizinischen Bereichen zu speisen schien. In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wurde die Kurvendarstellung zur zentralen Repräsentationsform der Wissensvermittlung, wie die ersten Systematisierungen von Felix Auerbach (1914) und Willard Brinton (1914) belegen. Dies gilt insbesondere für die Experimentalwissenschaften, da mit ihr Vorgänge im zeitlichen Verlauf abgebildet werden konnten.¹⁵ Gugerli/Orland (2002: 14) sprechen im 19. Jahrhundert von einer Inflation der Kurve als eine durch die Menschenhand scheinbar unverzerrte Registrierung von Phänomenen des Realen,

insbesondere in der graphischen Registratur physiologischer Prozesse. So wurden die unterschiedlichsten Phänomene in Natur und Technik der graphischen Methode unterworfen. Auf der Suche nach einem eindeutigen Nachweis für die Leistung seiner Dampfmaschine etwa hatte James Watt eine Vorrichtung konstruieren lassen, mit der die Auf- und Abbewegung des Kolbens im Zylinder über einen Schreiber als Kurve dargestellt wurde (Brain/Wise 1994). Kurvendarstellungen fanden sich in der Mathematik ebenso wie in der Physik, wie etwa zur Umsetzung der Konzepte von Arbeit, Kraft oder Energie (Rabinbach 2001). Von dort gelangten sie insbesondere über Hermann von Helmholtz in die Physiologie (Schmidgen 2009, Holmes/Olesko 1995). Zunehmend wurde versucht, die „Methode der Kurve“ (Chadarevian 1993) auch für die medizinische Diagnostik nutzbar zu machen. Die graphische Methode wurde zum allgegenwärtigen wissenschaftlichen Verfahren und darüber hinaus zur kulturellen Wahrnehmungsform. Das spezifische Wissen drang aus den Laboratorien, Fabriken, Kliniken und Forschungsinstituten an die Öffentlichkeit in Form einer universellen Kurve. Bevölkerungsentwicklungen, Krankheitsverläufe, Wetterverhältnisse, Wirtschaftsstatistiken und vieles mehr wurden und werden inzwischen als Kurve visualisiert.¹⁶ Gerade im Hinblick auf die Normalität beziehungsweise die Abweichung von der Norm hat Jürgen Link den Begriff der Kurvenlandschaft als sinnstiftendes Modell für die Moderne geprägt (Link 1997, 2002).

Vor diesem Hintergrund wäre es auch bei dem Problem der Visualisierung von Herztönen zu erwarten gewesen, das Format der Kurvenschreiber zu favorisieren. Aufbauend auf dem Prototyp von Hürthle wurden, wie wir in unserer Untersuchung gezeigt haben, zahllose Apparaturen zur Registrierung des Herzschalls entwickelt (Gerhartz 1911). Die Technikgenese vollzog sich in den jahrelangen Auseinandersetzungen der Protagonisten in den einschlägigen Zeitschriften und Publikationen. Dabei wurde viel über die Schallaufnahme („Membranenstreit“) oder die Schallübertragung diskutiert. Allein die Kurve als Visualisierungsform der Wahl stand nicht zur Debatte. Da sie die zeitgemäße Repräsentationspraktik (Rieger 2009) schlechthin war, attestierte man ihr auch eine entsprechende Evidenz. Im Normalisierungsprozess visueller Strategien entwickelten sich die Kurvendarstellungen zu selbstverständlichen, normalen Bildern, die über eine unhinterfragte Evidenz verfügten (Gugerli/Orland 2002: 10 f.). Sie wurden zu kanonischen Bildern (Gould 1995), da ihnen die Eigenschaft zukam, einen wissenschaftlichen Sachverhalt in einer bestimmten Darstellungsform festzuhalten. Diese wird, in minimalen Varianten, bis heute immer wieder, auch unhinterfragt, abgedruckt. Sie ist auf einen bestimmten Blickwinkel ausgelegt und steuert die Interpretation durch Festlegung der Konvention (Vögtli/Ernst 2007, Krause 1909: 155, Jordanova 1990). Auf der Ebene der Visualisierung erfolgt eine bildgeleitete Referenzierung beziehungsweise ein Mustererkennungssystem, wie Regula Burri diesen Zusammenhang für die bildgebenden Verfahren in der Medizin herausgearbeitet hat. Auf der Basis verschiedener Blicktechniken,

insbesondere dem intuitiven und dem analytischen Blick, wird dabei das Bild erfasst. Zur medizinischen Ausbildung führt Burri entsprechend aus:

Blicktechniken und das für die Bildinterpretation notwendige Wissen werden während der Ausbildung angeeignet und in der klinischen oder wissenschaftlichen Praxis habitualisiert. Der Blick wird spezifisch geschult und diszipliniert, indem er darauf trainiert wird, gezielt auf bestimmte für die Interpretation relevante Aspekte zu achten (Burri 2008: 214).

In diesem Sinne wurden Wellenverläufe und bestimmte „Zacken“ der Herztонkurven für die in unserer Studie diskutierten Ärzte, Physiologen und Kliniker evident.¹⁷

Diejenigen, die abweichende Visualisierungsformen für Herztöne entwickelten, taten dies bezeichnender Weise nicht aufgrund einer grundsätzlichen Ablehnung des Darstellungsformats der Kurve. So entsprang etwa Marbes Methode seiner Kritik an allen Apparaturen, die sich eines Mikrofons als Aufzeichnungsmodul bedienten und nicht seiner Kritik an der Kurvendarstellung (Marbe 1907). Andererseits konnten aber auch seine Rußbilder – wie auch die Holowinskis Interferenzringe – in der wissenschaftlichen Öffentlichkeit nicht reüssieren, da sie in ihrer neuartigen Bildsprache zu stark vom Normalbild abwichen, um auch nur einen geringen Evidenzstatus zu erlangen. Denn es bedurfte ausführlicher Erläuterungen, um die eigenartigen Bilder lesbar zu machen, wie Roos 1911 Marbe entgegenhielt.

