

5 Das chirurgische Experiment im Wandel der technischen Elemente

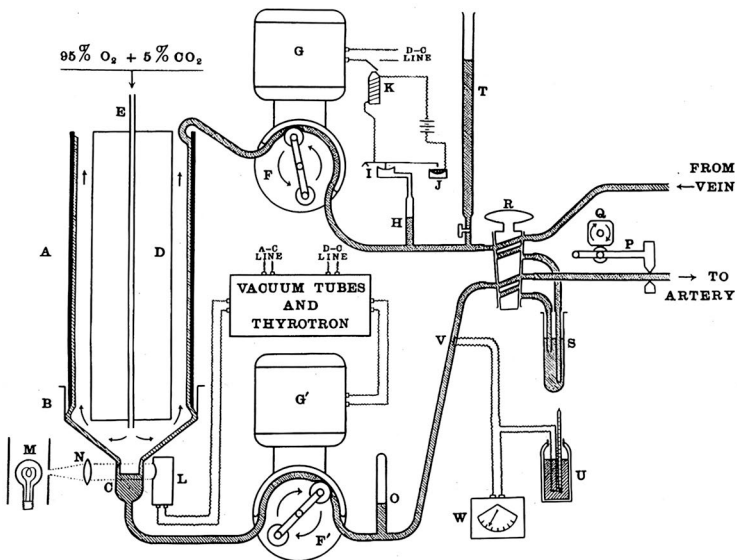
»Es gibt mehrere Merkmale der Apparatur und der Methode, die verbessert werden könnten«, gestand Gibbon in seinem Fachartikel über die 1935 an der Harvard Medical School angestellten Versuche.¹ Zwar hatte die provisorische Herz-Lungen-Maschine genügt, um nachzuweisen, dass sich die kardiopulmonalen Funktionen von Katzen künstlich aufrechterhalten ließen. Doch von einem wahrhaften Durchbruch, das wusste Gibbon, würde erst eine Demonstration der langfristigen Überlebensfähigkeit der Versuchstiere im Anschluss an den Perfusionsvorgang zeugen. Nicht umsonst hielt seine Labor- und Ehepartnerin die Rede von »mehreren Merkmalen«, die es zu verbessern gelte, gar für die »Untertreibung des Jahres«.² So kehrte die junge Familie nach dem Ende des Fellowships in Boston mit der neuerlichen Herkulesaufgabe nach Philadelphia zurück, Maschine und Methode an die nun höhergesteckten Versuchsziele anzupassen. Dies bedeutete auch, sich von vielen lieb gewonnenen Maschinenteilen – »jedes Stück Glas und Gummi war ein alter und geschätzter Freund«³ – zu trennen und zahlreiche Funktionsstellen im Versuchsaufbau neu zu besetzen (vgl. Abb. 5 und Abb. 7).

Dieses Kapitel argumentiert, dass das chirurgische Experiment mit seinem »Retooling«⁴ auf mehreren Ebenen in eine Übergangsphase eintrat. Um den technischen Wandel in seinem Facettenreichtum zu erfassen, ist es erforderlich, diesen

-
- 1 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Artificial Maintenance of Circulation During Experimental Occlusion of Pulmonary Artery«, *Archives of Surgery* 34/6 (1937), S. 1105–1131, hier: S. 1127.
 - 2 Übers. B. P., Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers. 1930–1981. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; MS C 313, Series II: Heart-Lung Machine, 1951–1968: Box 2, Folder 3: Memories of the Early Development of the Heart-Lung Machine, Mary Gibbon, 1970.
 - 3 Übers. B. P., Mary H. Gibbon, »Personal Recollections of the Earliest Years of the Development of the Heart-Lung Machine«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 10/2 (1978), S. 77–88, hier: S. 83.
 - 4 Henning Schmidgen, *Hirn und Zeit. Die Geschichte eines Experiments 1800–1950*, Berlin: Matthes & Seitz 2014, S. 23.

weder auf schlichte Ableitungen gängiger Metanarrative zu reduzieren noch die übergeordneten Zusammenhänge in Mikroanalysen aus den Augen zu verlieren.

Abb. 7: Diagramm des Versuchsaufbaus von 1938. A: Rotierender Zylinder (Schleudertrommel) des Oxygenators; B: Auffangbehälter mit gläserner Schale (C); D: stationärer Zylinder; E: Röhre zum Einlass von Sauerstoff; F/F': venöse/arterielle Rollerpumpe; G/G': Elektromotor der venösen/arteriellen Rollerpumpe; H: vertikaler Seitenarm; I: Membranmanometer; J: Quecksilbernappf; K: Relais; L: Fotozelle; M: Glühlampe; N: Linse; O: T-Röhre; P: Riegel; Q: Quadratrad; R: Absperrhahn; S: Teströhre; T: Burette; U: Thermosflasche mit Mineralöl; V: Wärmefühler im Blutkreislauf; W: Galvanometer.



Quelle: John H. Gibbon Jr., »The Maintenance of Life During Experimental Occlusion of the Pulmonary Artery Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 69/5 (1939), S. 602–614, hier S. 604.

Einerseits ist die Einordnung der Herz-Lungen-Maschine in den Chroniken der Medizin von epochalen Periodisierungen geprägt. Gibbons Karriere, so beschrieb es einer seiner späteren Assistenzärzte im Rückblick, habe die Ära der physiologischen Chirurgie umspannt und in die Ära der technologischen Chirurgie geführt.⁵ Diese Diagnose ist zumindest insofern nicht falsch, als Gibbons Versuche über ihre

5 Vgl. Anthony R. C. Dobell, »From the Era of Physiology to the Era of Technology. Recollections of a Gibbon Resident«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and*

Gesamtdauer hinweg tatsächlich in zunehmendem Maße auf wissenschaftliche und institutionelle Grundlagen des Ingenieurwesens aufbauten. Nichtsdestotrotz fehlt es solchen epochalen Periodisierungen an Differenziertheit, fügen sie sich doch allzu geschmeidig in das neoliberale Metanarrativ der »disruptiven Innovation« ein.⁶

Andererseits hat das Prinzip der »Skaleninvarianz« großen Anklang in der post-humanistischen Wissenschafts- und Technikforschung gefunden. Danach seien sämtliche Formen übergeordneter Trends und Strukturen in Wirklichkeit nichts als Mikrointeraktionen. Solche »flachen Ontologien« verleiten allerdings zu einer geschichtslosen Betrachtungsweise, als ob jede Situation aufs Neue aus einem hobbesschen Naturzustand, einem Wettbewerb hierarchieloser Akteur*innen, geboren würde.⁷ Statt jähler Disruptionen verflüchtigen sich in dieser buchstäblich konservativen Perspektive qualitative Umwälzungen zu kaum mehr als »kleinen Erweiterungen von Praktiken, leichten Beschleunigungen in der Wissenszirkulation, [...] kleinen Modifikationen alter Glaubensformen«⁸ oder kurz: einer bloßen »Aufeinanderfolge von Systemzuständen«.⁹

Dabei legt schon Marx mit seiner Analyse der Umwälzung vom Manufaktur- zum Fabrikwesen im 18. und 19. Jahrhundert eine wesentlich differenziertere Betrachtung des technischen Wandels auf unterschiedlichen Ebenen vor. Das Fabrikwesen emergierte demnach nicht etwa aus einem Naturzustand heraus, sondern hob sich von der alten »handwerks- und manufakturmäßigen Unterlage« durch die Ablösung seiner »technischen Elemente« ab.¹⁰ Ein technisches Element ist dadurch definiert, wie Marx am prominenten Beispiel von Watts doppelt wirkender Dampfmaschine zeigt, dass es »verhältnismäßig wenig durch lokale Umstände bedingt«

Lore. *Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 470–474, hier: S. 473.

