

BENJAMIN PRINZ

DIE HERZ- LUNGEN-MASCHINE

ZUR GESCHICHTE EINES CHIRURGISCHEN EXPERIMENTS
IM INDUSTRIEKAPITALISMUS, 1930–1953



[transcript]

WISSENSCHAFTS- UND TECHNIKGESCHICHTE

Benjamin Prinz
Die Herz-Lungen-Maschine

Editorial

Die Wissenschafts- und Technikgeschichte gehört schon lange zum klassischen Kanon der Geschichtswissenschaften, zeichnet sich jedoch dank ihrer Interdisziplinarität durch innovative Forschung und neuartige Herangehensweisen aus. Die Reihe **Wissenschafts- und Technikgeschichte** bietet der Forschungsdiskussion zur Geschichte der Wissenschaft(en) im Verhältnis zu Macht und Gesellschaft, zur Geschichte des Wissens, des wissenschaftlichen Fortschritts und der Wissensvermittlung sowie der Geschichte der Technologie und technologischen Innovation eine gemeinsame Plattform.

Benjamin Prinz (Dr. phil.), geb. 1991, ist wissenschaftlicher Mitarbeiter im DFG-Projekt »Organe und Medien. Konfigurationen der Gesellschaft im Posthumanismus« an der Bauhaus-Universität Weimar.

Benjamin Prinz

Die Herz-Lungen-Maschine

Zur Geschichte eines chirurgischen Experiments im Industriekapitalismus,
1930-1953

[transcript]

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – 319407508; 441423719.

Gefördert durch das Programm »Open-Access-Publikationskosten« der DFG und den Publikationsfonds der Bauhaus-Universität Weimar.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <https://dnb.dnb.de/> abrufbar.



Dieses Werk ist unter der Creative-Commons-Lizenz BY 4.0 lizenziert. Für die ausformulierten Lizenzbedingungen besuchen Sie bitte die URL <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z.B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

2026 © Benjamin Prinz

transcript Verlag | Hermannstraße 26 | D-33602 Bielefeld | live@transcript-verlag.de

Umschlagkonzept: Maria Arndt

Umschlagabbildung: Thomas Jefferson University Archives, Philadelphia.

Druck: Elanders Waiblingen GmbH, Waiblingen

Korrektorat: Philipp Teichfischer

<https://doi.org/10.14361/9783839479568>

Print-ISBN: 978-3-8376-8349-3 | PDF-ISBN: 978-3-8394-7956-8

Buchreihen-ISSN: 2702-9719 | Buchreihen-eISSN: 2749-2052

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier mit chlorfrei gebleichtem Zellstoff.

Für das Leben zwischen all den Maschinen

Inhalt

1	Einleitung	9
1.1	Die Chroniken der Herz-Lungen-Maschine	11
1.2	Das parakybernetische Problem der Wissenschafts- und Technikforschung	20
1.3	Grundzüge einer Organologie der Herz-Lungen-Maschine	27

I Anfangsstadium: Boston 1930–1935

2	Die Entstehung der Maschine aus einem Zeitproblem	37
2.1	Widersprüche im Zeitgefüge zwischen Physiologie und Chirurgie	39
2.2	Experimentelle Artefakte und überlebende Organe	45
3	Agrikulturen des Blutes: Pflanzen, Tiere und Maschinen	53
3.1	Heparin, ein Gerinnungshemmer aus Schlachtabfällen	55
3.2	Der Oxygenator: Von der Milch zum Blut im Schleudergang	62
3.3	Die Tränen der Akazie: Kolonialgeschichte eines Blutersatzes	72
4	Asymmetrien des Experiments: Die Beherrschung des Lebendigen	79
4.1	Hydraulik einer blutsaugenden Maschine	82
4.2	Vital- und Maschinenfunktionen im telegrafischen Schaltkreis	87

II Übergangsstadium: Philadelphia 1936–1941

5	Das chirurgische Experiment im Wandel der technischen Elemente	97
5.1	Rollerpumpen aus der Maschinenwerkstatt	101
5.2	Elektronenröhren: Das Patentrezept der Industrieforschung	107
6	Überleben in der Laborumgebung: Technik, Norm und Pathologie	119
6.1	Irrespirable und anästhetische Atmosphären	121
6.2	Das neue gasometrische Normal	130

III Abschlussstadium: Philadelphia/Endicott 1946–1953

7	Der Mythos des freien Forschungswettbewerbs	139
7.1	Persönliche Beziehungen im Schatten des Wettbewerbs	142
7.2	Bastler, Ingenieure und patenthaltende Dritte	153
8	Chemische Reaktionen: Die Behälter der Herz-Lungen-Maschine	161
8.1	Silikonschichten zwischen marginalisierter Arbeit und Konzernprofiten	163
8.2	Turbulenz im statischen Behälter: Der Oxygenator als chemischer Reaktor	170
8.3	Funkenschlag und Ätherdampf: Schutzbehälter in explosiver Atmosphäre	180
9	Der Sinn der Maschine in der chirurgischen Arbeit	189
9.1	Die explizite Dimension: Kontroverse Diskurse und herzkranken Hunde	191
9.2	Improvisieren am offenen Herzen	201

IV Schluss

10	Fazit und Ausblick	211
10.1	Keine Spur von Selbstorganisation – ein Resümee	213
10.2	Herzchirurgie in den Ruinen globaler Industrielandschaften	217
10.3	Die Normen des technologischen Interventionismus	223
Danksagung		229
Abbildungsverzeichnis		231
Archivbestände		233
Literaturverzeichnis		235

1 Einleitung

Am 6. Mai 1953 bot sich in Philadelphia einer Gruppe von gespannten Beobachtern ein außergewöhnliches Schauspiel. Um eine klaffende Höhle inmitten eines weißen Tuches huschten hastige Hände und gruben scharf blitzendes Metall in die offenliegenden Kammern eines blutentleerten Herzens. Umso reichlicher strömte die dem Herzen entzogene Flüssigkeit allerdings durch einen Wirrwarr aus Plastikschläuchen, die unter dem Tuch hervorquollen und allerlei Metallkanülen, Glasgefäße sowie ein wuchtiges Edelstahlgehäuse miteinander verbanden. Wem es gelang, den Blick von dem eifrigen Treiben im Inneren des zuckenden Herzens abzuwenden, konnte erkennen, dass das Blut von mehreren schnell rotierenden Rollerpumpen vorangetrieben wurde. Zahlreiche Armaturen, angebracht an der Seitenwand des Gehäuses, ließen wiederum aufwendige Elektronik erahnen, welche verborgen unter glänzender Oberfläche die Geschwindigkeit der Pumpen und andere Parameter regelte. Den wohl faszinierendsten Anblick bot jedoch ein senkrecht aufragender Plexiglaskasten, in dem das Blut sachte an engmaschigen Drahtgitterplatten herabglitt und dabei – fast wie von Zauberhand – ein sattes Rot annahm. Von dort strömte es über die Schläuche zurück in Richtung des weißen Tuches, unter dem sich vage die Proportionen eines menschlichen Körpers abzeichneten.

Was sich hier abspielte, sollte schon bald unter dem Terminus technicus des »kardiopulmonalen Bypasses« zum Dreh- und Angelpunkt einer wachsenden chirurgischen Spezialliteratur werden.¹ Denn die besagte Gruppe von gespannten Beobachtern bestand tatsächlich aus Assistenzärzten, die im Operationsraum des Jefferson Hospital Zeugen eines wagemutigen Eingriffs am offenen Herzen einer 18-jährigen Patientin wurden. Das Operieren am offenen Herzen war bis dahin ein selten versuchtes, noch seltener geglücktes und schon allein deshalb aufsehenerregendes Unterfangen. Was ebendiese Herzoperation vom 6. Mai 1953 jedoch zu einem Ereignis für die Geschichtsbücher machen sollte, war der weltweit erste erfolgreiche Einsatz einer Herz-Lungen-Maschine.

1 Beispielhaft Pierre M. Galletti und Gerhard A. Brecher, *Heart-Lung Bypass. Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*, New York: Grune & Stratton 1962.