Evidenz und Praxis

Im Kontext der Rezeption experimenteller Verfahren der Physiologie kam es im 19. Jahrhundert auch in der Medizin zur Einführung von messenden Verfahren. Vor dem Hintergrund eines Strebens nach Objektivität und Vergleichbarkeit wurde insbesondere die Subjektivität der allein auf Sinnesindrücken (beziehungsweise des Krankenexamens) basierenden Diagnostik in Frage gestellt. Dies galt ebenso für die Versuche der Dokumentation akustischer Phänomene durch sprachliche Umschreibungen oder spezieller Zeichensysteme. So orientierten sich auch die ersten Apparaturen an der in der Physiologie bereits etablierten Methode der Kurven. Es kam allerdings nicht zu einer grundsätzlichen Ablösung des Abhörens der Herztöne mit dem Stethoskop durch die Nutzung der neuen automatischen Aufschreibesysteme, vielmehr erfolgte eine weitgehende Trennung zwischen Forschung und Klinik. In der klinischen Praxis konnte sich die Herzschallschreibung nicht entsprechend durchsetzen. Die Geräte verloren nie den Charakter von Aufzeichnungsinstrumenten des physiologischen Labors und die Kliniker monierten dagegen deren mangelnde Praktikabilität. Zudem setzte sich die Erkenntnis durch, dass die Aufzeichnung der Herztöne erst in zum Teil

aufwändiger Kombination mit anderen Parametern zu aussagekräftigen Ergebnissen führen konnte. Entsprechend wurde sie auch in andere Verfahren integriert.

Die Bewertung der Herztonschreibung hing letztlich davon ab, ob man die individuellen ärztlichen Fähigkeiten stärken wollte oder eine Technisierung und damit sukzessive Delegation der Diagnostik unterstützte. Im klinischen Alltag wurden die Verfahren dann zunehmend miteinander kombiniert. So hatte Klaus Holldack in seiner Habilitationsschrift von 1949 betont, es könne nicht sein,

die Auskultation, die in der klinischen und praktischen Medizin immer ihren Platz bewahren wird, durch einen an den Apparat gebundenes Untersuchungsverfahren zu ersetzen. Im Gegenteil, es wird sich zeigen, dass die Aussagen, die wir auf Grund der Herzauskultation machen können in mancher Beziehung weitergehende sind, wenn wir die Erkenntnisse, die uns die Herzschallschreibung vermittelt, bei der Auskultation verwenden. (Holldack 1949: 5)

Nicht zuletzt diese ökonomisch-praktische Perspektive auf das traditionelle Untersuchungsverfahren hat dazu geführt, dass andere Autoren auch in der aktuellen medizinischen Literatur zur Diagnostik eine „Wiedererlangung der Bedeutung der Auskultationsbefunde“ wahrnehmen, wobei sie gleichzeitig einen Mangel an Dokumentation der Auskultation konstatieren (Doehlemann u. a. 2003: 78).

Die grundlegende Kritik an der Auskultation bestand in der Subjektivität und den mangelhaften Formen der Dokumentation. Bei der Untersuchung des Patienten fallen diese Kriterien indes weg. Hier geht es zunächst nicht um den Austausch mit Fachkollegen, sondern um eine schnelle, möglichst wenig aufwändige Diagnose. Unter der Voraussetzung, dass der Arzt entsprechend ausgebildet ist, sind die Geräusche aus dem Körperinnern für ihn evident. Anders als für den Untrainierten muss diese Evidenz nicht extra durch weitere technische Verfahren unterstützt werden. Evidenzbegründung wird erst im Labor, das selbst einen künstlichen, apparativen Raum darstellt, notwendig und hier durch Anschluss an Sehgewohnheiten wie die Kurvendarstellung erzeugt. Es zeigt sich, dass zumindest in der Herztondiagnostik Evidenz mehrere Wurzeln haben kann und dass die Forderung nach ihr situativ bedingt unterschiedliche Formen evidenzfähiger Daten, Darstellungen oder diagnostischer Verfahren hervorbringt, die in ihrer medizinischen Anwendung parallel existieren können.

Anmerkungen

- 1 Der vorliegende Beitrag ist aus den gemeinsamen Überlegungen einer DFG-geförderten Projektgruppe entstanden, der neben den Autoren Prof. Dr. Irmgard Müller, Thorsten Halling, Dr. Christiane Imhof und Dr. Maria Winter angehörten.
- 2 Vgl. Borck 2009, Nikolow/Bluma 2008, Heßler 2005, Dommann 2004.
- 3 Vgl. insbesondere Huber/Heintz 2001, Gugerli/Orland 2002, Hinterwaldner/Buschhaus 2006, Heßler 2006, Stahnisch/Bauer 2007, Hüppauf/Weingart 2008, Heßler/Mersch 2009, Maasen/Mayerhauser/Renggli 2009.