- 6 Übers. B. P., Thomas Schlich und Christopher Crenner, »Technological Change in Surgery. An Introductory Essay«, in: dies. (Hg.), *Technological Change in Modern Surgery. Historical Perspectives on Innovation*, Rochester: University of Rochester Press 2017, S. 1–20, hier: S. 4.
- 7 Diese Betrachtungsweise entwickeln dezidiert Michel Callon und Bruno Latour, »Die Demontage des großen Leviathans: Wie Akteure die Makrostruktur der Realität bestimmen und Soziologen ihnen dabei helfen können«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANTHology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 76–101; Latour ist tatsächlich der Meinung, »daß wir nie aus dem Kriegszustand herausgetreten sind, diesem Naturzustand, den wir nach Hobbes durch den Leviathan verlassen haben, was jedoch nie geschah [...]« (Bruno Latour, *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001, S. 272).
- 8 Übers. leicht abgeändert, B. P., Bruno Latour, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 66.
- 9 Hans-Jörg Rheinberger, *Experiment, Differenz, Schrift: Zur Geschichte epistemischer Dinge*, Marburg an der Lahn: Basiliken-Press 1992, S. 50.
- 10 Karl Marx, *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie. Erster Band. Buch I: Der Produktionsprozeß des Kapitals* (Marx-Engels-Werke, Bd. 23), Berlin: Dietz 1979, S. 398 bzw. S. 397.

ist und somit quer über unterschiedliche Anwendungsbereiche (Dampfwebstuhl, Dampfhammer, Dampfeisenbahn) hinweg »als allgemeiner Agent« eingesetzt werden kann.¹¹ Auf diese Weise konnten entlang kleiner technischer Elemente große industrietypische Produktionsbetriebe und Landschaften entstehen, indem sich ein um die Dampfmaschine herum »gegliedertes System von Arbeitsmaschinen« entwickelte und diese gleichzeitig »die Konzentration der Produktion in Städten erlaubte, statt sie wie das Wasserrad über das Land zu zerstreuen«.¹²

Der Canguilhem-Schüler Gilbert Simondon erhebt das technische Element hinsichtlich seiner weitgehend autonomen Integrierbarkeit in unterschiedliche Maschinen gar zur Grundlage, um »eine allgemeine Organologie zu definieren«.¹³ Dabei untersucht Simondons Organologie (ähnlich der von Marx und Canguilhem), wie sich Entwicklungsdynamiken des Lebendigen durch technische Objekte hindurch fortsetzten und in diesen niederschlagen, wofür »Ebenenwechsel« zwischen »Elementen« und »Ensembles« geradezu charakteristisch sind.¹⁴

»In biologische Begriffe übertragen würde die technische Evolution in der Tatsache bestehen, dass eine Spezies ein Organ hervorbrächte, das an ein Individuum weitergegeben würde, welches dadurch zum ersten Glied in einer artspezifischen Abstammungslinie würde, die ihrerseits wieder ein neues Organ hervorbringt. Im Bereich des Lebens ist das Organ nicht von der Spezies ablösbar; im Bereich der Technik ist das Element, eben weil es hergestellt ist, vom Ensemble ablösbar, das es hervorgebracht hat; darin besteht der Unterschied zwischen dem *Gezeugten* und dem *Erzeugten*.«¹⁵

Eine organologische Geschichte technischer Elemente ermöglicht es also, makroskopische Umwälzungen durch mikroskopische Veränderungen nachzuvollziehen, ohne dabei die Kontinuität hierarchisierter Ausgangsbedingungen zu negieren. So sollen die folgenden Abschnitte zeigen, wie sich sowohl die inneren Verhältnisse der experimentellen Maschine als auch die äußeren Verhältnisse des chirurgischen Experiments zu den umgebenden Industrielandschaften im Zuge der Integration technischer Elemente langsam zu wandeln begannen. Dabei stand der Einbau sogenannter Rollerpumpen noch sinnbildlich für die bewährte Verknüpfung der physio-

11 Ebd., S. 398.

12 Ebd., S. 402 bzw. S. 398.

13 Gilbert Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, übers. von Michael Cuntz, Zürich: Diaphanes 2012, S. 60.

14 Ebd., S. 61; Simondon begreift die Technik also, anders als etwa die Akteur-Netzwerk-Theorie, weder als lebendig noch als handlungsfähig; siehe auch Olivier Del Fabbro, *Philosophieren mit Objekten. Gilbert Simondons prozessuale Individuationsontologie*, Frankfurt a.M.: Campus 2021, S. 16.

15 Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, S. 61 [Herv. i. O.].

logischen Chirurgie mit lokalen Maschinenwerkstätten, während mit dem Rückgriff auf Elektronenröhren aus Industrieforschungslaboren zugleich Elemente einer ingenieurmäßigen, technologischen Chirurgie Einzug hielten.

5.1 Rollerpumpen aus der Maschinenwerkstatt

Als Gibbon mit seiner Familie nach Philadelphia zurückkehrte, ahnte niemand etwas von einem beginnenden Wandel in Richtung technologischer Chirurgie – ganz im Gegenteil. Gibbon hatte eigentlich mit einer Weiterbeschäftigung bei Churchill an der Harvard Medical School geliebäugelt, musste nun aber in das medizinische Umfeld Philadelphias zurückkehren, in dem selbst die physiologische Chirurgie, wie sie an fortschrittlichen Einrichtungen längst praktiziert wurde, noch immer Geringschätzung und Widerstand erfuhr. »Ich kann jedoch eine Veränderung in dieser Sichtweise erkennen und hoffe, dass es nicht mehr lange sein wird, bis die existierende Barriere vollständig niedergerissen ist«, machte der Chirurg Isidor S. Ravdin Hoffnung, als ihn ein Empfehlungsschreiben von Churchill für Gibbon erreichte.¹⁶

Ravdin hegte nicht grundlos Zuversicht, denn er selbst war einer der Protagonisten in der bevorstehenden Institutionalisierung dieses lokalen Durchbruchs hin zur physiologischen Chirurgie. Genauer gesagt, handelte es sich bei Ravdin um den designierten Professor und Direktor des in der Gründungsphase befindlichen Harrison Department of Surgical Research, das 1936 seinen Betrieb als neue Spezialabteilung der University of Pennsylvania School of Medicine aufnehmen sollte. Dank Churchills Empfehlung erhielt Gibbon in der neu gegründeten Forschungsabteilung eine Stelle als Fellow samt einem schmalen Budget, das er durch eine Förderung der Macy Foundation aufstockte.¹⁷

Über die monetären Aspekte hinaus ermöglichte ihm die Anstellung in der experimentalchirurgischen Forschungsabteilung vor allem den Zugang zu einer Insti-

16 Übers. B. P., Brief von Isidor S. Ravdin an Edward D. Churchill vom 1. November 1935, Edward Delos Churchill Papers, 1840–1973. H MS c62. Harvard Medical Library, Francis A. Countway Library of Medicine, Boston. Series III: Massachusetts General Hospital Records, 1855, 1890–1972; B. Surgery Department Records, 1906, 1929–1969. 7. Staff, Fellows, and Assistants Correspondence and Records, 1929–1969, Box 18, Folder 17: Gibbon, John H., Jr.: 1929–1935 correspondence and r.m. (incls re »Venesection in Massive Pulmonary Embolism«, by Gibbon, Shillitio and EDC), 1929–1935.

17 Als hilfreich erwies sich dabei die Verschwägerung mit Frank Fremont-Smith, dem medizinischen Direktor der Macy Foundation; vgl. Ada Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991, S. 19 (zu einer näheren Betrachtung der Rolle von persönlichen Netzwerken bei der Fördermittelvergabe siehe auch Kap. 7.1 dieser Arbeit).