Dieser komplizierte Automat ermöglichte es den Chirurgen, das Herz für eine ausgedehnte Zeitspanne vom körpereigenen Blutkreislauf abzuklemmen, um so bei klarer Sicht und ohne fatalen Blutverlust in seinem Inneren zu operieren. Werkstelligen ließ sich dies, indem sauerstoffarmes Blut aus einer Vene abgepumpt und durch ein Schlauchsystem umgeleitet wurde. In einem sogenannten Oxygenator gab es Kohlenstoffdioxid ab und nahm Sauerstoff auf, um anschließend zurück in die arteriellen Gefäße gepumpt zu werden. Ganze 26 Minuten lang hing das Überleben der jungen Patientin vollständig von dieser maschinellen Übernahme der kardiopulmonalen Funktionen ab, während das Operationsteam ein angeborenes Loch in ihrer Herzscheidewand verschloss.²

Der Operateur, mit dessen Namen diese Pionierleistung verbunden bleiben sollte, war der US-amerikanische Chirurg John Heysham Gibbon Jr. (1903–1973), der als Professor am Jefferson Medical College in Philadelphia eine Abteilung für experimentelle Chirurgie leitete. Knapp zwei Jahrzehnte lang hatte er in langwierigen Versuchen darauf hingearbeitet, seine Idee der Herz-Lungen-Maschine zur klinischen Anwendung zu bringen. Die Mühe sollte sich bezahlt machen, denn tatsächlich bildete die extrakorporale Zirkulation den Schlussstein in einer Reihe aufsehenerregender Techniken, welche die Chirurgie des Herzens ab den frühen 1950er-Jahren grundlegend revolutionierten. Erst Gibbons Herz-Lungen-Maschine und deren Weiterentwicklungen erlaubten ein relativ sicheres, kontrolliertes Operieren und machten Eingriffe im Inneren des Herzens im Laufe der 1950er und 1960er-Jahre allmählich zu Routineverfahren. Somit trug die bis heute unentbehrliche Maschine nicht nur maßgeblich zur Ausdifferenzierung der Herzchirurgie als eigener Fachdisziplin bei, sondern ermöglichte ebenso eine Reihe vormals unvorstellbarer Operationen wie die bald tausendfach durchgeführten Koronarbypass-Operationen oder die weltberühmten Herztransplantationen der späten 1960er-Jahre.

Die Herz-Lungen-Maschine war damit nicht nur ein Inbegriff dessen, was heute oft pejorativ »Apparatemedizin« genannt wird, sondern geradezu ein »Cyborg« *avant la lettre*, der schon frühzeitig technologische Machbarkeitsfantasien im Schnittbereich von Maschine und Organismus beflügelte. »Life from Robot Hearts and Lungs Outside Your Body During Repairs«,³ »Mechanical Device Substitutes for Living Organ«⁴ und »Science May Give You a Second Heart«⁵ waren nur einige der aufmerksamkeitsheischenden Schlagzeilen, welche Gibbons Entwicklung

2 Vgl. John H. Gibbon Jr., »Application of a Mechanical Heart and Lung Apparatus to Cardiac Surgery«, *Minnesota Medicine* 37/3 (1954), S. 171–180, hier: S. 176.

3 »Life from Robot Hearts and Lungs Outside Your Body During Repairs«, *Pittsburgh Sun-Telegraph* (26. Februar 1939), S. 49.

4 »Artificial Heart. Mechanical Device Substitutes for Living Organ«, *Life Magazine* (8. Mai 1950), S. 90–92.

5 John Lear, »Science May Give You a Second Heart«, *Collier's* (27. September 1952), S. 22–24.

der Herz-Lungen-Maschine begleiteteten; als »Plastikarterien« und »elektronische Denker« bezeichnete die populäre Presse einzelne Komponenten der Maschine.⁶

Alles scheint somit angerichtet für eine weitere Studie, die unter den Vorzeichen posthumanistischer Ontologie der immer schon da gewesenen Grenzverwischung zwischen Leben und Technik huldigt; für eine weitere Untersuchung, welche die mysteriöse Handlungsmacht technischer Dinge und die darauf gegründete Kontingenz emergierender Netzwerke beschwört. Mit Blick auf den vorherrschenden Diskurs der Gegenwart könnte man fast sogar meinen, das prekäre Leben in den technologisch hochgerüsteten Labor- und Operationsräumen sei so etwas wie eine Vorform von »künstlicher Intelligenz« oder »künstlichem Leben« gewesen.

Doch der in den folgenden Abschnitten entwickelte Ansatz könnte zu derlei Annahmen kaum gegensätzlicher sein. Anstatt sich voreilig in populäre Diskurse einzuschreiben, rekonstruiert die vorliegende Arbeit die Experimentalphase der Herz-Lungen-Maschine minutiös entlang der im chirurgischen Experiment auftretenden Schwierigkeiten und kompensierend eingebundenen Materialien und Bauteile. Von Extrakten aus Schlachtabfällen über Elektronenröhren bis zu neuartigen Kunststoffen untersucht sie die Entwicklung chirurgischer Technik im Umfeld von industrialisierter Landwirtschaft, automatisiertem Fabrikwesen und einflussreicher Konzernpolitik.

Die Geschichte des künstlichen Stoffwechsels von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid in Gibbons Maschine öffnet sich damit in Richtung einer Geschichte eines umfassenderen Stoffwechsels zwischen den Versuchsaufbauten im experimentalchirurgischen Labor und den kapitalistisch dominierten Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts. Nur im Zuge dieser Einschreibung der Medizintechnik in die Industrie- und Umweltgeschichte, so lautet die Prämisse dieser Arbeit, lässt sich eine historisch-kritische Betrachtung des Lebens zwischen all den Maschinen vornehmen.

1.1 Die Chroniken der Herz-Lungen-Maschine

Im Herzen des medizinischen Komplexes der Thomas Jefferson University in Philadelphia, gleich neben der Scott Memorial Library und gegenüber dem Medical College, überblickt ein bronzener Flügelstier des heiligen Lukas, Schutzpatron der Heilberufe, den regen Verkehr weiß gekleideter Personen zwischen den zahlreichen Einrichtungen. Die 1975 errichtete Skulptur thront auf einer fünf Meter hohen Säule, in die eine Liste mit 50 großen Namen der Medizingeschichte eingeprägt ist. Sie beginnt am Fuße mit Hippokrates und schlängelt sich spiralförmig über William Har-

6 Übers. B. P., ebd., S. 23.

vey, Claude Bernard, Sigmund Freud und weitere Berühmtheiten bis hinauf zum obersten aller Namenszüge: »JOHN HEYSHAM GIBBON, JR.«⁷

Dieses Denkmal vermittelt einen guten Eindruck davon, in welcher Gesellschaft zumindest die Thomas Jefferson University ihren Alumnus und früheren Professor der Chirurgie wöhnt. Doch auch weit über den lokalen Kontext hinaus hat sich Gibbons Durchbruch auf dem Gebiet des extrakorporalen Kreislaufs einen Eintrag in die Chroniken der Medizin gesichert. Eine Fülle an Jubiläumsschriften, Editorials und Geschichtssektionen, die in medizinischen Fachjournalen und Lehrbüchern Gibbons Errungenschaft episodenhaft überliefern, lässt darauf schließen, dass sie längst in das identitätsstiftende Narrativ der herzchirurgischen Fachdisziplin eingegangen ist.⁸

Zugleich gilt für die Geschichte der Herz-Lungen-Maschine offenbar noch immer, was der Medizinhistoriker Thomas Schlich einst über die Geschichte der chirurgischen Techniken im Allgemeinen gesagt hat, nämlich dass sie überwiegend »ein beliebtes Forschungsgebiet der Chirurgen selbst [ist]«.⁹ So stammt auch eine Reihe von Überblicksdarstellungen zur Gesamtgeschichte der Kardiologie und Herzchirurgie, in denen die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine Stoff für ganze Kapitel liefert, mehrheitlich aus ärztlicher Feder.¹⁰ Mit Abstand am ausführlichsten, in