- 4 Als Überblick vgl. Bogen/Thürlemann 2003, Bredekamp/Bruhn/Werner 2005, Bucher 2007, Bauer/Ernst 2010.
- 5 So etwa zur Röntgentechnik (Dommann 2003, Kevles 1998) oder den unterschiedlichen bildgebenden Verfahren (Cartwright 1995, Burri 2008), zur Mikrofotografie (Schlich 1995, Breidbach 2002) oder den Neurowissenschaften (Borck 2005b, Stahnisch 2007, Hagner 2008, McCabe 2008).
- 6 Zur graphischen Methode Brinton 1914, Hoff/Geddes 1962, Tilling 1975, Frank 1988, Hankins 1995, Hankins 1999, Brain 1996, zur speziellen Methode der Kurve Chadarevian 1993, Holmes/Olesko 1995, Brain 2007a.
- 7 Als Überblick zur Technisierung der Diagnostik und den Instrumentarien Reiser 1978, 1993, Davis 1981, zur Auskultation im Kontext der pathologischen Anatomie Lachmund 1996, Reiser 1978: 23–44, Keele 1963: 56–66.
- 8 Woywodt 1999 hat im Rahmen eines thorakalen Auskultationsbefundes das Geräusch eines atypisch verlaufenden intrakardialen Sehnenfadens mit Brahms Sonate für Cello in F-Dur, Opus 99 verglichen.
- 9 Zur Beschreibung des Pulses wurden bereits ab dem 17. Jahrhundert musikalische Noten verwendet (Kümmel 1977), vgl. u. a. zur Visualisierung von Herzrhythmusstörungen, bei der es vor Einführung der Elektrokardiographie auch Versuche mit Noten gegeben hat Lüderitz 1993.
- 10 Zu Innovation und Innovationsphasen vgl. u.a. Rammert/Bechmann 1997.
- 11 Auch wenn Einthoven (1907) das empfindlichere Saitengalvanometer zur Registrierung der Herztöne vorschlug, beschäftigte er sich in den Folgejahren in erster Linie mit der Entwicklung der Elektrokardiographie (vgl. Burch 1964, Borck 1997).
- 12 Frank widmete sich jedoch hauptsächlich der Hämodynamik sowie insbesondere der Manometertechnik und verfolgte das Problem der Herztonregistrierung nicht weiter (Lohff 1999).
- 13 Die Bezeichnung geht auf Etienne-Jules Marey (1830–1904) zurück (Marey 1878, Braun 1992). Sein Credo war, dass alles, „was der Geist präzise zu erfassen und messen vermag“ graphisch in klarer und genauer Weise ausgedrückt werden kann. „Zahlen, Längen, Dauer oder Kräfte erhalten durch den Gebrauch von graphischen Gestalten ihren konzisesten und fasslichsten Ausdruck.“ (Schäffner 2003: 223).
- 14 Hier liegt eine Besonderheit gegenüber anderen objektivierenden Methoden. Die Ablehnung der neuen Technik beziehungsweise das Beharren auf dem Stethoskop war ganz wesentlich eine Frage des ärztlichen Habitus und des Status und damit eine Frage der Kontinuität. Dem Arzt drohte, das allgegenwärtige Symbol schlechthin genommen zu werden sowie der Verlust der traditionellen diagnostischen Kategorie des Hörens durch Apparaturen. Diese boten dabei nichts grundsätzlich Neues an, sondern die durch Hören bekannten Charakteristika in technisierter Form. Bei den bildgebenden Verfahren traten hingegen neue Kategorien hinzu. Sie leisteten völlig neue Einblicke in den menschlichen Körper, die mit dem alten Sehen im Rahmen der Inspektion wenig gemein hatten und so diese klassische Kompetenz des Arztes nicht wirklich tangierten.
- 15 Zur speziellen Form der Graphen vgl. Hankins 1995, 1999, Hoff/Geddes 1962, Tilling 1975.
- 16 Zur Kurvendarstellung in Statistik und Wirtschaft vgl. Funkhauser 1937, Nikolow 2001a, 2001b, 2006 sowie Tanner 2002.
- 17 Das gilt natürlich ebenso für den auditiven Bereich. Man erlernt das Auskultieren, bestimmte Geräusche zielgerichtet zu erfassen und zu interpretieren. Diese Geräusche sind dann ebenso evident. Was wiederum dafür spricht, dass beide Diagnoseformen relevant bleiben.

Literatur

- Ackerknecht, Erwin Heinz, 1967. *Medicine at the Paris Hospital 1794 – 1848*. Baltimore: Johns Hopkins Press.
- Auenbrugger, Leopold, 1761. *Inventum novum ex percussione thoracis humani ut signo abstrusos interni pectoris morbos detegendi*. Wien: J. J. Trattner.