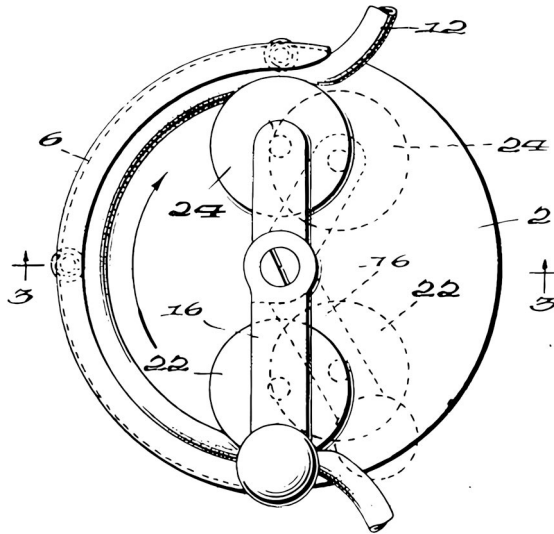
tution, die der physiologischen Chirurgie komplementär zum Laborexperiment als kreative Grundlage diente. So war es nicht unüblich, dass Medical Schools über universitäre Maschinenwerkstätten verfügten, die dem akademischen Personal entweder eigenhändig oder durch ihre Vernetzung mit entsprechenden lokalen Betrieben bei der Spezialanfertigung von Labor- oder Operationsgeräten zur Seite standen.¹⁸ Am Harrison Department konnte Gibbon, als er sich der Verbesserung seines komplizierten Pumpsystems zuwandte, entsprechend auf die tatkräftige Unterstützung des Physiology Machine Shop zählen.¹⁹

Das erste technische Element, das die Mechaniker des Physiology Machine Shop für Gibbon einbauen sollten, stammte ursprünglich jedoch aus den Maschinenwerkstätten im knapp 2000 Kilometer entfernten New Orleans. Dort hatte 1934 der junge Michael E. DeBakey als Laborassistent an der Tulane University School of Medicine medizinische und ingenieurwissenschaftliche Fachbibliotheken nach Hinweisen auf mögliche Transfusionspumpen durchstöbert, ohne zu ahnen, einem entscheidenden technischen Element der Herzchirurgie auf der Spur zu sein: der Rollerpumpe.²⁰ Das peristaltische Funktionsprinzip dieses Pumpentyps, der sich mindestens 80 Jahre zurückverfolgen ließ, basierte auf den namensgebenden Rollen, die montiert auf einem rotierenden Sockel, zirkulär über einen elastischen Gummischlauch walzten und die darin enthaltene Flüssigkeit somit vorantrieben.²¹ Dabei listete schon die älteste bekannte Patentschrift von 1855 eine für technische Elemente charakteristische Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten

-
- 18 Die bereits in Kap. 2.1 der vorliegenden Arbeit erwähnte Harvard Physiological Apparatus Company, die Laborgeräte serienmäßig herstellte und vertrieb, war ein außergewöhnliches Beispiel solcher Maschinenwerkstätten. Dass Produktion und Vertrieb in einer Hand lagen und in solchem Umfang erfolgten, war an anderen Universitäten keineswegs die Regel.
 - 19 So ist in einem Bericht des Harrison Department von 1939 im Rückblick auf Gibbons Versuche zu lesen: »Der neue Apparat, den er entwickelt hat und der in unserem Physiology Machine Shop gebaut wurde, ist, glaube ich, der effizienteste seiner Art, der derzeit verfügbar ist« (übers. B. P., »Reports of the Harrison Department of Surgical Research, January 1939 – October 1939«, School of Medicine, Harrison Department of Surgical Research and the Department of Surgery Records, 1936–1964, UPC 2.9 H., Box 1: Two minute books – Harrison Foundation, Management Committee of George Leidy and Emily McMichael Harrison Foundation, 1936–1948; University Archives, University of Pennsylvania, Philadelphia).
 - 20 Siehe Michael E. DeBakey, »John Gibbon and the Heart-Lung Machine: A Personal Encounter and His Import for Cardiovascular Surgery«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76/6 (2003), S. S2188–S2194, hier: S. S2188; sowie Craig A. Miller, *A Time for All Things: The Life of Michael E. DeBakey*, Oxford: Oxford University Press 2019, S. 72f.
 - 21 Zur Vorgeschichte der medizinisch eingesetzten Rollerpumpen siehe auch Denton A. Cooley, »Development of the Roller Pump for Use in the Cardiopulmonary Bypass Circuit«, *Texas Heart Institute Journal* 14/2 (1987), S. 112–118; sowie Wolfgang Boettcher, Frank Merkle und Heinz-Hermann Weitkemper, »History of Extracorporeal Circulation: The Invention and Modification of Blood Pumps«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 35/3 (2003), S. 184–191.

auf – von der Sirup- und Melasseverarbeitung über die Entleerung von Plumpsklos bis zur Magenspülung.²²

Abb. 8: Schema der Rollerpumpe nach DeBakey



Quelle: Michael E. DeBakey, »A Simple Continuous-Flow Blood Transfusion Instrument«, *New Orleans Medical and Surgical Journal* 87/6 (1934), S. 386–389, hier S. 387.

DeBakey war nicht der Erste, der sich an der Anwendung einer Rollerpumpe zu Transfusionszwecken versuchte. Doch er beseitigte den Makel bisheriger Modelle, dass das Walzwerk nicht nur den Schlauchinhalt, sondern unerwünschterweise auch den Schlauch selbst in seiner Führung allmählich vorantrieb, was die Pumpleistung beeinträchtigte. Die von DeBakey angestrebte Weiterentwicklung der Rollerpumpe (siehe Abb. 8) sah deshalb vor, den Schlauch mit einem Flansch zu versehen, der sich fest mit der Führung verschrauben ließ.²³ Rasch trieb der aufstrebende Mediziner die Umsetzung eines derartigen Prototyps voran, und zwar auf den altergebrachten Wegen der physiologischen Chirurgie: »[N]atürlich gab es die Zim-

22 Rufus Porter und J. D. Bradley, *Elastic-Tube Pump*, US12753A, United States Patent Office 1855, S. 2f.

23 Vgl. Michael E. DeBakey, »A Simple Continuous-Flow Blood Transfusion Instrument«, *New Orleans Medical and Surgical Journal* 87/6 (1934), S. 386–389; siehe zudem Miller, *A Time for All Things*, S. 73f.

merei und die mechanische Werkstatt, um Dinge im Gebäude der medizinischen Fakultät zu reparieren. Und wenn ich etwas gut gießen musste, sagte er mir, wohin ich [...] in der Stadt gehen sollte.«²⁴

Die von erfinderischen Chirurgen wie DeBakey und Gibbon aufgesuchten Maschinenwerkstätten bildeten in den 1930er-Jahren längst Enklaven in einer mehr und mehr vom Prinzip des *Research & Development* dominierten Industrielandschaft. Bis ins späte 19. Jahrhundert waren Werkstätten, in denen legendäre Erfinder wie Thomas Alva Edison, Alexander Graham Bell und Samuel F. B. Morse tüftelten, die prägenden Orte technischer Entwicklungen in den Vereinigten Staaten gewesen. Doch seit der Jahrhundertwende wurde diese »Werkstattkultur« zunehmend durch große konzerneigene Industrieforschungslabore marginalisiert.²⁵

So proklamierte beispielsweise ein Abteilungsleiter im National Research Council 1928:

»Mit dem rasanten Wachstum der Industrieforschung, der rasant steigenden Zahl von Industrieforschungslaboren mit ihren nahezu unbegrenzten Möglichkeiten zur Entdeckung und Tatsachenfeststellung verliert die Erfindung, wie sie populär verstanden wird, ihren vorrangigen Stellenwert [...]. Der verschwindende unabhängige amerikanische Erfinder kann als eines von vielen Anzeichen für den tiefgreifenden Einfluss angeführt werden, den die wissenschaftliche Forschung auf die Alltagsaktivitäten der industriellen Welt ausübt.«²⁶

Trotz des Abgesangs auf den »unabhängigen amerikanischen Erfinder« glich dessen Marginalisierung keineswegs einer disruptiven Ablösung. Der Chirurg in der Maschinenwerkstatt war lediglich ein Spezialbeispiel für den allgemeinen Fortbestand konzernunabhängigen Erfindertums im Schatten der Industrieforschung. Über weite Strecken des 20. Jahrhunderts zeichneten sich solche Tüftler weiterhin für eine beachtliche Zahl an Patentanmeldungen verantwortlich, die sie sowohl in Konkurrenz als auch in Kooperation mit Großkonzernen vermarkteten.²⁷

Nach ähnlichem Muster wandte sich auch DeBakey erst für die serienmäßige Produktion des zuvor in den Werkstätten konstruierten Prototyps an industrielle

24 Übers. B. P., Michael E. DeBakey, Interviewaussage, Michael E. DeBakey Archives. 1903–2010. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; MS C 582, Series I: Personal and Biographical 1926–2009: Interviews 1959; [late 1960s]; 1972–1979; 1986–1987; 1994–1999; 2005–2008: Don A. Schanche Interviews DeBakey, 1972 Jan–Sep, Box 2, Folder 9 [transcript tape 3].

25 Vgl. Paul Israel, *From Machine Shop to Industrial Laboratory. Telegraphy and the Changing Context of American Invention, 1830–1920*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 1992.