-
- 7 Zur Geschichte der Skulptur siehe »The Winged Ox of Saint Luke«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 404–407.
 - 8 Um nur einige Beispiele zu nennen: Adora A. Fou, »John H. Gibbon. The First 20 Years of the Heart-Lung Machine«, *Texas Heart Institute Journal* 24/1 (1997), S. 1–8; Lawrence H. Cohn, »Fifty Years of Open-Heart Surgery«, *Circulation* 107/17 (2003), S. 2168–2170; Wolfgang Böttcher und Harald Woysch, »Die erste erfolgreiche herzchirurgische Operation mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 20/6 (2006), S. 248–260; Larry W. Stephenson, »The History of Cardiac Surgery«, in: Jeffrey A. Norton et al. (Hg.), *Surgery. Basic Science and Clinical Evidence*, 2. Aufl., New York: Springer 2008, S. 1471–1479; Mark Kurasz, »May 6, 1953: The Untold Story«, *Asaio Journal* 58/1 (2012), S. 2–5; Harris B. Shumacker Jr., »The Birth of an Idea and the Development of Cardiopulmonary Bypass«, in: Glenn P. Gravlee et al. (Hg.), *Cardiopulmonary Bypass. Principles and Practice*, 3. Aufl., Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2008, S. 21–32.
 - 9 Thomas Schlich, »Ein Netzwerk von Kontrolltechnologien. Eine neue Perspektive auf die Entstehung der modernen Chirurgie«, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 16/3 (2008), S. 333–361, hier: S. 334.
 - 10 Siehe Stephen L. Johnson, *The History of Cardiac Surgery 1896–1955*, Baltimore: Johns Hopkins Press 1970; Hermann Mannebach, *Hundert Jahre Herzgeschichte. Entwicklung der Kardiologie 1887–1987*, Berlin: Springer 1988; Harris B. Shumacker Jr., *The Evolution of Cardiac Surgery*, Bloomington, IN: Indiana University Press 1992; Marco Picichè (Hg.), *Dawn and Evolution of Cardiac Procedures. Research Avenues in Cardiac Surgery and Interventional Cardiology*, Mailand: Springer 2012; David S. Jones, *Broken Hearts. The Tangled History of Cardiac Care*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2013.

voller Buchlänge, dokumentieren Gibbons Lebenswerk zudem zwei Biografien, verfasst von der Professorin für Krankenpflege Ada Romaine-Davis beziehungsweise dem Chirurgen und früheren Freund Gibbons Harris B. Shumacker Jr.¹¹ Insgesamt steht der Vielzahl von Publikationen über Gibbons Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine also eine einseitige Perspektive auf den gefeierten Durchbruch gegenüber, die sich allzu stark auf disziplinäre und biografische Aspekte konzentriert.

Nichtsdestotrotz haben sich manche Autor*innen, ganz besonders Romaine-Davis, darum verdient gemacht, Zeitzeug*innen zu befragen, wichtige Dokumente zu sichern und so eine Rahmenerzählung zu liefern, auf die weitere historische Untersuchungen aufbauen können. So lassen sich aus der medizinischen Geschichtsschreibung eine biografische und disziplinäre Vorgeschichte sowie eine chronologische Unterteilung von Gibbons chirurgischem Experiment in ein Anfangs-, Übergangs- und Abschlussstadium ableiten.

Zur biografischen Vorgeschichte ist bekannt, dass Gibbon am 29. September 1903 in Philadelphia geboren wurde, und zwar, wie böse Zungen hätten behaupten können, »mit dem sprichwörtlichen Silberlöffel in seinem Mund«.¹² Denn die Gibbons waren eine wohlhabende, angesehene Familie in Philadelphia, und bereits der Vater, John H. Gibbon Sr., war ein in der Fachwelt bestens vernetzter Chirurg. Nachdem der junge Gibbon zu Studienzeiten in Princeton von einem Leben als Schriftsteller geträumt hatte, folgte er schließlich doch der Familientradition und erlangte 1927 seinen medizinischen Doktorgrad am Jefferson Medical College. Im Laufe eines anschließenden Praktikums am Pennsylvania Hospital verschob sich Gibbons Interesse jedoch von der klinischen zur experimentellen Chirurgie, weshalb er 1930 für ein Fellowship an die forschungsstarke Harvard Medical School wechselte.¹³ Der Antritt dieses Fellowships markierte den Beginn von Gibbons Tätigkeit in der experimentellen Chirurgie, die 23 Jahre später ihren Höhepunkt im ersten erfolgreichen Einsatz der Herz-Lungen-Maschine finden sollte.

Aus disziplinärer Warte betont die Literatur, dass die Herzchirurgie zu Beginn von Gibbons Forschungskarriere noch in der sogenannten extrakardialen Ära verharrte.¹⁴ Zwar galt das Herz spätestens seit Ludwig Rehns erfolgreicher Herznaht

11 Ada Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991; Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999.

12 Übers. B. P., David K. C. Cooper, *Open Heart. The Radical Surgeons Who Revolutionized Medicine*, New York: Kaplan Publishing 2010, S. 145.

13 Vgl. Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 17f.

14 Diese Begriffsverwendung (»Extracardiac Era«) findet sich ausdrücklich bei Paul W. M. Fedak, »Open Hearts. The Origins of Direct-Vision Intracardiac Surgery«, *Texas Heart Institute Journal* 25/2 (1998), S. 100–111, hier: S. 100. Andere Quellen beschreiben sinngemäß denselben Prozess.

von 1896 nicht länger als unantastbare Bastion, doch beschränkte sich der chirurgische Handlungsspielraum auf äußerliche Operationen des Herzbeutels und der großen Gefäße.¹⁵ Spätere Operationserfolge wie Robert E. Gross' Verschluss einer pathologischen Verbindung von Aorta und Lungenstamm (1938), Clarence Crafoords Korrektur einer Gefäßverengung am Aortenbogen (1944) und Alfred Blalocks Behandlung der Fallot-Tetralogie (1944/1945) entfachten parallel zu Gibbons andauerndem Experiment zwar neue Euphorie auf dem Gebiet der Herzchirurgie.¹⁶ Doch eine Offenlegung der Kammern, um Pathologien der Herzklappen oder Herzscheidewände zu korrigieren, galt in der ersten Jahrhunderthälfte weithin als klinisch aussichtsloses Gedankenspiel.¹⁷

Das Anfangsstadium des Experiments, das dies grundlegend ändern sollte, umfasste Gibbons Forschungsaufenthalte an der Harvard Medical School in den akademischen Jahren 1930/1931 und 1934/1935. Dabei hielt das Jahr 1930 in Boston gleich zwei Schlüsselereignisse parat. Zum einen lernte Gibbon die Labortechnikerin Mary Hopkinson kennen, die ihn mit den technischen Grundlagen des Experimentierens vertraut machte.¹⁸ Die romantische Zutat für die Erzählung war, dass John und Mary (siehe Abb. 1) am Experimentiertisch ein ebenso gutes Bild abgaben wie schon im Jahr darauf am Traualtar. Zum anderen wurde der junge Chirurg in der Nacht des 3. Oktobers Zeuge einer missglückten Extraktion eines Blutgerinnsels aus der Lungenarterie einer sterbenden Patientin. Laut einem in fast jeder Quelle rezipierten Entstehungsmythos kam Gibbon während dieser tragischen Nacht im Operationsraum des Massachusetts General Hospital auf die Idee zur Entwicklung einer Herz-Lungen-Maschine.¹⁹

15 Siehe z.B. Johnson, *The History of Cardiac Surgery 1896–1955*, Kap. 3.

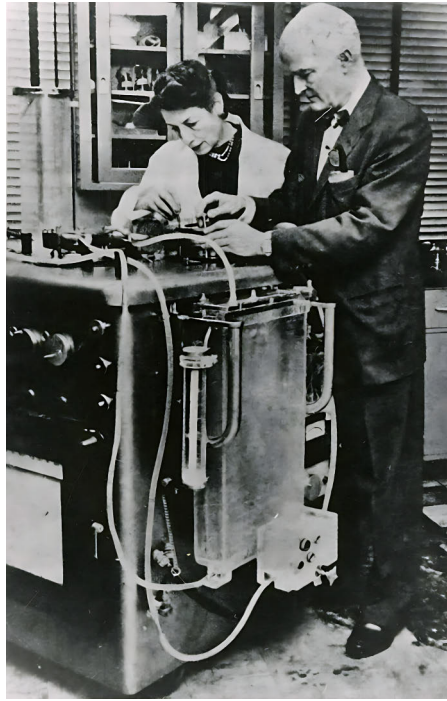
16 Siehe ebd., Kap. 5.