- Auerbach, Felix, 1914. *Die graphische Darstellung. Eine allgemeinverständliche, durch zahlreiche aus allen Gebieten der Wissenschaft und Praxis erläuterte Einführung in den Sinn und den Gebrauch der Methode*. Leipzig/Berlin: Teubner.
- Bauer, Matthias/Ernst, Christoph, 2010. *Diagrammatik. Einführung in ein kultur- und medienwissenschaftliches Forschungsfeld*. Bielefeld: transcript.
- Benatt, Alfred, 1928. Über Herztonschreibung. *Klinische Wochenschrift*, 7, 752-756.
- Bergmann, G. von/Staehlin, R., 1928. *Handbuch der Inneren Medizin*. Berlin: Springer.
- Blaufox, M. Donald 2002. *An Ear to the Chest. An Illustrated History of the Evolution of the Stethoscope*. Boca Raton u. a.: Panthenon.
- Bogen, Steffen/Thürlemann, Felix, 2003. Jenseits der Opposition von Text und Bild: Überlegungen zu einer Theorie des Diagramms und des Diagrammatischen. In: Alexander Patschovsky, Hg., *Die Bildwelt der Diagramme Joachims von Fiore. Zur Medialität religiös-politischer Programme im Mittelalter*. Ostfildern: Thorbecke Verlag, 1-22.
- Borck, Cornelius, 1997. Herzstrom. Zur Dechiffrierung der elektrischen Sprache des menschlichen Herzens und ihrer Übersetzung in die klinische Praxis. In: Volker Hess, Hg., *Normierung der Gesundheit: Messende Verfahren der Medizin als kulturelle Praktik um 1900*. Husum: Matthiesen, 65-86.
- Borck, Cornelius, 2005a. *Hirnströme. Eine Kulturgeschichte der Elektroenzephalographie*. Göttingen: Wallstein.
- Borck, Cornelius, 2005b. Writing Brains. Tracing the Psyche with the Graphical Method, *History of Psychology*, 8, 79-94.
- Borck, Cornelius, 2009. Bild der Wissenschaft, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin*, 17, 317-327.
- Brain, Robert M., 1996. *The Graphic Method: Inscription, Visualization, and Measurement in Nineteenth-Century Science and Culture*. PhD Dissertation, Los Angeles: University of California.
- Brain, Robert M., 2007a. Representing the Line: Grafische Aufzeichnungsinstrumente und wissenschaftlicher Modernismus. In: Frank Stahnisch und Heijko Bauer, Hg., *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?* Münster: Lit-Verlag, 125-148.
- Brain, Robert M., 2007b. Standard und Semiotik. In: Michael Franz u. a., Hg., *Electric Laokoon. Zeichen und Medien von der Lochkarte zur Grammatologie*. Berlin: Akademie-Verlag, 200-223.
- Brain, Robert M./Wise, Norton, 1994. Muscles and Engines: Indicator Diagrams and Helmholtz's Graphical Method. In: Lorenz Krüger, Hg., *Universalgenie Helmholtz: Rückblick nach 100 Jahren*. Berlin: Akademie-Verlag, 124-145.
- Braun, Marta, 1992. *Picturing Time: The work of Etienne-Jules Marey (1830-1904)*. Chicago/London: University of Chicago Press.
- Bredenkamp, Horst/Bruhn, Matthias/Werner, Gabriele, Hg., 2005. *Diagramme und bildtextile Ordnungen*. Berlin: Akademie-Verlag (=Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik, 3, 1).
- Breidbach, Olaf, 2002. Representation of the Microcosm. The Claim of Objectivity in 19th Century Scientific Microphotography, *Journal of the History of Biology*, 35, 221-250.
- Brinton, Willard C., 1914. *Graphic Methods for Presenting Facts*. New York: The Engineering Magazine Company.
- Brugsch, Theodor, 1929. *Lehrbuch der Herz- und Gefäßerkrankungen*. Berlin: Georg Stilke.
- Brugsch, Theodor, 1947. *Lehrbuch der Herz- und Gefäßerkrankungen*. Leipzig: Hirtzel.
- Brugsch, Theodor/Schittenhelm, Alfred, 1908. *Lehrbuch Klinischer Untersuchungsmethoden für Studierende und Ärzte*. Berlin, Wien: Urban und Schwarzenberg.
- Brugsch, Theodor/Schittenhelm, Alfred, 1921. *Lehrbuch Klinischer Untersuchungsmethoden für Studierende und Ärzte*. Berlin/Wien: Urban und Schwarzenberg.
- Bucher, Sebastian, 2007. Das Diagramm in den Bildwissenschaften. Begriffsanalytische, gattungstheoretische und anwendungsorientierte Ansätze in der diagrammtheoretischen Forschung. In: Ingeborg Reichle, Steffen Siegel und Achim Spelten, Hg., *Verwandte Bilder. Die Frage der Bildwissenschaft*. Berlin: Kadmos, 113-130.
- Burch, George E., 1964. *A history of electrocardiography*. Chicago: The Year Book Publishers.
- Burri, Regula, 2008. *Doing Images. Zur Praxis medizinischer Bilder*. Bielefeld: transcript.
- Bynum, William F./Porter, Roy, 1978. *Medicine and the Five Senses*. Cambridge: Cambridge University Press.