26 Übers. B. P., Maurice Holland, »Research, Science and Invention«, in: Frederic W. Wile (Hg.), *A Century of Industrial Progress*, New York: Doubleday, Doran 1928, S. 312–334, hier: S. 330f.

27 Vgl. Eric S. Hintz, *American Independent Inventors in an Era of Corporate R&D*, Cambridge, MA: MIT Press 2021.

Hersteller. Just im Jahr von Gibbons Stellenantritt am Harrison Department, 1936, vermeldete schließlich die in St. Louis ansässige Aloe Company die Markteinführung von DeBakeys Rollerpumpe und drängte ihn, diese auf der ausgerechnet in Philadelphia stattfindenden Jahrestagung des American College of Surgeons zu präsentieren: »Alles in allem würden wir dieses Instrument gern auf dem Clinical Congress im Herbst vorstellen und einen ziemlichen Faktor aus ihm machen [...]. Die Maschine ist fertig und wartet jetzt nur noch auf Ihre Zustimmung.«²⁸

Für Gibbon, der auf ebendieser Tagung seine Rube-Goldberg-artige Herz-Lungen-Maschine von 1935 vorstellte, erwies sich die wie aus einem Guss daher kommende Rollerpumpe im Gespräch mit DeBakey definitiv als »ziemlicher Faktor«.²⁹ Sowohl auf der venösen als auch auf der arteriellen Seite des extrakorporalen Kreislaufs eingebaut, stand die Rollerpumpe im chirurgischen Experiment fortan für Kontinuität und Wandel zugleich.

Auf der institutionellen Makroebene pflanzte das technische Element schlicht die traditionelle Anbindung der physiologischen Chirurgie an universitäre und assoziierte Maschinenwerkstätten in die experimentelle Herzchirurgie hinein fort. In der Transfusionsmedizin selbst erwies sich die Rollerpumpe trotz ihrer unbestrittenen Effektivität schon bei ihrer Einführung als nahezu obsolet, da mit dem systematischen Aufbau von Blutbanken in den späten 1930er-Jahren direkte Transfusionen von Mensch zu Mensch immer seltener praktiziert wurden.³⁰ Wie es für technische Elemente nach Marx und Simondon typisch ist, entfaltete DeBakeys Rollerpumpe ihre historische Tragweite dementsprechend nicht in ihrem transfusionsmedizinischen Entstehungsgebiet, sondern erst, als sie sich davon ablöste und andernorts auf fruchtbaren Boden traf. »Ich habe nicht die volle Tragweite erkannt«, räumte DeBakey ein, »weil ich mit [der Rollerpumpe] nicht auf eine künstliche Herz-Lungen-Maschine abzielte. Erst später, als ich auf einer Tagung war, erfuhr ich, was Dr. Gibbon machte.«³¹

28 Übers. B. P., Brief von H. F. Bear, Präsident der Aloe Company, an Michael E. DeBakey vom 27. Mai 1936, Michael E. DeBakey Archives, Series II: Correspondence, 1921–2009; [Patents], 1935–1937; Box 5, Folder 34.

29 Craig A. Miller datiert das entscheidende Zusammentreffen von DeBakey und Gibbon auf die Jahrestagung der American Medical Association 1939 (vgl. Miller, *A Time for All Things*, S. 116). Es mag auf dieser Tagung erneut zu einem Treffen der beiden gekommen sein, doch der ursprüngliche Austausch über die Rollerpumpe muss früher stattgefunden haben, da Gibbon bereits 1938 Versuche mit der Rollerpumpe durchführte. Alles deutet dementsprechend auf die im oben zitierten Brief erwähnte Tagung 1936 in Philadelphia hin.

30 Vgl. Miller, *A Time for All Things*, S. 114f.

31 Übers. B. P., DeBakey, Interviewaussage, Michael E. DeBakey Archives, Series I: Personal and Biographical 1926–2009: Don A. Schanche Interviews DeBakey, 1972 Jan–Sep, Box 2, Folder 9 [transcript tape 3].

Auf der Mikroebene von Gibbons Versuchsaufbau ging die Integration der neuen Pumpe jedoch mit einem signifikanten Wandel, um nicht zu sagen mit einer »Konkretisation«, ³² der inneren Verhältnisse einher. Die doppelte Kolben-Blutpumpe nach Dale und Schuster hatte in Gibbons Versuchen von 1935 zwar ihren Zweck erfüllt, stellte aber letztlich ein auf höchst spezifische Vorkehrungen ausgerichtetes und darum fehleranfälliges Flickwerk dar: Um den Kontakt des Blutes mit den mechanischen Bauteilen zu vermeiden, musste die Pumpwirkung umständlich über je eine »Herzkammer« in Form eines Fingerlings vermittelt werden. Behelfsmäßig aus Gummikorken gebastelte Klappenventile mussten dem Rückfluss in die unerwünschte Richtung vorbeugen. Und schließlich musste der hohe Druck, mit dem die rabiaten Kolbenbewegungen die fragile Flüssigkeit intermittierend einsaugten und ausstießen, durch zusätzliche Seitenarme und Luftkammern gedämpft werden, die wie Arteriolen den »Gefäßwiderstand« senkten und einen sachteren, kontinuierlichen Blutstrom gewährleisteten. Kurzum, in dieser Kolben-Blutpumpe erfüllte ein unkonkretes Sammelsurium von Einzelteilen jeweils isolierte Funktionen.

Bei der Rollerpumpe hingegen verschmolzen die wenigen, aber synergetisch zusammenwirkenden Komponenten förmlich zu einem hochgradig konkreten Bauteil, einem technischen Element: Die walzenden Rollen hielten in einer Bewegung sowohl einen kontinuierlichen als auch gerichteten Blutfluss mit sanften Pulsationen in Gang, wobei der Gummischlauch nicht nur als bloße Trennwand fungierte, sondern kraft seiner Elastizität zugleich als Überträger der Pumpwirkung. Diesem hohen Grad an Konkretisation verdankte die Rollerpumpe zum einen ihre weitgehende Unabhängigkeit von technischen Umgebungsbedingungen, die es ermöglichte, das elementare Bauteil geschlossen aus Transfusionsapparaturen aus- und in Gibbons experimentelle Herz-Lungen-Maschine einzubauen. Zum anderen machte die Rollerpumpe in ihrem neuen Einsatzgebiet zahlreiche Komponenten (wie Fingerlinge, Klappenventile und Luftkammern) und mit ihnen auch die dem physiologischen Herzen nachempfundene Kompartimentierung des Pumpsystems schlicht überflüssig.

So schlich sich auf der maschinellen Mikroebene mit dem technischen Element der Rollerpumpe ein erstes Merkmal technologischer Chirurgie in die vorläufige Kontinuität der physiologischen Chirurgie auf der institutionellen Makroebene. Denn obgleich es Gibbons ungebrochene Ambition war, die Vitalparameter seiner Versuchstiere maschinell so nah wie möglich am physiologischen »Normalzustand« zu stabilisieren, deutete sich doch eine partielle Emanzipation der Herz-Lungen-Maschine von ihrem physiologischen Vorbild an.³³ Die Aufrechterhaltung vitaler

32 Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, S. 32.