17 Das soll nicht heißen, dass es an Versuchen gemangelt hätte, auf alternativem Wege ins Innere des Herzens vorzudringen. Besonders in den 1920er-Jahren machten einige Chirurgen mit der klinischen Erprobung sogenannter blinder Verfahren am geschlossenen Herzen von sich reden. Ein immer wieder mit schauriger Bewunderung zitiertes Beispiel ist der Londoner Chirurg Henry S. Souttar, dem es 1925 einmalig gelang, die verengte Mitralklappenöffnung einer Patientin mit seinem in den linken Vorhof eingeführten Finger zu erweitern. In ähnlicher Manier versuchten unterdessen Elliott C. Cutler und seine Kollegen in Cleveland ihr Glück, indem sie sich mit feinen Klingen ins Herzzinnere vortasteten, jedoch an mangelnder Orientierung im Herzzinneren scheiterten (siehe ausführlicher Shumacker, *The Evolution of Cardiac Surgery*, Kap. 6).

18 Siehe Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 71f.

19 John H. Gibbon selbst datierte rückblickend diese Nacht auf Februar 1931 (vgl. z.B. John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 608). Das korrekte Datum gab später Mary Gibbon an, die die Krankenhausakten erneut einsah (vgl. 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. 81; vgl. zudem Walter Massey Phillips Oral Histories. Tem-

Abb. 1: John und Mary Gibbon posieren mit der 1953 eingesetzten Herz-Lungen-Maschine.



Quelle: Thomas Jefferson University Archives, Philadelphia.

Mit seinem neuen Herzensprojekt bemühte sich Gibbon für das akademische Jahr 1934/1935 um einen weiteren Forschungsaufenthalt an der Harvard Medical School. Gemeinsam mit seiner Labor- und Ehepartnerin bastelte er mit einfachsten Mitteln eine erste Apparatur zusammen, die Blut aus den Venen des Versuchstieres abpumpte, es zur Sauerstoffanreicherung in einen Oxygenator und anschließend zurück in die Adern des Tieres leitete. Mit dieser seltsam anmutenden Konstruktion gelang zum Abschluss des Fellowships tatsächlich der Nachweis der Möglichkeit, den Blutdruck trotz Abklemmung der Lungenarterie vorübergehend aufrechtzuerhalten.²⁰

ple University Libraries, Special Collections Research Center; SCRC 128, Series 1: Oral histories, 1974–1980: Box 6, Album 20: Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 16).

20 Vgl. Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 35f.

Gibbons Zeit an der University of Pennsylvania von 1936 bis 1941 rahmte das Übergangsstadium des Experiments. Mit einer stark überarbeiteten Maschine visierte Gibbon nun den Nachweis der langfristigen Überlebensfähigkeit von Versuchstieren im Anschluss an die maschinelle Aufrechterhaltung der kardiopulmonalen Funktionen an. Im Jahr 1939 konnte Gibbon mit einem Bericht über seine erfolgreichen Versuchsreihen erstmals eine theoretische Anwendungsperspektive der Herz-Lungen-Maschine aufzeigen.²¹ Doch der Eintritt der Vereinigten Staaten in den Zweiten Weltkrieg, in dem sich der inzwischen vierfache Familienvater zur allseitigen Überraschung freiwillig als Militärarzt verpflichtete, bedeutete einen jähen Abbruch des laufenden Projekts.²²

Das Kriegsende und Gibbons Ruf als Professor an das Jefferson Medical College läuteten das Abschlusssstadium des langwierigen Experiments ein. Gibbon erhielt neuerdings finanzielle und personelle Unterstützung von Thomas J. Watson, dem Vorsitzenden von International Business Machines (IBM), der eine Gruppe seiner Ingenieure für die Finalisierung der Herz-Lungen-Maschine abstellte.²³ Während ein erstes Modell aus der Fertigung von IBM im Tierversuch nicht zu überzeugen wusste, zeigte sich ein generalüberholtes zweites Modell mit einem effizienteren Oxygenator als deutlich vielversprechender.²⁴ Zwar misslang Gibbons sein erster klinischer Einsatzversuch der Herz-Lungen-Maschine aufgrund diagnostischer Fehler, doch der zweite Anlauf mündete in seine geschichtsträchtige Operation vom 6. Mai 1953.²⁵ Gekrönt durch den klinischen Ersterfolg ermöglichte Gibbons Grundlagenforschung ein kontrolliertes Operieren im Inneren des blutleeren Herzens und ebnete damit, wie die medizinischen Chroniken festhalten, den Weg von der »extrakardialen« in die »intrakardiale Ära« der Herzchirurgie.²⁶

So schlüssig sich diese Rahmenerzählung liest, so marginal trägt sie zu einem Verständnis des chirurgischen Experimentierens im breiteren Kontext bei. Die meisten existierenden Darstellungen schreiben bei genauerer Betrachtung gar keine erklärende *Geschichte*, sondern die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine schlicht in eine *Chronik* der chirurgischen Fachdisziplin ein, welche typischerweise entlang der Biografien und Ideen berühmter Chirurgen sowie als bloße Abfolge bahnbrechender Operationserfolge dargestellt wird.²⁷ Gibbons Herz-Lungen-Ma-

21 Vgl. Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 128.

22 Zu Gibbons Militärdienst siehe ebd., S. 129–147.

23 Vgl. Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 69–71; sowie Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 153f.

24 Vgl. Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 95–97.

25 Vgl. Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 175–177.

26 So wörtlich (»Intracardiac Era«) bei Fedak, »Open Hearts«, S. 102.

27 Zu solchen Narrativen in der Geschichtsschreibung der Chirurgie siehe auch Christopher Lawrence, »Democratic, Divine and Heroic: The History and Historiography of Surgery«, in:

schine wird dabei allzu verkürzend zum »Produkt seines eigenen kreativen Genies« erklärt.²⁸

Wie Ghislaine Lawrence treffend auf den Punkt gebracht hat, demonstriert die Literatur über Gibbons Herz-Lungen-Maschine, »dass die Beziehung zwischen Biografie und Technikgeschichte bestenfalls eine tangentielle ist.«²⁹ Lediglich ansatzweise widmen sich einige Artikel in medizinischen Fachjournalen dem Versuch, die Idee und den grundlegenden Aufbau der Herz-Lungen-Maschine historisch auf experimentalphysiologische Perfusionsapparaturen des 19. Jahrhunderts zurückzubeziehen.³⁰ Zudem wird in der Literatur nur sehr vereinzelt das Narrativ des medizinischen Quantensprungs grundsätzlich infrage gestellt und die sukzessiven Entwicklungen in außermedizinischen Bereichen wie der Elektronik oder der Kunststoffchemie angedeutet, welche entscheidende Grundlagen für die Chirurgie am offenen Herzen darstellten.³¹

Unterdessen haben Gibbon und seine Herz-Lungen-Maschine im vergangenen Jahrzehnt durchaus Erwähnung in Arbeiten zur Sozial- und Technikgeschichte der Medizin gefunden. Diese nehmen den Faden allerdings erst mit der rasanten Expansion der Herzchirurgie ab den 1950er-Jahren auf und fassen Gibbons langwierige Experimentalphase lediglich als abgeschlossene Vorgeschichte zusammen.

So beschreibt W. Bruce Fye in seiner Geschichte der Spezialisierung an der Mayo Clinic in Rochester, wie John Webster Kirklin dort die Herz-Lungen-Maschine auf Grundlage von Gibbons Bauplänen für den routinemäßigen Einsatz weiterentwickelte, was entscheidend für die Ausdifferenzierung der Herzchirurgie als eigener Fachdisziplin war.³² Daran anknüpfend untersuchen David S. Jones und Kavita Sivaramakrishnan – beispielhaft für die internationale Verbreitung der Technik – die Anstrengungen indischer Chirurgen, die Herz-Lungen-Maschine

ders. (Hg.), *Medical Theory, Surgical Practice. Studies in the History of Surgery*, London: Routledge 1992, S. 1–47.