- Cartwright, Lisa, 1995. *Screening the Body: Tracing Medicine's Visual Culture*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Chadarevian, Soraya de, 1993. Die „Methode der Kurven“ in der Physiologie zwischen 1850 und 1900. In: Hans-Jörg Rheinberger und Michael Hagner, Hg., *Die Experimentalisierung des Lebens, Experimentalsysteme in den biologischen Wissenschaften 1850/1950*. Berlin: Akademie-Verlag, 28–49.
- Daston, Lorraine/Galison, Peter, 2008. *Objektivität*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Davis, Aubrey, 1981. *Medicine and its Technology: An Introduction to the History of Medical Instrumentation*. London: Greenwood Press.
- Doehlemann, Christoph/Guentner, Monika/Ulmer, Herbert, 2003. Auskultation und Phonokardiographie - Eine nicht mehr beachtete Einheit?, *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 151, 78–81.
- Dommann, Monika, 2003. *Durchsicht, Einsicht, Vorsicht. Eine Geschichte der Röntgenstrahlen 1896–1963*. Zürich: Chronos.
- Dommann, Monika, 2004. Vom Bild zum Wissen: Eine Bestandesaufnahme wissenschaftshistorischer Bildforschung, *Gesnerus*, 1, 77–89.
- Duffin, Jacalyn, 1998. *To See with a Better Eye: A Life of R.T.H. Laennec*. Princeton: Princeton University Press.
- Einhoven, Willem, 1907. Die Registrierung der menschlichen Herztöne mittels des Saitengalvanometers, *Pflügers Archiv*, 117, 461–472.
- Einhoven, Willem/Geluk, M. A. J., 1894. Die Registrierung der Herztöne, *Pflügers Archiv*, 57, 617–639.
- Eisler, Rudolf, 1904. *Wörterbuch der philosophischen Begriffe*. Band 1, 2. Aufl., Berlin: Mittler.
- Fechner, Gustav Theodor, 1913. Panegyrikus der jetzigen Medizin und Naturgeschichte (Essay von 1822). In: Ders., Hg., *Kleine Schriften*. Leipzig: Breitkopf und Härtel, 46.
- Foucault, Michel, 1988. *Die Geburt der Klinik: Eine Archäologie des ärztlichen Blicks*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Frank, Otto, 1903. Kritik des elastischen Manometers, *Zeitschrift für Biologie*, 44, 445–613.
- Frank, Otto, 1904. Die unmittelbare Registrierung der Herztöne, *Münchener medizinische Wochenschrift*, 51, 953–954.
- Frank, Otto, 1911. Zu den Angriffen K. Hürthle's auf meine „Kritik der elastischen Manometer“, *Zeitschrift für Biologie*, 56, 547–561.
- Frank, Robert G., 1988. The Telltale Heart: Physiological Instruments, Graphic Methods, and Clinical Hopes, 1854–1914. In: William Coleman und Frederic Holmes, Hg., *The Investigative Enterprise: Experimental Physiology in Nineteenth-Century Medicine*. Berkeley: University of California Press, 211–290.
- Funkhauser, H. Gray, 1937. Historical Development of the Graphical Representation of Statistical Data, *Osiris*, 3, 269–404.
- Geigel, Richard, 1920. *Lehrbuch der Herzkrankheiten*. München/Wiesbaden: Bergmann.
- Gerhartz, Heinrich, 1908. Aufzeichnung von Schallerscheinungen, insbesondere die des Herzschalles, *Zeitschrift für experimentelle Pathologie und Therapie*, 5, 105–130.
- Gerhartz, Heinrich, 1911. *Die Registrierung des Herzschalles*, Berlin: Springer.
- Gould, Stephen J., 1995. Ladders and Cones. Constraining Evolution by Canonical Icons. In: Robert B. Silvers, Hg., *Hidden histories of science*. London: New York Review of Books, 37–67.
- Grob, Bart, 2006. Willem Einthoven and the Development of the String Galvanometer. How an Instrument Escaped the Laboratory, *History and technology*, 22, 369–390.
- Gugerli, David, 1999. Soziotechnische Evidenzen. Der «pictorial turn» als Chance für die Geschichtswissenschaft, *Traverse*, 3, 131–159.
- Gugerli, David/Orland, Barbara, 2002. *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*. Zürich: Chronos.
- Hagner, Michael, 2008. Das Hirnbild als Marke, *Bildwelten des Wissens. Kunsthistorisches Jahrbuch für Bildkritik*, 6, 43–51.
- Halbass, Wilhelm/Held, Klaus, 1972. Evidenz. In: Joachim Ritter, Hg., *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. Basel u.a.: Schwabe, 829–834.
- Hankins, Thomas L., 1995. Science since Babel. Graphs, Automatic Recording Devices, and the Universal Language of Instruments. In: Thomas L. Hankins und Robert G. Silverman, Hg., *Instruments and the Imagination*. Princeton: Princeton University Press, 113–147.
- Hankins, Thomas L., 1999. Blood, Dirt and Nomograms. A Particular History of Graphs, *Isis*, 90, 50–80.