33 Dieses Nebeneinander von physiologischer und technologischer Chirurgie bestand bis ins Abschlusstadium des Experiments fort. »Ich denke, es ist wichtig zu verstehen, dass es Dr. Gibbons Konzept war, alles so weit wie möglich physiologisch normal zu halten. [...] Das

Funktionen begann, sich eher an ingenieurmäßigen Kriterien des Maschinenbaus als an der möglichst getreuen Nachbildung physiologischer Strukturen zu messen. Zumindest was die Form und Funktionsweise der Pumpen betraf, waren diese nun, mit Marx formuliert, »gänzlich durch das mechanische Prinzip bestimmt und daher gänzlich emanzipiert von der überlieferten Körperform des Werkzeugs, das sich zur Maschine entpuppt«.³⁴

Für Gibbon bestand seit dem Einbau der Rollerpumpe in seine experimentelle Herz-Lungen-Maschine jedenfalls kein Zweifel mehr, dass das Hubkolbenprinzip seiner früheren Blutpumpe und sogar das des physiologischen Herzens selbst der zeitgenössischen Ingenieurskunst unterlegen waren. »Das menschliche Herz ist ein Hubkolbenmotor«, äußerte er später vor der Lokalpresse, »ich bin sicher, wenn es neugestaltet werden könnte, wäre es vom Typ einer Turbine.«³⁵

5.2 Elektronenröhren: Das Patentrezept der Industrieforschung

Aus den Radiolautsprechern drangen Präsident Roosevelts »Kamingespräche«, in den Fabriken von Philadelphias Schwerindustrie sprühten die Funken und mit den neuen Rollerpumpen zur Hand sollte in Gibbons Labor schon bald wieder Blut zwischen Katze und Oxygenator zirkulieren. All diese Geschehnisse hatten einen gemeinsamen Kern, denn in Nachrichtentechnik, Industriemaschinen und Gibbons Versuchsaufbau kamen in den späten 1930er-Jahren verwandte oder gar identische elektronische Bauteile zum Einsatz. Mit der Integration dieser technischen Elemente fügte sich das chirurgische Experiment in den allgemeinen Aufschwung der Elek-

ist einigermaßen paradox, wenn man bedenkt, dass man etwas so Unphysiologisches vorhat, wie allen das Blut zu entziehen und es durch einen großen Apparat laufen zu lassen, aber das war sein Grundprinzip [...]«, brachte John Y. Templeton III, der nach dem Zweiten Weltkrieg Teil von Gibbons Forschungsgruppe wurde, das Spannungsverhältnis auf den Punkt (übers. B. P., zitiert nach »Recollections about John H. Gibbon, Jr., M.D. (by Frederick B. Wagner, Jr., M.D., Bernard J. Miller, M.D., John Y. Templeton, III, M.D., John J. McKeown, Jr., M.D.) – July 31, 1996« [Interview-Transkript], John H. Gibbon, 1996–1996, 01, Box 1A, Folder 10. William S. Stoney Collection, EBL-0241. Eskin Biomedical Library Manuscripts Collection. William S. Stoney Collection. History of Medicine Collections, Eskin Biomedical Library, Vanderbilt University, Nashville, TN; hier: S. 12).

34 Marx, *Das Kapital*, S. 404, Fn. 103. Marx kommt zu dieser Feststellung (ebd.) in Bezug auf den Ersetzungsprozess der Pferdekraft durch Dampfkraft, wo ihm zufolge eine vorläufige Version der Lokomotive »zwei Füße hatte, welche sie abwechselnd wie ein Pferd aufhob«.

35 Übers. B. P., Gibbon, zitiert nach Dick Pearce, »New Mechanical Heart Revealed in U.C. Lecture«, *San Francisco Examiner* (26. April 1950), S. 5, hier: S. 5.

tronik in der Zwischenkriegszeit ein und begann im selben Zuge mehr und mehr in den Einflussbereich der Industrieforschung zu geraten.³⁶

Anlass zu diesem neuerlichen »Retooling« gaben altbekannte Probleme bei der Regulation des Blutflusses zwischen Maschine und Organismus auf der Mikroebene des Versuchsaufbaus. Die schwerfälligen Riemenscheiben zwischen den Elektromotoren und den Blutpumpen waren für den neuen Versuchsaufbau zwar Rheostaten gewichen, über die sich die Motordrehzahl und damit die Pumpgeschwindigkeit bequem einstellen ließen. Doch während des Perfusionsvorgangs mussten sich die Pumpgeschwindigkeiten stets variabel anpassen, um potenziell tödliche Unregelmäßigkeiten auszugleichen: Wurde Blut schneller aus der kanülierten Vene des Versuchstieres abgesaugt, als es nachfließen konnte, trieb der entstehende Unterdruck die Gefäßwand blockierend in die Kanüle. Auf der arteriellen Seite des extrakorporalen Kreislaufs konnte es zu gefährlichen Schwankungen des Füllstands im gläsernen Auffangbehälter am unteren Ende des Oxygenators kommen; bei zu weitem Absinken drohten Luftblasen aus dem Oxygenator in die Leitungen zu gelangen, wohingegen ein zu starker Anstieg mit einem Blutmangel in den Gefäßen des Versuchstieres einherging.³⁷

Die telegrafisch inspirierten Schalter aus Quecksilbernäpf, Draht und Elektromagnet, die dem Blutfluss notfalls rustikal einen Riegel vorschoben, stellten wie die meisten in den Versuchen von 1935 eingesetzten Vorrichtungen recht provisorische Lösungen dar. In der Tat stand Gibbons »Quecksilber-Magnetklemme« einmal mehr für die Kontinuität der Werkstattkultur des 19. Jahrhunderts im chirurgischen Experiment und hätte im Vergleich mit zeitgenössischen Entwicklungen in der Regelungstechnik schon damals wie ein Relikt angemutet.³⁸ Denn bereits in den frühen 1930er-Jahren proklamierten Ingenieure die Ablösung elektromagnetischer Apparaturen durch elektronische Regelkreise:

»Wir treten nun in eine neue Phase der elektrischen Entwicklung ein, die schließlich dazu bestimmt ist, die Unmengen an sperrigen, lärmenden und teuren elek-

36 Als »Elektronik« bzw. »elektronisch« sollen im Folgenden Bauteile, Geräte und Maschinen bezeichnet werden, welche sich den kontrollierten Fluss von Elektronen durch Vakuum oder Gas zunutze machen, was in der hier behandelten Zeitspanne gleichbedeutend mit dem Einsatz von Elektronenröhren ist. Erst nach dem Zweiten Weltkrieg wurden Elektronenröhren allmählich durch Transistoren ersetzt (vgl. Frederik Nebeker, *Dawn of the Electronic Age. Electrical Technologies in the Shaping of the Modern World, 1914 to 1945*, Hoboken: Wiley & Sons 2009, S. 9).

37 Vgl. John H. Gibbon Jr., »The Maintenance of Life During Experimental Occlusion of the Pulmonary Artery Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 69/5 (1939), S. 602–614, hier: S. 604f.

38 Wie in Kap. 4.2 dargelegt, waren Schalter aus Quecksilbernäpf, Draht und Elektromagnet bereits Teil des prototypischen Schreibtelegraphen, den Morse in seinem Atelier konstruierte.

tromagnetischen Apparaturen obsolet zu machen und durch Elektronenröhren samt ihren zugehörigen Schaltkreisen und stationären Geräten zu ersetzen, die nicht nur schnell wie der Blitz und leise wie der Fluss der Zeit alle Formen von Stromkreisen schließen und öffnen, sondern auch die Spannungen von Generatoren und Leitungen regulieren, die Frequenz steuern, Stromflüsse gleichrichten und invertieren, den Leistungsfaktor und industrielle Prozesse regeln sowie Geräte fernsteuern.«³⁹

So wie im Laufe des 19. Jahrhunderts Vorrichtungen der elektrischen Telegrafie ihre Wege bis in die physiologischen Laboratorien gefunden hatten, so hielt seit dem frühen 20. Jahrhundert die im Zuge der Radiotechnik entstehende Elektronik Einzug in unterschiedlichste Lebens-, Arbeits- und Forschungsbereiche.⁴⁰

Während Gibbon im Herbst 1936 noch mit DeBakey über Blutpumpen sprach, resümierte am Franklin Institute einige Straßen weiter David Sarnoff, Präsident der einflussreichen Radio Corporation of America (RCA), in einer Rede bereits drei Jahrzehnte Radiogeschichte: Von der drahtlosen Nachrichtenübertragung in Spezialbereichen wie der Marine über die Verbreitung von Funksprechgeräten während des Weltkriegs habe sich der Rundfunk nun zu einem populären Massenkommunikationsmittel entwickelt, dem durch die baldige Übertragbarkeit von Bildern in jeden Haushalt eine glänzende Zukunft bevorstehe.⁴¹ Gegen Ende seines Vortrags skizzierte Sarnoff am Rande auch den Einfluss der Radiotechnik in Bereichen jenseits der Nachrichtenübertragung:

»Ich werde nicht versuchen, jene kollateralen Beiträge durchzugehen, mit denen die Radiowissenschaft geholfen hat, den Puls anderer Industrien zu beschleunigen. Es ist jedoch eine erwähnenswerte Tatsache, dass Radoröhrentechnik und fotoelektrische Steuerung nicht nur in den ingenieurmäßigen Zweigen der Industrie mehr und mehr Anwendung finden, sondern auch willkommene Ergänzungen des Werkzeugkastens der reinen Wissenschaft sind. [...] Astronomen und Meteorologen, Filmstudios und Elektrizitätswerke, Doktoren der Medizin und Elektroschweißer sind allesamt Begünstigte der Radioforschungslabore geworden.«⁴²

39 Übers. B. P., Charles R. Underhill, *Electrons at Work. A Simple and General Treatise on Electronic Devices, their Circuits, and Industrial Uses*, New York: McGraw-Hill 1933, S. 174.