28 Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 175.

29 Übers. B. P., Ghislaine Lawrence, »Ada Romaine-Davis, John Gibbon and His Heart-Lung Machine, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1992«, *Medical History* 37/3 (1993), S. 356–357, hier: S. 357.

30 Siehe u.a. W. Bruce Fye, »H. Newell Martin and the Isolated Heart Preparation: The Link between the Frog and Open Heart Surgery«, *Circulation* 73/5 (1986), S. 857–864; Wolfgang Boettcher, Frank Merkle und Heinz-Hermann Weitkemper, »History of Extracorporeal Circulation: The Conceptional and Developmental Period«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 35/3 (2003), S. 172–183; Heinz-Gerd Zimmer, »The Heart-Lung Machine was Invented Twice – the First Time by Max von Frey«, *Clinical Cardiology* 26/9 (2003), S. 443–445; Michael W. Lim, »The History of Extracorporeal Oxygenators«, *Anaesthesia* 61/10 (2006), S. 984–995.

31 Ausdrücklich in Julius H. Comroe und Robert D. Dripps, »Ben Franklin and Open Heart Surgery«, *Cardiovascular Diseases* 2/4 (1975), S. 361–375.

32 Vgl. W. Bruce Fye, *Caring for the Heart. Mayo Clinic and the Rise of Specialization*, Oxford: Oxford University Press 2015, Kap. 10.

nach Gibbons Vorbild unter den regionalen Bedingungen in Bombay zu implementieren.³³ Schließlich benennt Shelley McKellar's Studie über das kontroverse und durchwachsen erfolgreiche Forschungsprogramm der National Institutes of Health zur Entwicklung eines implantierbaren Kunstherzens die Herz-Lungen-Maschine als entscheidende Voraussetzung, da diese die Funktionsfähigkeit maschineller Kreislaufsysteme vor Augen führte und Herztransplantationen ermöglichte. Das anvisierte Kunstherz, so McKellar, versprach dort eine langfristige therapeutische Lösung, wo korrektive Eingriffe am Herzen unter temporärer Übernahme kardiopulmonaler Funktionen nicht ausreichten.³⁴

Das Desiderat der Geschichtsschreibung zu Gibbons Herz-Lungen-Maschine besteht folglich darin, die Geschichte der Experimentalphase zwischen 1930 und 1953 von ihrer materiellen Seite auszuleuchten und an den Fachdiskurs der jüngeren Wissenschafts- und Technikforschung anzuknüpfen. In der vorliegenden Arbeit beabsichtige ich, dieses Desiderat zu füllen, indem ich zum einen die experimentellen Stadien der Herz-Lungen-Maschine auf der Grundlage der Memoiren und archivierten Nachlässe von Gibbon und seinen Wegbegleiter*innen rekonstruiere. Eine große Bedeutung kommt dabei der Erschließung von Archivbeständen der National Library of Medicine in Bethesda, der Thomas Jefferson University und der University of Pennsylvania in Philadelphia, des Techworks! Center for Technology & Innovation in Binghamton und vielen weiteren zu. Darüber hinaus beabsichtige ich, die historischen Funde im Knotenpunkt von drei wesentlichen Diskurssträngen der Wissenschafts- und Technikforschung zu verorten.

Der erste und naheliegendste Diskursstrang ist die Geschichte und Theorie des Experiments als zentrale Einheit der Forschungstätigkeit. Am Beispiel der Geschichte der Molekularbiologie beziehungsweise der Hirnforschung haben Hans-Jörg Rheinberger und Henning Schmidgen gegen die Reduktion von Experimenten auf bloße Hypothesentests argumentiert.³⁵ Das Experiment wird damit als Serie variabler Versuchsaufbauten sichtbar, an deren materieller Aus- und Umrüstung sich die Genese wissenschaftlicher Erkenntnisse nachvollziehen lässt. Besonders

33 Vgl. David S. Jones und Kavita Sivaramakrishnan, »Making Heart-Lung Machines Work in India: Imports, Indigenous Innovation and the Challenge of Replicating Cardiac Surgery in Bombay, 1952–1962«, *Social Studies of Science* 48/4 (2018), S. 507–539.

34 Vgl. Shelley McKellar, *Artificial Hearts. The Allure and Ambivalence of a Controversial Medical Technology*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2018, S. 16–18.

35 Siehe Hans-Jörg Rheinberger, *Experiment, Differenz, Schrift: Zur Geschichte epistemischer Dinge*, Marburg an der Lahn: Basiliken-Presse 1992; Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein 2001; Hans-Jörg Rheinberger, *Epistemologie des Konkreten: Studien zur Geschichte der modernen Biologie*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2006; Henning Schmidgen, *Die Helmholtz-Kurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit*, Berlin: Merve Verlag 2009; Henning Schmidgen, *Hirn und Zeit. Die Geschichte eines Experiments 1800–1950*, Berlin: Matthes & Seitz 2014.

Schmidgen kommt dabei das Verdienst zu, die Beziehungen wissenschaftlicher Instrumente zur Außenwelt des Labors betont und damit die Theorie des Experiments für die Geschichte der industriellen Moderne geöffnet zu haben.

Die konkrete Verbindung von Chirurgie und Industrie im 20. Jahrhundert bildet den zweiten Diskursstrang. Die Arbeiten von Kirk Jeffrey, Thomas Schlich, Pierre-Yves Donzé sowie von Julie Anderson, Francis Neary und John V. Pickstone, um nur einige zu nennen, haben aufgezeigt, wie Behandlungsmethoden, Implantate und Maschinen im engen Austausch mit Industriekonzerne entstanden. Zugleich wurden diese chirurgischen Objekte dadurch zu Gütern kommerziellen Interesses auf einem besonders in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts rasant expandierenden Gesundheitsmarkt.³⁶

Der dritte Diskursstrang entspinnt sich aus der wörtlichen Auslegung von Charles E. Rosenbergs Plädoyer für eine »Ökologie des Wissens«.³⁷ So haben unter anderen Adele E. Clarke, Hannah Landecker und Angela N. H. Creager einen regelrechten Stoffwechsel biologischer und chemischer Materialien zwischen Laboren und Kliniken einerseits und den Umwelten von Plantagen, Zoos oder Kernreaktoren andererseits zum Vorschein gebracht.³⁸ Am Beispiel der Antibiotikaresistenz hat Landecker die langfristigen Rückwirkungen biomedizinischer Praktiken auf ökologische Lebensbedingungen gar als Aufscheinen einer »Biologie der Geschichte« dargestellt.³⁹

36 Kirk Jeffrey, *Machines in Our Hearts. The Cardiac Pacemaker, the Implantable Defibrillator, and American Health Care*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2001; Thomas Schlich, *Surgery, Science, and Industry. A Revolution in Fracture Care, 1950s–1990s*, Houndmills: Palgrave Macmillan 2002; Julie Anderson, Francis Neary und John V. Pickstone, *Surgeons, Manufacturers and Patients. A Transatlantic History of Total Hip Replacement*, Basingstoke: Palgrave Macmillan 2007; Siehe Pierre-Yves Donzé, *Medtech. The Formation and Growth of a Global Industry, 1960–2020*, Singapur: Palgrave Macmillan 2022.

37 Übers. B. P., Charles E. Rosenberg, »Toward an Ecology of Knowledge«, in: Alexandra Oelsen und John Voss (Hg.), *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860–1920*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 1979, S. 440–455.

38 Siehe Adele E. Clarke, »Research Materials and Reproductive Science in the United States, 1910–1940«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 232–250; Adele E. Clarke, *Disciplining Reproduction. Modernity, American Life Sciences, and »the Problems of Sex«*, Berkeley: University of California Press 1998; Hannah Landecker, »Antibiotic Resistance and the Biology of History«, *Body & Society* 22/4 (2016), S. 19–52; Hannah Landecker, »A Metabolic History of Manufacturing Waste: Food Commodities and their Outsides«, *Food, Culture & Society* 22/5 (2019), S. 530–547; Angela N. H. Creager, *Life Atomic. A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago: University of Chicago Press 2013; Soraya Boudia et al., *Residues. Thinking through Chemical Environments*, New Brunswick, NJ: Rutgers University Press 2022.