- Henry, Stephen G., 2006. Recognizing Tacit Knowledge in Medical Epistemology, *Theoretical Medicine and Bioethics*, 27, 187-213.
- Hess, Volker, 2000. *Der wohltemperierte Mensch. Wissenschaft und Alltag des Fiebermessens (1850-1900)*, Frankfurt a. M./New York: Campus.
- Hess, Volker, 2002. Die Bildtechnik der Fieberkurve. Klinische Thermometrie im 19. Jahrhundert. In: David Gugerli und Barbara Orland, Hg., *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*. Zürich: Chronos, 159-179.
- Hess, Walter Rudolf, 1920. Die graphische Aufzeichnung der Herztöne nach neuer Methode, *Pflügers Archiv*, 180, 35-60.
- Heßler, Martina, 2005. Bilder zwischen Kunst und Wissenschaft. Neue Herausforderung für die Forschung, *Geschichte und Gesellschaft*, 3, 266-292.
- Heßler, Martina, 2006. *Konstruierte Sichtbarkeiten: Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*. München: Fink.
- Heßler, Martina/Mersch, Dieter, Hg., 2009. *Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft*. Bielefeld: transcript.
- Hinterwaldner, Inge/Buschhaus, Markus, 2006. *The Picture's Image. Wissenschaftliche Visualisierung als Komposit*. München: Fink.
- Hoff, Hebbel E./Geddes, Leslie A., 1962. The Beginnings of Graphic Recording, *Isis*, 53, 287-310.
- Hoffman, August, 1911. *Funktionelle Diagnostik und Therapie der Erkrankungen des Herzens und der Gefäße*. Wiesbaden: Bergmann.
- Holldack, Klaus, 1949. *Die Phonocardiographie, ihre Bedeutung für die sinnesphysiologischen Grundlagen der Herzauskultation und ihre diagnostische Verwendung insbesondere auch bei angeborenen Herzfehlern*. Habilitationsschrift, Heidelberg: Universität Heidelberg.
- Holldack, Klaus/Gahl, Klaus, 2005. *Auskultation und Perkussion. Inspektion und Palpation: Lehrbuch und Audio-CD mit Auskultationsbeispielen*. Stuttgart: Thieme.
- Holmes, Frederick L./Olesko, Kathryn, 1995. The Images of Precision. Helmholz and Graphical Methods in Physiology. In: Norton Wise, Hg., *The Values of Precision*. Princeton: Princeton University Press, 198-221.
- Holowinski, A. von, 1896. Über die Photographie der zwei Herztöne, gleichzeitig mit anderen physiologischen Wellen, *Zeitschrift für klinische Medizin*, 31, 200-211.
- Huber, Jörg/Heintz, Bettina, 2001. *Mit dem Auge denken. Strategien der Sichtbarmachung in wissenschaftlichen und virtuellen Welten*. Wien/New York: Springer.
- Hüppauf, Bernd/Weingart, Peter, 2008. *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*. Bielefeld: transcript.
- Hürthle, Karl, 1893. Ueber die Erklärung des Cardiogramms mit Hülfe der Herztönen und über eine Methode zur mechanischen Registrierung der Töne, *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 19, 77-81.
- Hürthle, Karl, 1895. Ueber die mechanische Registrierung der Herztöne, *Pflügers Archiv*, 60, 263-290.
- Hürthle, Karl, 1910. Experimentalkritik der Frank'schen Theorie der elastischen Manometer, *Pflügers Archiv*, 137, 153-224.
- Jordanova, Ludmilla, 1990. Medicine and Visual Culture, *Social History of Medicine*, 3, 89-99.
- Keele, Kenneth D., 1963. *The Evolution of Clinical Methods in Medicine*. London: Pitman.
- Kevles, Bettyann H., 1998. *Naked to the Bone. Medical Imaging in the Twentieth Century*. Reading: Addison-Wesley.
- König, Rudolf, 1872. Die manometrischen Flammen, *Annalen der Physik und Chemie*, 146, 161-199.
- Krämer, Sibylle, 2006. Die Schrift als Hybrid aus Sprache und Bild. Thesen über die Schriftbildlichkeit unter Berücksichtigung von Diagrammatik und Kartographie. In: Thorsten Hoffmann und Gabriele Rippl, Hg., *Bilder. Ein (neues) Leitmedium?* Göttingen: Wallstein, 79-92.
- Krämer, Sibylle, 2009. Operative Bildlichkeit. Von der "Grammatologie" zu einer "Diagrammatologie"? Reflexionen über erkennendes "Sehen". In: Martina Heßler und Dieter Mersch, Hg., *Logik des Bildlichen. Zur Kritik der ikonischen Vernunft*. Bielefeld: transcript, 94-123.
- Krause, Paul, 1909. *Lehrbuch der Klinischen Diagnostik Innerer Krankheiten mit besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden*. Jena: Fischer.
- Krause, Paul, 1913. *Lehrbuch der Klinischen Diagnostik Innerer Krankheiten mit besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden*. 2. Aufl., Jena: Fischer.