40 Einen Überblick über den Einzug der Elektronik in verschiedenste Bereiche wie Industrie, Militär, Unterhaltung, Wissenschaft usw. bietet Nebeker, *Dawn of the Electronic Age*; speziell zum Bereich der Lebenswissenschaften siehe Nicolas Rasmussen, *Picture Control. The Electron Microscope and the Transformation of Biology in America, 1940–1960*, Stanford: Stanford University Press 1997; sowie Max Stadler, *Assembling Life. Models, the Cell, and the Reformations of Biological Science, 1920–1960*, Dissertationsschrift: Imperial College London 2010.

41 Vgl. David Sarnoff, »Three Decades of Radio«, *RCA Review* 1/3 (1937), S. 5–18.

42 Übers. B. P., ebd., S. 17.

Dass Radiokonzerne aus einer Makroposition heraus derart weitreichenden Einfluss in unterschiedlichsten Bereichen geltend machen konnten, war keinem hobbesschen Kampf hierarchieloser Akteur*innen entsprungen, sondern einer rabiaten Patentierungsstrategie zur Festigung vorab bestehender Marktmacht. Zwischen 1919 und 1921 waren die größten Patentinhaber auf dem Gebiet der Drahtloskommunikation – General Electric, AT&T und Westinghouse – einer Patentgemeinschaft beigetreten und hatten sich als Anteilseigner der neu gegründeten Radio Corporation of America (RCA) zu einem marktbeherrschenden Kartell verflochten.⁴³ Dessen formale Zerschlagung ließ in den 1930er-Jahren eine oligopolistische Marktstruktur zurück, in welcher die Entwicklungen der Radiotechnik weiterhin fest im Griff der RCA und ihrer ursprünglichen Anteilseigner blieben.⁴⁴

Eine der Schlüsseltechnologien dieser Patentgemeinschaft war, wenn man Simondon folgt, das Paradebeispiel eines technischen Elements schlechthin: die Radoröhre.⁴⁵ Diese Elektronenröhre war zunächst als hochsensibler Empfänger und Verstärker für Funksignale entwickelt worden und während des Ersten Weltkriegs in die standardisierte Massenproduktion übergegangen.⁴⁶ In der Folge konkretisierten und differenzierten sich verschiedene Röhrencharakteristiken, sodass sich bis in die 1930er-Jahre ein gewaltiger Variantenreichtum unter den Elektronenröhren herausgebildet hatte. In Gang gesetzt durch Glüh- oder (im Spezialfall der Fotozelle) Fotoemission schossen Elektronen in evakuierten oder gasgefüllten Röhren über ein Steuergitter kontrolliert von Kathode zu Anode; und sie taten dies in einer selbst für technische Elemente beeindruckenden Vielfalt von Kombinationen, Gerätschaften und Anwendungsgebieten.⁴⁷ Nicht umsonst wurden diese Entwicklungen in begleitend aufkommenden Fachzeitschriften wie *Electronics* in Gestalt eines ganzen Familienstammbaums der Elektronenröhren illustriert (siehe Abb. 9).

In den 1930er-Jahren begannen die weitreichenden Verzweigungen der Elektronenröhre mit ganzer Macht auch im Feld der Schwerindustrie Wurzeln zu schlagen:

»Radioingenieure haben seit Jahren gewusst, dass die Elektronenröhre viele Aufgaben leise und effizient erledigen würde, aber erst kürzlich haben Ingenieure in anderen Feldern die bemerkenswerten Fähigkeiten elektronischer Geräte entdeckt. Ingenieure finden nun heraus, dass die kleine Röhre, die eine 500.000.000-

43 Siehe hierzu Steve J. Wurtzler, *Electric Sounds. Technological Change and the Rise of Corporate Mass Media*, New York: Columbia University Press 2007, S. 22–31; sowie Leonard S. Reich, *The Making of American Industrial Research. Science and Business at GE and Bell, 1876–1926*, Cambridge: Cambridge University Press 1985, S. 218–224.

44 Vgl. ebd., S. 234f.

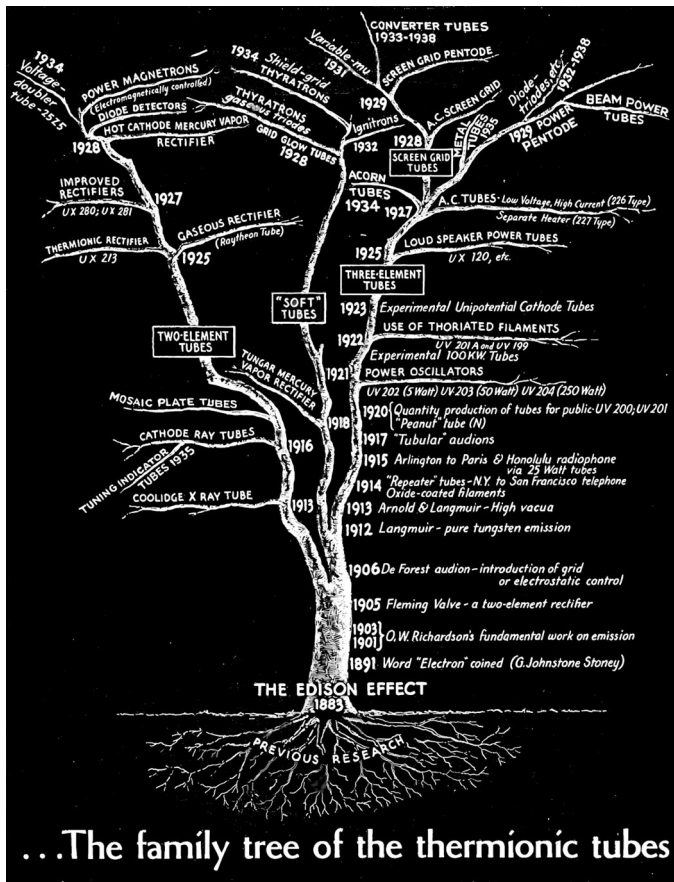
45 Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, S. 26–32.

46 Vgl. Reich, *The Making of American Industrial Research*, S. 219f.

47 Vgl. z.B. Underhill, *Electrons at Work*, S. 112.

Dollar-Industrie aus einem Vakuum erschaffen hat, auch auf Probleme im Bergbau, in der Fertigung, der Chemie, im Transportwesen oder in anderen Industrien angewendet werden kann. [...] Tatsächlich dürfte das Jahr 1930 als das Jahr bekannt werden, in dem die Elektronenröhre die Räder der Industrie erfasst hat; es ist das Jahr, in dem die Emanzipation der Röhre von der Kunst der Kommunikation verkündet wird.⁴⁸

Abb. 9: Der »Familienstammbaum« der Elektronenröhren



Quelle: »Public Relations in Industry with Special Reference to Industries Based on the Electronic Tube«, *Electronics* 11/10 (1938), Insert, S. 12.

48 Übers. B. P., Keith Henney, »Coming Industrial Markets for Application of the Thermionic Tube and the Photo-electric Cell«, *Electronics* 1/6 (1930), S. 288–289, hier: S. 288.