39 »In der Geschichte der Biologie verändern sich die Vorstellungen von Bakterien. In der Biologie der Geschichte ändern sich die Bakterien der Vorstellungen« (übers. B. P., Landecker, »Antibiotic Resistance and the Biology of History«, S. 21).

All diese Diskursstränge offerieren damit wichtige Leitmotive für die Untersuchung der experimentellen Entstehung des künstlichen Organkomplexes, den die Herz-Lungen-Maschine verkörperte. Doch die kritische Bestimmung der Art und Weise, wie sich Experiment, Industrie und Umwelt in der Geschichte der Herzchirurgie zueinander verhalten, steht in engem Zusammenhang mit der philosophischen Auffassung des Verhältnisses von Leben und Technik oder konkreter: Organismus und Maschine.

1.2 Das parakybernetische Problem der Wissenschafts- und Technikforschung

Die Frage nach dem Verhältnis von Organismus und Maschine in der experimentellen Chirurgie stellt sich nicht erst retrospektiv. Schon für Gibbons Zeitgenossen zeichnete sich ab, dass mit den neuen herzchirurgischen Techniken der 1950er-Jahre, allen voran der Herz-Lungen-Maschine, nicht weniger als die Verfasstheit des Lebendigen selbst infrage stand. Bereits 1959 argumentierte der Mediziner Frank Gollan in einem Essay, die Herzchirurgie unterlaufe die konventionellen Regeln der Physiologie, weil sie Zustände herstelle, »die gewöhnlich nicht mit dem Leben von Säugetieren vereinbar sind, und die konventionelle Definition von Leben und Tod nicht mehr gilt.«⁴⁰ Mit Blick auf die operative Praxis scheint dieser Gedanke plausibel. Schließlich hing bei diesen maschinell gestützten Operationen das nackte Überleben von höchst intrikaten Prozessen ab, bei denen ein unsauberer Gefäßschnitt nicht weniger verheerend als ein falscher Knopfdruck und ein blockierter Schlauch ebenso tödlich wie eine verstopfte Arterie sein konnte. »In diesem mystischen Zwielicht«, fuhr Gollan fort, »dachten Geschichtenerzähler und Dichter [...] über künstliche Organe wie die Flügel von Dädalus und Ikarus und über ganze künstliche Organismen nach, die lebendig werden wie die griechische Galatea, der jüdische Golem, Goethes Homunkulus und Capeks Roboter.«⁴¹

Schon als der Mediziner von ihnen schrieb, waren all diese mythologischen und literarischen Figuren jedoch längst im Begriff, ernsthafte Konkurrenz von einer ganzen Armada maschinenförmiger Kreaturen zu bekommen, die im selben Zeitraum aus den kybernetischen Laboren in die kollektive Vorstellungswelt vordrangen. Die Rede ist beispielsweise von John von Neumanns selbstreproduzierenden Automaten, Ross Ashbys selbstadaptivem Homöostat oder später Clynès' und Klines Cyborg (»cybernetic organism«), welche auf unterschiedliche Weise durch Analogien oder Fusionen die Grenze zwischen Maschine und Organismus infrage

40 Übers. B. P., Frank Gollan, *Physiology of Cardiac Surgery. Hypothermia, Extracorporeal Circulation and Extracorporeal Cooling*, Springfield, IL: Thomas 1959, S. vi.

41 Übers. B. P., ebd., S. vi–vii.

stellten.⁴² Dabei ließe sich durchaus argumentieren, dass die in der Chirurgie realisierte Auslagerung von Herz- und Lungentätigkeit die Nähe von Organismus und Maschine gar drastischer vor Augen führte als kybernetische Modellmaschinen oder Cyborg-Konzepte des für den Weltraum optimierten Menschen.

Dennoch schwangen sich nicht etwa die Herz-Lungen-Maschinen, sondern die kybernetischen »Trickmaschinen«⁴³ zu theoriebildenden Modellen rund um Fragen der »Künstlichen Intelligenz« und des »Künstlichen Lebens« auf.⁴⁴ Im gleichen Zuge boten sie entscheidende Inspirationsquellen für posthumanistische Stränge der Wissenschafts- und Technikforschung, die sich in den 1980er- und 1990er-Jahren zusehends von ihrem sozialkonstruktivistischen Erbe emanzipierten.⁴⁵ In vollem politischen Bewusstsein griff Donna Haraway »die Cyborg« als non-binäre Figur auf, um sie ironisch gegen ihr originäres Spannungsfeld zwischen »Militarismus und patriarchale[m] Kapitalismus« sowie »Staatssozialismus« zu wenden.⁴⁶ Wenn hingegen bei Andrew Pickering »Handlungsmacht [agency]« tänzelnd zwischen Mensch und Maschine »emergiert«,⁴⁷ bei Hans-Jörg Rheinberger Experimentalsysteme »ihre reproduktiven Zyklen [...] koppeln«⁴⁸ und für Bruno Latour »[d]ie Vernunft [...] heute eher einem Kabelnetz als den platonischen Ideen [gleicht]«,⁴⁹ dann ist in diesen Grenzverwischungen zwischen Maschine und Organismus unausgesprochen eine ganz bestimmte Lesart kybernetischer Ordnungsprinzipien am Werk. Da sich die historische Kybernetik in ihrer Vielfalt

-
- 42 Siehe hierzu Ronald Kline, »Where are the Cyborgs in Cybernetics?«, *Social Studies of Science* 39/3 (2009), S. 331–362; sowie Jan Müggenburg, »Homöostat und Cyborg. Zum Verhältnis von Selbstorganisationsforschung und der frühen Biokybernetik«, in: Beate Ochsner, Sybilla Nikolow und Robert Stock (Hg.), *Affizierungs- und Teilhabeprozesse zwischen Organismen und Maschinen*, Wiesbaden: Springer 2020, S. 25–42.
- 43 Mit diesem Begriff weist Jan Müggenburg am Beispiel der Forschungen in Heinz von Foersters Biological Computer Laboratory darauf hin, dass die kybernetischen Maschinen durch ihre Vorführeffekte eine maßgebliche Rolle bei der Einwerbung von Fördermitteln im »militärisch-industriellen Komplex« spielten (vgl. *Lebhafte Artefakte. Heinz von Foerster und die Maschinen des Biological Computer Laboratory*, Göttingen: Konstanz University Press 2018, S. 296).
- 44 Siehe auch John Johnston, *The Allure of Machinic Life. Cybernetics, Artificial Life, and the New AI*, Cambridge, MA: MIT Press 2008.
- 45 Siehe auch Sophia Roosth und Susan Silbey, »Science and Technology Studies: From Controversies to Posthumanist Social Theory«, in: Bryan S. Turner (Hg.), *The New Blackwell Companion to Social Theory*, Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell 2009, S. 451–473.
- 46 Donna Haraway, »Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technowissenschaften«, übers. von Fred Wolf, in: dies., *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt a.M.: Campus 1995, S. 33–72, hier: S. 36.
- 47 Übers. B. P., Andrew Pickering, *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press 1995, S. 21f.
- 48 Rheinberger, *Experiment, Differenz, Schrift*, S. 51.
- 49 Bruno Latour, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 158.

keineswegs auf ein homogenes Experimentierfeld für neue posthumanistische Ontologien reduzieren lässt,⁵⁰ steht umso mehr infrage, in welche Denktradition sich die selektive Einengung auf Motive der spontanen Emergenz und verteilten Performanz einschreibt.