- Krause, Paul, 1924. *Lehrbuch der Klinischen Diagnostik Innerer Krankheiten mit besonderer Berücksichtigung der Untersuchungsmethoden*. 3. neu bearbeitete Auflage, Jena: Fischer.
- Kümmel, Werner F., 1977. *Musik und Medizin. Ihre Wechselbeziehung in Theorie und Praxis von 800 bis 1800*. Freiburg: Alber.
- Lachmund, Jens, 1996. Die Erfindung des ärztlichen Gehörs. Zur historischen Soziologie der stethoskopischen Untersuchung. In: Cornelius Borck, Hg., *Anatomien medizinischen Wissens. Medizin, Macht, Moleküle*. Frankfurt a. M.: Fischer, 55-84.
- Lachmund, Jens, 1997. *Der abgehörte Körper. Zur historischen Soziologie der medizinischen Untersuchung*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Laennec, Rene T. H., 1819. *De l'auscultation mediate, ou Traité du diagnostic des maladies des poudrons et du Coeur, fondé principalement sur ce nouveau moyen d'exploration*, Paris: Brosson.
- Langendorff, Oskar, 1891. *Physiologische Graphik. Ein Leitfaden der in der Physiologie gebräuchlichen Registriermethoden*. Leipzig/Wien: Deuticke.
- Lenoir, Timothy, 1994. Helmholtz and the Materialities of Communication. In: Thomas P. Hankins und Albert van Helden, Hg., *Instruments and the Production of Scientific Knowledge, Special Volume of Osiris*, 184-207.
- Lenoir, Timothy 1998. Das Auge der Physiologen. Zur Entstehungsgeschichte von Helmholtz' Theorie des Sehens. In: Philipp Sarasin und Jakob Tanner, Hg., *Physiologie und industrielle Gesellschaft. Studien zur Verwissenschaftlichung des Körpers im 19. und 20. Jahrhundert*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp, 99-128.
- Link, Jürgen, 1997. *Versuch über den Normalismus: Wie Normalität produziert wird*. Opladen: Westdeutscher Verlag.
- Link, Jürgen, 2002. Das normalistische "Subjekt" und seine Kurven. Zur symbolischen Visualisierung orientierender Daten. In: David Gugerli und Barbara Orland, Hg., *Ganz normale Bilder. Historische Beiträge zur visuellen Herstellung von Selbstverständlichkeit*. Zürich: Chronos, 107-128.
- Löwy, Ilana, 1993. Medicine and Change. In: Ilana Löwy, Hg., *Medicine and Change. Historical and Sociological Studies of Medical Innovations*. Montrouge: John Libbey Eurotext, 1-20.
- Lohff, Brigitte, 1999. Das Jahr 1899. Die erste mathematische Beschreibung des Druck-Volumen – Diagramms durch Otto Frank (1865-1944), *Sudhoffs Archiv*, 84, 131-151.
- Lüderitz, Bernd, 1993. *Geschichte der Herzrhythmusstörung. Von der antiken Pulslehre zum implantierbaren Defibrillator*. Berlin: Springer.
- Maasen, Sabine/Mayerhauser, Thorsten/Renggli, Cornelia, 2009. *Bilder als Diskurse – Bilddiskurse*. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft.
- Marbe, Karl, 1907. Registrierung der Herztöne mittels russender Flammen, *Pflügers Archiv*, 120, 205-210.
- Marey, Etienne-Jules, 1878. *La méthode graphique dans les sciences expérimentales*. Paris: Masson.
- Martin, Michael/Fangerau, Heiner, 2006. Die Bedeutung unterschiedlicher Textsorten für die Repräsentation von Wissensverschiebungen in der Medizingeschichte. In: Jörg Vögele, Heiner Fangerau und Thorsten Noack, Hg., *Geschichte der Medizin – Geschichte in der Medizin – Forschungsperspektiven*. Münster: Lit-Verlag, 153-162.
- Martin, Michael/Fangerau, Heiner, 2007. Listening to the Heart's Power: Designing Blood Pressure Measurement, *Icon. Journal of the International Committee for the History of Technology*, 13, 86-104.
- Martius, Friedrich, 1888. Graphische Untersuchungen über die Herzbewegungen, *Zeitschrift für klinische Medizin*, 13, 327-350, 453-481, 558-579.
- McCabe, Aland D. Castel, 2008. Seeing is Believing. The Effect of Brain Images on the Judgment of Scientific Reasoning, *Cognition*, 107, 343-352.
- Mersch, Dieter, 2006. Visuelle Argumente. Zur Rolle der Bilder in den Naturwissenschaften. In: Sabine Maasen, Thorsten Mayerhauser und Cornelia Renggli, Hg., *Bilder als Diskurse – Bilddiskurse*. Weilerswist: Velbrück Wissenschaft, 95-116.
- Morawitz, Paul, 1923. *Klinische Diagnostik Innerer Krankheiten*. Leipzig: Vogel.
- Müller, Irmgard/Fangerau, Heiner, 2010. Medical Imaging. Pictures, "as if" and the Power of Evidence, *Medicine Studies*, 2, 151-160.
- Nicolson, Malcolm, 1993. The Art of Diagnosis. Medicine and the five Senses. In: William F. Bynum und Roy Porter, Hg., *Companion Encyclopedia of the History of Medicine*. London/ New York: Routledge, 801-825.