Ein wesentlicher Grund für diese Emanzipation der Elektronenröhre – und für Gibbons wachsendes Interesse an ihr – war ihre Nutzbarkeit in der Regelungstechnik. Die Elektronik erfasste buchstäblich die »Räder der Industrie«, denn die Getriebe komplexer Maschinen ließen sich mit ihrer Hilfe automatisch und präzise regulieren.⁴⁹ Nicht umsonst zeichnete Lewis Mumford just zu dieser Zeit das Bild einer »neotechnischen Ära« mit hochgradig automatisierten Fabriken, aus denen menschliche Arbeitskräfte fast vollständig verschwunden waren.⁵⁰ Eine vollkommen robotische Chirurgie war sicherlich nicht Gibbons Vision, doch einen Assistenten einzig mit der manuellen Regulierung der Pumpgeschwindigkeit zu betrauen, kam für ihn ebenso wenig infrage: »[D]ies erfordert die ungeteilte Aufmerksamkeit von einem Assistenten während der gesamten Zeitspanne der Perfusion, und die geringste Unaufmerksamkeit seinerseits kann zum Tod des Tieres führen.«⁵¹

Dieser Automatisierungsanspruch sollte Gibbons neuen Versuchsbau zumindest mit einer maschinellen Herzhälfte ins Gebiet der elektronischen Regelungstechnik und damit in die Kreise der Industrieforschungslabore führen. Auf der venösen Seite des extrakorporalen Kreislaufs genügten noch Modifikationen der alten Vorrichtung, um die Blockade durch die angesaugte Gefäßwand zu lösen: Weiterhin erfasste ein Membranmanometer den plötzlichen Druckabfall und senkte einen Draht in einen Quecksilbernapf. Der dadurch geschlossene Stromkreis aktivierte allerdings nicht mehr eine elektromagnetische Klemme zur Absperrung der Blutleitung, sondern einen weiteren Schalter, der die Stromzufuhr des Pumpmotors temporär unterbrach.⁵² Auf der arteriellen Seite jedoch veranlasste der unregelmäßige Füllstand des Auffangbehälters schließlich den Rückgriff auf das variantenreiche Repertoire der Elektronenröhren. Denn der manometrisch erfassbare Leitungsdruck stellte, wie Gibbon bemerkte, lediglich einen indirekten und fehleranfälligen Indikator für das Schwanken des Füllstands dar: »Daher ist es unerlässlich, dass die Förderleistung der Pumpe F' einzig und allein über den Füllstand des Blutes im Becher C an der Unterseite des Oxygenators geregelt wird.«⁵³

Doch wie ließ sich die Geschwindigkeit einer Pumpe an den Füllstand von Blut in einem gläsernen Behälter koppeln? Diese Frage erforderte eine ingenieurwissenschaftliche Expertise, wie sie im Physiology Machine Shop des Harrison Department offenkundig nicht vorzufinden war. So verließ der chirurgische Experimen-

49 Zu den Vorteilen von Elektronenröhren in der industriellen Regelungstechnik siehe z.B. W. R. King, »Electron Tubes in Industry«, *Journal of the American Society for Naval Engineers* 43/2 (1931), S. 269–294, hier: S. 270; Underhill, *Electrons at Work*, S. 174f.; sowie weiterführend Nebeker, *Dawn of the Electronic Age*, S. 187–194.

50 Übers. B. P., Lewis Mumford, *Technics and Civilization*, New York: Harcourt, Brace and Co. 1934, S. 277f.

51 Übers. B. P., Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 605.

52 Vgl. ebd., S. 605.

53 Übers. B. P., ebd.

tator die vertraute Umgebung der Maschinenwerkstatt und ging eine Straßenecke weiter, wo sich, ebenfalls unter dem Dach der University of Pennsylvania, die Moore School of Electrical Engineering befand. Dort traf Gibbon auf den wenige Jahre zuvor als Elektroingenieur promovierten und eingestellten Carl C. Chambers.⁵⁴

Dessen Werdegang stand geradezu exemplarisch für die enge Verwicklung von Universitäts- und Industrieforschung, wie sie auf dem Gebiet des Elektroingenieurwesens nicht unüblich war und sich alsbald auch vermehrt in der experimentellen Chirurgie einstellen sollte.⁵⁵ Vor seiner Lehrtätigkeit an der Moore School hatte Chambers in einem Industrieforschungslabor der RCA gearbeitet, genauer gesagt in einer Abteilung für Grundlagenforschung an Elektronenröhren. Doch was den Elektroingenieur zum idealen Ansprechpartner bezüglich Gibbons Problem der Blutflussregulation machte, war besonders seine in beratender Funktion fortgeführte Industrietätigkeit: Zum Zeitpunkt von Gibbons Kontaktaufnahme fungierte Chambers unter anderem als Berater der Brooke Engineering Company, die mit seiner Unterstützung Rückkopplungssysteme für die Stahl- und Maschinenteilproduktion entwickelte.⁵⁶

Der Weg zwischen Schwerindustrie und experimenteller Herzchirurgie scheint ein weiter zu sein, doch mit technischen Elementen wie den inzwischen hochdifferenzierten Elektronenröhren war ein solcher Brückenschlag ein Leichtes. Tatsächlich entwarf Chambers, um die Motordrehzahl an den schwankenden Füllstand des Blutes im Auffangbehälter zu koppeln, einen der industriellen Regelungstechnik keineswegs fremden Schaltplan und schleuste damit patentierte Bauteile direkt in Gibbons experimentalchirurgisches Labor: Neben zwei Verstärkerröhren, wie sie in jedem Radioempfänger verbaut waren, setzte Chambers auf die speziellen Eigenschaften zweier weiterer Mitglieder aus der Familie der Elektronenröhren: das Thyratron und die Fotozelle.⁵⁷ Diese vielseitig einsetzbare Kombination bildete

54 Siehe die Danksagung ebd.

55 Zur Regelungstechnik als Forschungsfeld im Schnittbereich heterogener Institutionen und Arbeitsschwerpunkte siehe auch David A. Mindell, *Between Human and Machine. Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2002, S. 12.

56 Vgl. »Carl C. Chambers – Vita«, Moore School of Engineering Office of the Director Records, 1887–1989 (bulk 1920–1980), UPD 8.4. University Archives, University of Pennsylvania, Philadelphia; Box 4, Folder 2, Chambers, Carl C., 1930–1942; vgl. außerdem S. Reid Warren Jr., »Carl Covalt Chambers. 1907–1987«, in: National Academy of Engineering (Hg.), *Memorial Tributes*, Bd. 5, Washington, D.C.: National Academies Press 1992, S. 47–49, hier: S. 48; sowie den Eintrag zu »Brooke, George«, in: Albert N. Marquis (Hg.), *Who's Who in Pennsylvania. A Biographical Dictionary of Leading Living Men and Women of the States of Pennsylvania, New Jersey, Delaware, Maryland and West Virginia*, Bd. 1, Chicago: The A. N. Marquis Company 1939, S. 105.

57 Siehe Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 605.

in den 1930er-Jahren das Herzstück neuer industrieller Rückkopplungssysteme, bei denen das Thyatron als Steuerelement und die Fotozelle als Sensor fungierte.⁵⁸

Das Thyatron stammte aus den Industrieforschungslaboren von General Electric und zeichnete sich dank seiner besonderen Röhrencharakteristik durch eine äußerst reaktionsschnelle und präzise Steuerung elektrischen Stroms aus. Seinen Namen verdankte das technische Element seinem Steuergitter, das den Elektronenfluss wie ein »Tor« blockierte, bis das Füllgas oberhalb einer kritischen Gitterspannung zündete. Mit Wechselspannung an Anode und Steuergitter betrieben, erlosch das Füllgas immer wieder zyklisch mit Beginn der negativen Phase der Anodenspannung, was die insgesamt fließende Strommenge zu einer Funktion des Phasenabstands zwischen Anoden- und Gitterspannung machte. Dementsprechend ließ sich über Variationen der Gitterspannung zum Beispiel die Drehzahl eines mit dem Thyatron-Strom betriebenen Elektromotors flexibel aussteuern.⁵⁹

Die Fotozelle wiederum war ein so wichtiges und vielseitig einsetzbares Element der Elektronik, dass der Fernsehpionier und RCA-Ingenieur Vladimir Zworykin ihr allein ein ganzes Handbuch widmete.⁶⁰ Diese spezielle Elektronenröhre variierte ihre Ausgangsspannung in Abhängigkeit des Lichteinfalls auf ein fotosensitives Metall und registrierte so als »elektronisches Auge« wachsam unerwünschte Abweichungen in industriellen Fertigungsprozessen.⁶¹ Doch in die standardisierte Massenproduktion war die Fotozelle ursprünglich dank ihrer herausragenden Bedeutung für die Tonfilmindustrie gegangen.⁶² Entsprechend enthusiastisch unterstrichen Industrieforscher deshalb die kommerzielle Logik hinter der Verbreitung der fotosensitiven Röhre:

»Die Fotozelle, früher ein unempfindliches Laborgerät für fotometrische Messungen, ist in der rasanten Entwicklung als einer der unverzichtbaren Organismen von Tonprojektionseinrichtungen mitgerissen worden und nun ein gängiger Artikel der Fabrikproduktion. Wenn man bedenkt, dass es allein in den Vereinigten Staaten mehr als 23.000 Lichtspieltheater gibt, von denen praktisch alle bald zu Ton-

58 Siehe auch Stuart Bennett, *A History of Control Engineering 1930–1955*, London: Peregrinus 1993, S. 21.

59 Vgl. die Artikel der Entwickler von General Electric Albert W. Hull und Irving Langmuir, »Control of an Arc Discharge by Means of a Grid«, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 15/3 (1929), S. 218–225, hier: S. 223; sowie Albert W. Hull, »Characteristics and Functions of Thyratrons«, *Physics* 4/2 (1933), S. 66–75.