Eine ähnliche Schlagseite der Kybernetik-Rezeption hat der Historiker Jakob Tanner im frühen Neoliberalismus ausgemacht und dessen Vertreter treffend als »Parakybernetiker« tituliert.⁵¹ Im Systemkonflikt des Kalten Krieges zwischen Markt- und Planwirtschaft drohte aus neoliberaler Sicht, die Auslegung der Kybernetik als planvoll eingesetztes Steuerungsinstrumentarium logistische Einwände gegen die Wirtschaftsplanung ins Wanken zu bringen.⁵² Selbst Norbert Wiener höchstpersönlich sprach bezüglich der marktwirtschaftlichen Selbstregulation von einer »einfältigen Theorie«.⁵³ Doch das hielt den Gründer der neoliberalen Mont Pèlerin Society, Friedrich A. von Hayek, keineswegs davon ab, das Konzept des »freien Marktes« mit beliebigen Versatzstücken der Kybernetik anzureichern und diese auf eine Lehre von »sich selbst ordnenden Prozesse[n]« in der angeblichen Tradition von Adam Smith zu reduzieren.⁵⁴

Der Wissenschafts- und Technikforschung könnte zu denken geben, dass Neoliberale ihren parakybernetischen Kampf gegen staatliche Wirtschaftslenkung – vom Staatsinterventionismus des New Deal bis zur sowjetsozialistischen Planwirtschaft – von Anfang an auf dem Terrain der Epistemologie führten. In Absetzung von der früheren Neoklassik definierte Hayek den einst logistisch als Mittel der Güterallokation aufgefassten Markt epistemologisch zu einem jeder menschlichen Planungsinstanz überlegenen »Mechanismus zur Vermittlung von Informationen« und später ausdrücklich zu einem quasi-experimentellen »Entdeckungsverfahren« um.⁵⁵

50 Vgl. z.B. Müggenburg, *Lebhafte Artefakte*, S. 23.

51 Jakob Tanner, »Komplexität, Kybernetik und Kalter Krieg. »Information« im Systemantagonismus von Markt und Plan«, in: Michael Hagner und Erich Hörl (Hg.), *Die Transformation des Humanen. Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 377–413, hier: S. 399.

52 Siehe ausführlicher ebd.

53 Norbert Wiener, *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, übers. von E. H. Serr, Düsseldorf: Econ 1963, S. 228.

54 Friedrich A. von Hayek, »Die überschätzte Vernunft«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 1: *Wirtschaftstheorie und Wissen. Aufsätze zur Erkenntnis- und Wissenschaftslehre*, hg. von Viktor Vanberg, Tübingen: Mohr Siebeck 2007, S. 109–134, hier: S. 116f.

55 So in Friedrich A. von Hayek, »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 1: *Wirtschaftstheorie und Wissen. Aufsätze zur Erkenntnis- und Wissenschaftslehre*, hg. von Viktor Vanberg, Tübingen: Mohr Siebeck 2007, S. 57–70, hier: S. 65 (»Mechanismus zur Vermittlung von Informationen«); bzw. Friedrich A. von Hayek, »Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 4: *Rechtsordnung und Handlungsordnung. Aufsätze zur Ordnungsökono-*

Im Zuge dessen verwischte Hayek die Grenzen zwischen Organismus und Maschine, lange bevor sich die Wissenschafts- und Technikforschung dem Posthumanismus zuwandte. Mitsamt der Neudefinition des Marktes wich in der neoliberalen Epistemologie auch der Mensch als politisch handlungs- und planungsfähiges Subjekt einem fragmentarisch über Individuen verteilten Wissen, das skaleninvariant auf jeder Geistesebene – »ob Neuron, Käufer oder Verkäufer« – in unzugänglichen Systemoperationen impliziert bleibe.⁵⁶ Das Denken solle demnach besser dem Preismechanismus unterworfen werden, der »qualifizierte Arbeit oder bestimmte Maschinenwerkzeuge« gleichermaßen als numerische »Äquivalenzverhältnisse« verrechne.⁵⁷ Wie der Wirtschafts- und Wissenschaftshistoriker Philip Mirowski argumentiert hat, gleicht der Markt in der neoliberalen Ideologie damit einem »vollendete[n] Cyborg«,⁵⁸ der die impliziten Wissensfragmente menschlicher Gehirne verschaltet wie ein superintelligenter »Informationsprozessor«.⁵⁹

Historisch kann es kaum als Zufall betrachtet werden, dass posthumanistische Denkfiguren in der Wissenschafts- und Technikforschung im selben Zeitraum der 1980er- und 1990er-Jahre die Oberhand gewannen, in dem Luc Boltanski und Ève Chiapello den Aufstieg eines »neuen Geistes des Kapitalismus« in Management- und Alltagsdiskursen festgemacht haben.⁶⁰ Durch eine Fülle von Arbeiten, die sich besonders in den letzten zehn Jahren mit der Ideengeschichte des Neoliberalismus auseinandergesetzt haben, lässt sich inzwischen ein klareres Bild dieses in Wahrheit weniger post- als antihumanistischen und obendrein antiaufklärerischen und antidemokratischen »Geistes« zeichnen.⁶¹ Seltener ist allerdings deutlich benannt

mik, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2003, S. 132–149. Siehe hierzu ausführlicher Philip Mirowski und Edward Nik-Khah, *The Knowledge We Have Lost in Information. The History of Information in Modern Economics*, New York: Oxford University Press 2017, Kap. 5 und 6.

- 56 Friedrich A. von Hayek, »Die sensorische Ordnung« – 25 Jahre danach: Diskussion«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache, Bd. B 5: Die sensorische Ordnung. Eine Untersuchung der Grundlagen der theoretischen Psychologie*, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2006, S. 237–249.
- 57 Hayek, »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft«, S. 64; zum Unterwerfungscharakter dieses angeblich freiheitlichen Weltentwurfs siehe Jessica Whyte, »The Invisible Hand of Friedrich Hayek: Submission and Spontaneous Order«, *Political Theory* 47/2 (2019), S. 156–184.
- 58 Philip Mirowski, *Untote leben länger. Warum der Neoliberalismus nach der Krise noch stärker ist*, übers. von Felix Kurz, Berlin: Matthes & Seitz 2015, S. 285.
- 59 Ebd., S. 60.
- 60 Direkte Verweise auf die Wissenschafts- und Techniksoziologie von Latour und Callon finden sich in Luc Boltanski und Ève Chiapello, *Der neue Geist des Kapitalismus*, übers. von Michael Tillmann, Konstanz: UVK 2003, S. 190 und 197.
- 61 Siehe z.B. Wendy Brown, *Die schleichende Revolution. Wie der Neoliberalismus die Demokratie zerstört*, übers. von Jürgen Schröder, Berlin: Suhrkamp 2015; Mirowski, *Untote leben länger*; Mirowski/Nik-Khah, *The Knowledge We Have Lost in Information*; Wendy Brown, *In the Ruins of Neoliberalism. The Rise of Antidemocratic Politics in the West*, New York: Columbia University

worden, wie stark sich neoliberale Marktkonzepte längst in der akademischen Wissenschafts- und Techniktheorie selbst niedergeschlagen haben.⁶²

Dabei weisen Klassiker der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung speziell in ihrer Emphase auf die Verschränkung von Lebendigem und Technischem eine ausgeprägte Nähe zur neoliberalen Epistemologie auf. So haben Autoren wie Pickering, Rheinberger oder Latour die Materialität und Praxis des Experiments mehr oder weniger explizit im Sinne eines kybernetischen Informationsprozessors konzipiert, dessen autonome Innovationsdynamik – für den menschlichen Verstand undurchschaubar – über die Grenzen von Maschine und Organismus hinweg operiert.

Dementsprechend beschreibt Pickerings Metapher der *Mangle of Practice* ein kybernetisches Ordnungsprinzip, eine »posthumane Dynamik«, die unkontrolliert durch ein offenes Experimentierfeld von emergierenden Widerständen streift und die Grenzen des Menschlichen und Maschinellen fortlaufend adaptiert.⁶³ Menschliche Akteur*innen mit ihren Plänen und Intentionen hätten demnach nicht länger »das Heft in der Hand«. ⁶⁴ Im Gegenteil:

»Die Wissenschaftskultur erscheint dann selbst als eine wilde Art von Maschine, gebaut aus radikal heterogenen Teilen, ein Supercyborg, der materielle und disziplinäre Handlungsmacht [*agency*] in menschlichen und materiellen Performanzen einspannt, von denen manche hinaus in die Welt der Repräsentation, der Fakten und Theorien führen.«⁶⁵

Allerdings neigt dieses Wissenschaftsverständnis zu einer Vernachlässigung kritischer Zusammenhänge, zum Beispiel der militärisch-industriellen Finanzierungsgrundlagen der britischen Kybernetik, die in Pickerings *The Cybernetic Brain* zu Fußnoten geraten.⁶⁶ Stattdessen stilisiert Pickering die Kybernetik in einem Atemzug mit kontinentaler Prozessphilosophie, fernöstlicher Spiritualität und

Press 2019; Jessica Whyte, *The Morals of the Market. Human Rights and the Rise of Neoliberalism*, London: Verso 2019; Thomas Biebricher, *Die politische Theorie des Neoliberalismus*, Berlin: Suhrkamp 2021.