- Niemeyer, Paul 1868. *Handbuch der theoretischen und clinischen Percussion und Auscultation*. Erlangen: Enke.
- Nikolow, Sybilla, 2001a. Der statistische Blick auf Krankheit und Gesundheit. "Kurvenlandschaften" in Gesundheitsausstellungen am Beginn des 20. Jahrhunderts in Deutschland. In: Ute Gerhard, Jürgen Link und Ernst Schulte-Holtey, Hg., *Infografiken, Medien, Normalisierung. Zur Kartografie politisch-sozialer Landschaften*. Heidelberg: Synchron, 223-241.
- Nikolow, Sybilla, 2001b. A. F. W. Crome's Measurement of the 'Strength of the State'. Statistical Representations in Central Europe around 1800. In: Judy L. Klein und Mary S. Morgan, Hg., *The Age of Economic Measurement*, Supplement to Volume 33 of *History of Political Economy*. Durham/London: Duke University Press, 23-56.
- Nikolow, Sybilla, 2006. Imaginäre Gemeinschaften. Statistische Bilder der Bevölkerung. In: Martina Heßler, Hg., *Konstruierte Sichtbarkeiten. Wissenschafts- und Technikbilder seit der Frühen Neuzeit*. München: Fink, 263-278.
- Nikolow, Sybilla/Bluma, Lars, 2008. Die Zirkulation der Bilder zwischen Wissenschaft und Öffentlichkeit. Ein historiographischer Essay. In: Bernd Hüppauf und Peter Weingart, Hg., *Frosch und Frankenstein. Bilder als Medium der Popularisierung von Wissenschaft*. Bielefeld: transcript, 45-78.
- Oxford Dictionaries, 2011. Oxford Dictionaries Online, Oxford University Press, [URL <http://www.oxforddictionaries.com/definition/evidence?view=uk> (09.05.2011)].
- Peters, Sibylle/Schäfer, Martin Jörg, 2006. Intellektuelle Anschauungen – unmögliche Evidenz. In: Martina Peters und Martin Jörg Schäfer, Hg., „*Intellektuelle Anschauungen*“. *Figurationen von Evidenz zwischen Kunst und Wissen*. Bielefeld: transcript, 9-21.
- Pfaundler, Meinhard, 1898. Eine graphische Darstellungsweise des auscultatorischen Herzbefundes ohne conventionelle Zeichen, *Wiener Klinische Wochenschrift*, 11, 1099-1101.
- Pickstone, John V., 1993. Ways of Knowing. Towards a Historical Sociology of Science, Technology and Medicine, *British Journal for the History of Science*, 28, 433-458.
- Rabinbach, Anson, 2001. *Motor Mensch: Kraft, Ermüdung und die Ursprünge der Moderne*. Wien: Turia und Kant.
- Rammert, Werner/Bechmann, Gotthard, Hg., 1997. *Innovation: Prozesse, Produkte, Politik*, Frankfurt a. M./New York: Campus.
- Reiser, Stanley Joel, 1978. *Medicine and the Reign of Technology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Reiser, Stanley Joel 1993. The Science of Diagnosis. Diagnostic Technology. In: William F. Bynum und Roy Porter, Hg., *Companion Encyclopedia of the History of Medicine*. London/New York: Routledge, 826-851.
- Rieger, Stefan, 2006. Die Gestalt der Kurve. Sichtbarkeiten in Blech und Draht. In: Suanne Strätling und Georg Witte, Hg., *Die Sichtbarkeit der Schrift*. München: Fink, 119-138.
- Rieger, Stefan, 2009. *Schall und Rauch: Eine Mediengeschichte der Kurve*. Frankfurt a. M.: Suhrkamp.
- Romberg, Ernst, 1925. *Lehrbuch der Krankheiten des Herzens und der Blutgefäße*. Stuttgart: Enke.
- Roos, Ernst, 1911. *Klinische Untersuchungen über die Schallerscheinungen des Herzens*. Leipzig: Vogel.
- Sahli, Hermann, 1909. *Lehrbuch der klinischen Untersuchungsmethoden für Studierende und praktische Ärzte*. Leipzig, Wien: Deuticke.
- Schäffner, Wolfgang, 2003. Mechanische Schreiber: Jules Etienne Mareys Aufzeichnungssysteme. In: Bernhard Siegert und Joseph Vogl, Hg., *Europa. Kultur der Sekretäre*. Zürich/Berlin: Diaphanes, 221-234.
- Schlich, Thomas, 1995. "Wichtiger als der Gegenstand selbst". Die Bedeutung des photographischen Bildes in der Begründung der bakteriologischen Krankheitsauffassung durch Robert Koch. In: Thomas Schlich und Martin Dinges, Hg., *Neue Wege in der Seuchengeschichte*. Stuttgart: Franz Steiner Verlag, 143-174.
- Schlich, Thomas/Tröhler, Ulrich, Hg., 2006. *The Risks of Medical Innovation. Risk Perception and Assessment in Historical Context*. London/New York: Routledge.
- Schmidgen, Henning, 2009. *Die Helmholtz Kurve. Auf der Spur der verlorenen Zeit*, Berlin: Merve Verlag.
- Schneider, Kurt, 1994. *Immer ruhig Blut: Technik-, kultur- und körpersoziologische Studien zur Blutdruckmessung*. Berlin: Ed. Sigma.
- Schwening, Ernst, 1906. *Der Arzt*. Frankfurt a. M.: Rütten & Loening.

- Segall, Harold N., 1963. Cardiovascular Sound and the Stethoscope. 1816 to 2016, *Canadian Medical Association Journal*, 88, 308-318.
- Skoda, Joseph, 1854. *Abhandlung über Perkussion und Auskultation*. Wien: Seidel.
- Stahnisch, Frank, 2007. Mind the Gap. Synapsen oder keine Synapsen? Bildkontrolle, Wortwechsel und Glaubenssätze im Diskurs der morphologischen Hirnforschung. In: Frank Stahnisch und Hejiko Bauer, Hg., *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?* Hamburg/Münster: Lit-Verlag, 101-124.
- Stahnisch, Frank/Bauer, Hejiko, 2007. *Bild und Gestalt. Wie formen Medienpraktiken das Wissen in Medizin und Humanwissenschaften?*, Hamburg/Münster: Lit-Verlag.
- Tilling, Laura, 1975. Early Experimental Graphics, *British Journal for the History of Science*, 8, 193-213.
- Vögtli, Alexander/Ernst, Beat, 2007. *Wissenschaftliche Bilder. Eine kritische Betrachtung*. Basel u. a.: Schwabe.
- Weber, A./Wirth, A., 1912. Zur Registrierung der Herztöne nach O. Frank, *Deutsches Archiv für Klinische Medizin*, 105, 562-575.
- Weiss, Otto/Joachim, Gerhard, 1908. Registrierung und Reproduktion menschlicher Herztöne und Herzgeräusche, *Pflügers Archiv*, 123, 341-387.
- Woywodt, Alexander u. a., 1999. Cardiopulmonary Auscultation. Duo for Strings – Opus 99, *Archives of Internal Medicine*, 159, 2477-2479.
- Zimmermann, Anja, 2009. *Ästhetik der Objektivität. Genese und Funktion eines wissenschaftlichen und künstlerischen Stils im 19. Jahrhundert*. Bielefeld: transcript.

Michael Martin
Institut für Geschichte
Theorie und Ethik der Medizin
Universität Ulm
Frauensteige 6
89075 Ulm
Deutschland
E-Mail: michael.martin@uni-ulm.de

Heiner Fangerau
Institut für Geschichte
Theorie und Ethik der Medizin
Universität Ulm
Frauensteige 6
89075 Ulm
Deutschland
E-Mail: heiner.fangerau@uni-ulm.de