60 Vladimir K. Zworykin und Earl D. Wilson, *Photocells and their Application*, 2. Aufl., New York: Wiley & Sons 1932.

61 »Elektronische Bedienstete hören, sehen, riechen, schmecken und fühlen. [...] Das Mikrofon ist das elektronische Ohr; die Fotozelle ist das elektronische Auge [...]« (übers. B. P. Underhill, *Electrons at Work*, S. 175f.).

62 Zum Zusammenhang von Tonfilm und industrieller Verfahrenstechnik siehe auch Nebeker, *Dawn of the Electronic Age*, S. 256.

filmsälen umgerüstet werden, und dann an die potenzielle Möglichkeit der Nachfrage nach Hunderten von Heimprojektoren denkt, kann man verstehen, welchen Impuls die Fotozellenentwicklung erhalten hat.«⁶³

Das zentrale Problem früherer Kinoprojektoren hatte in der Synchronisierung der getrennt abgespielten Bild- und Tonaufnahmen bestanden. Die *Sound-on-film*-Technik, welche seit den späten 1920er-Jahren unter anderem von der Radio Corporation of America vorangetrieben wurde, löste frühere Synchronisationsprobleme zwischen Bild- und Tonspur, indem beide auf demselben Filmstreifen aufgezeichnet und simultan wiedergegeben wurden. Beim Abspielen durchleuchtete eine Projektorlampe den Streifen, dessen Lichtdurchlässigkeit je nach Verlauf der Tonspur variierte. Dadurch fiel Licht mit unterschiedlicher Intensität auf eine gegenüber installierte Fotozelle, deren entsprechend variierte Ausgangsspannung Lautsprechermembranen in Schwingung versetzte.⁶⁴

Eine Rückkopplung nach dem gleichen Grundprinzip machten sich Gibbon und Chambers nun auch zum Zweck der Blutflussregulation zunutze. Sie legten die Ausgangsspannung der Fotozelle an das Steuergitter des Thyratrons an, dessen Strom wiederum die Armaturn des Elektromotors speiste, der die arterielle Rollerpumpe antrieb. Wie bei der *Sound-on-film*-Technik brachten sie außerdem die Fotozelle mit einer Glühlampe in Gegenüberstellung, allerdings mit dem entscheidenden Unterschied, dass das durchleuchtete Medium keine Tonspur auf einem Filmstreifen, sondern Blut in einem Glasbehälter war. Die Lichtdurchlässigkeit des gläsernen Auffangbehälters variierte in Abhängigkeit des Füllstands und veränderte somit stetig den Lichteinfall auf das fotosensitive Metall, was eine Phasenverschiebung der Gitterspannung des Thyratrons bewirkte und folglich die Motordrehzahl an den Füllstand rückkoppelte. »Mit diesem Arrangement«, konstatierte Gibbon zufrieden, »schwankt der Füllstand des Blutes im Becher nicht mehr als wenige Millimeter, selbst bei großen Schwankungen der Förderleistung der Pumpe F.«⁶⁵

So hing in den späten 1930er-Jahren nicht nur ein gewaltiges Kinopublikum an Judy Garlands fotosensorisch synchronisierten Lippen, sondern auch das Überleben zahlreicher Laborkatzen von der Lichtempfindlichkeit kleiner Röhren ab. Aufgrund ihrer beinahe universellen Implementierbarkeit gingen Elektronenröhren in der ersten Jahrhunderthälfte rasant von einer Maschine zur nächsten über und pflanzten ihre Technizität von Radiostation über Fabriken und Kinosäle bis zu chirurgischen Versuchsräumen in zahllose Anwendungsgebiete hinein fort.

63 Übers. B. P., Zworykin/Wilson, *Photocells and their Application*, S. 244.

64 Siehe ebd., S. 244–258; und zu weiteren Hintergründen Donald Crafton, *The Talkies: American Cinema's Transition to Sound, 1926–1931*, Berkeley: University of California Press 1999.

65 Übers. B. P., Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 605f.

Für Gibbon ging der Impuls, auf das Repertoire elektronischer Bauteile zurückzugreifen, zweifellos von den praktischen Regulationsproblemen auf der Mikroebene des Versuchsaufbaus aus, wo sich wirkungsvolle, wenn auch keineswegs geschichtsträchtige Veränderungen einstellten: Das Ensemble von Elektronenröhren steigerte die Präzision des Rückkopplungssystems auf der arteriellen Seite des extrakorporalen Kreislaufs beträchtlich und setzte die Blutflussregulation, die zuvor von temporären Unterbrechungen gekennzeichnet war, nun ingenieurmäßig durch eine flexible Anpassung der Pumpgeschwindigkeit in Echtzeit um. Allerdings schwankte mit den ständigen Wechseln der Pumpgeschwindigkeit nun die Pulsfrequenz, in der das Blut durch die Maschine und in das Gefäßsystem des Organismus strömte, erheblich. Ganz im Stile eines physiologischen Chirurgen alter Schule sorgte Gibbon deshalb mittels eines rhythmisch auf die Leitung drückenden Riegels wieder für eine Frequenz, die dem physiologischen Puls von Katzen entsprach.⁶⁶

Von weitaus größerer Tragweite war jedoch der damit einhergehende Wandel auf der institutionellen Makroebene. Die Entwicklung des elektronischen Rückkopplungssystems verlief in den weitgehend vordefinierten Bahnen eines oligopolistischen Marktes, in dem Elektronikkonzerne nicht nur mehr und mehr personelle Kapazitäten, sondern vor allem technische Elemente in den Industrieforschungslaboren unter ihre Kontrolle brachten. Während bei DeBakeys Rollerpumpe die traditionelle Maschinenwerkstatt der Ort des kreativen Entwicklungsprozesses war, beschränkte sich die Rolle des Physiology Machine Shop im Falle der Elektronenröhren auf die Montage von technischen Elementen, die zuvor in kommerziellen Industrieforschungslaboren entwickelt worden waren. Auf der Makroebene verkörperten die Elektronenröhren dementsprechend Organe kommerzieller Interessen, die Gibbon und Chambers keimhaft in das chirurgische Experiment hinein verpflanzten. Dies war der Anfang eines Abhängigkeitsverhältnisses, das sich nach dem Zweiten Weltkrieg verfestigen und intensivieren sollte.

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass sich das Übergangsstadium, in dem sich die experimentelle Herz-Lungen-Maschine zwischen 1936 und 1941 bewegte, weder als jähe Disruption noch als marginaler Zustandswechsel ein und desselben Systems erfassen lässt. Als Gibbon 1938 neue Versuchsreihen mit der überarbeiteten Herz-Lungen-Maschine startete, koexistierten in ihrem Pumpsystem Elemente der Kontinuität und des Wandels: Die Rollerpumpe selbst stand zumindest auf institutioneller Ebene noch ganz im Zeichen der physiologischen Chirurgie, doch ihre elektronische Aussteuerung zeugte vom Beginn einer

66 Dafür wurde im Leitungsabschnitt zwischen der arteriellen Rollerpumpe und dem Übergang in die Arterie des Versuchstieres zunächst ein Seitenarm, der die Pulsationen eliminierte, und dann ein mit Motorkraft angetriebenes Quadratrad, das den Riegel mit jeder Umdrehung viermal auf die elastische Leitung drückte, installiert (vgl. ebd., S. 606).

geschichtsträchtigen Umwälzung der kreativen Grundlagen des chirurgischen Handwerks in Richtung einer technologischen Chirurgie.