62 So z.B. Philip Mirowski, »Minding the Cybernetic Gap«, *Technology and Culture* 53/1 (2012), S. 192–195; Philip Mirowski, »What Is Science Critique? Lessig, Latour«, *The Routledge Handbook of the Political Economy of Science*, London: Routledge 2017, S. 429–450; Erik Baker und Naomi Oreskes, »It's No Game: Post-Truth and the Obligations of Science Studies«, *Social Epistemology Review and Reply Collective* 6/8 (2017), S. 1–10; sowie ansatzweise Benjamin Noys, »The Discreet Charm of Bruno Latour«, in: Jernej Habjan und Jessica Whyte (Hg.), *(Mis)readings of Marx in Continental Philosophy*, London: Palgrave Macmillan 2014, S. 195–210.

63 Übers. B. P., Pickering, *The Mangle of Practice*, S. 93.

64 Übers. B. P., ebd., S. 26.

65 Übers. B. P., ebd., S. 145.

66 Vgl. Mirowski, »Minding the Cybernetic Gap«.

New-Age-Esoterik zu einer Gegenkultur, deren »Ontologie der Unwissbarkeit« er ausdrücklich affirmiert.⁶⁷

Eine vergleichbare Vorstellung des Experiments scheint in Rheinbergers Philosophie der Experimentalsysteme auf, der zufolge »das stumme Wissen des Forschers seine äußere Form und seinen Ort in der technischen Apparatur des Experimentalsystems [hat]«. ⁶⁸ Das Denken des Forschenden werde nicht etwa potenzierend »durch das Experiment geleitet«, sondern umgekehrt, »das Rasonnieren [sic!] gewissermaßen ins Spiel der materiellen Entitäten gerissen«. ⁶⁹ Problematischerweise geht diese der Versuchsanordnung zugeschriebene Eigendynamik bei Rheinberger damit einher, die bloße Möglichkeit von äußeren Determinanten der Forschung zu negieren: »Es gibt hier keinen theoretischen globalen Rahmen, keine politische Macht, keinen sozialen Kontext, der stark genug wäre, um dieses Universum von potentiell und aktuell sich selbst bewegenden Systemen zu koordinieren oder gar zu durchdringen.« ⁷⁰

Ihre paradigmatische Entfaltung erfährt die neoliberale Parakybernetik jedoch in einem der zentralsten Referenzpunkte fast jeder auch nur im Entferntesten posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung, nämlich im Werk von Latour. Schon in seiner klassischen Beobachtungsstudie *Laboratory Life* modelliert Latour (zusammen mit Steve Woolgar) die Herstellung wissenschaftlicher Tatsachen unverhohlen als einen Marktkreislauf der Informationen, in welchem durch kapitalförmige Akkumulation von »Inskriptionen« (Aufzeichnungen untersuchter Phänomene) »Ordnung aus Unordnung« emergiere. ⁷¹ Die nachvollziehbare Beobachtung gewisser Marktlogiken in einem US-amerikanischen Forschungslabor der 1970er-Jahre verallgemeinert sich in Latours Werk fortlaufend zu einer in jeden kleinsten Laborhandgriff eingeschriebenen Ontologie. Selbst Louis Pasteurs Labor der 1850er-Jahre wird bei Latour – in einer anachronistischen Rückprojektion parakybernetischer Prinzipien – »Körper und Geist von Pasteur, verteilte Intelligenz, in Instrumenten materialisierte Theorie«. ⁷²

Dabei changiert Latour mit diesen Prinzipien skaleninvariant zwischen der experimentellen und der gesellschaftspolitischen Ebene. In Wissenschaft wie Politik

67 Übers. B. P., Andrew Pickering, *The Cybernetic Brain. Sketches of Another Future*, Chicago: University of Chicago Press 2010, S. 396.

68 Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge*, S. 80.

69 Rheinberger, *Experiment, Differenz, Schrift*, S. 22.

70 Ebd., S. 51.

71 Übers. B. P., vgl. Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986, S. 206f., 244–252.

72 Bruno Latour, »Haben auch Objekte eine Geschichte? Ein Zusammentreffen von Pasteur und Whitehead in einem Milchsäurebad«, übers. von Gustav Roßler, in: ders., *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*, Berlin: Akademie Verlag 1996, S. 87–112, hier: S. 101.

sieht er primär »Berechnungszentren« – um nicht zu sagen Informationsprozessoren – am Werk, die Menschen und Dinge in der »Währung« von Inskriptionen (wie »Karten«, »Zeichnungen« oder »Kontobüchern«) koordinieren.⁷³ Was in *Laboratory Life* als marktkonforme Operationslogik des Experiments begann, führt Latour im *Parlament der Dinge* konsequenterweise auf seinen neoliberalen Archetyp, den Preismechanismus, zurück:

»Bisher ließen sich schwarze Löcher, Flüsse, genmanipulierter Soja, Landwirte, Klima, menschliche Embryonen, humanisierte Schweine durch nichts in einer Ordnungsbeziehung verbinden. Durch das ökonomische Kalkül werden jedoch alle diese Entitäten *kommensurabel*. [...] Vielleicht könnte man im 21. Jahrhundert endlich den Rechnungsbüchern der Ökonomie das einzigartige Vermögen zuerkennen, *eine gemeinsame Sprache* für jene zu entwickeln, deren Aufgabe es ist, die *beste der gemeinsamen* Welten zu entdecken.«⁷⁴

Vor diesem Hintergrund verwundert es kaum, dass auch Latours »politische Ökologie« in dem Plädoyer mündet, selbstorganisierenden Kräften ihren Lauf zu lassen und »die Ungewißheit als unausweichlichen Bestandteil der ökologischen und medizinischen Krisen [zu] akzeptieren«.⁷⁵

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass maßgebliche Stränge posthumanistischer Wissenschafts- und Technikforschung die Motive einer neoliberalen Parakybernetik fortschreiben. Den gemeinsamen Nenner bildet die Ablösung des Wissens und intentionalen Handelns von gesellschaftlichen menschlichen Subjekten und die unterordnende Aufteilung derselben auf partikuläre Funktionsstellen eines selbstorganisierenden Mechanismus, sei es der Markt, das Experimentalsystem oder das Akteur-Netzwerk. Die Herz-Lungen-Maschine erschiene damit lediglich als Emergenzeffekt eines solchen Mechanismus, der auf experimentelle Weise die Grenze zwischen lebendigen Organen und technischen Dingen unterläuft.

Doch nach Jahrzehnten des Grenzverwischens unter parakybernetischen Vorzeichen ist es womöglich an der Zeit zu hinterfragen, was mitsamt den verwischenden Handstreichern zum Verschwinden gebracht wird. So wie Menschen laut Hayek »nie mehr zu wissen brauchen, als sich in der Preisbewegung niederschlägt«, ⁷⁶

73 Bruno Latour, »Drawing Things Together: Die Macht der unveränderlich mobilen Elemente«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANTHology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 259–307, hier: S. 301f.; vgl. zudem Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987, S. 240 und 244.

74 Bruno Latour, *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001, S. 196 [Herv. i. O.].

75 Ebd., S. 94.

76 Hayek, »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft«, S. 66.

so erweckt manch posthumanistische Abhandlung den Eindruck, der Beschreibung eines kybernetischen Operationalismus wohne für sich genommen historische Erklärungskraft inne. Allzu oft verschwimmt dabei mitsamt der Grenze zwischen Organismus und Maschine auch der kritische Blick für die ökonomischen und ökologischen Bedingungen, unter denen in industriekapitalistischen Gesellschaftsformen experimentiert wird.

Wenn es also darum gehen soll, die Entstehung der Herz-Lungen-Maschine theoretisch fundiert im industrie- und umweltgeschichtlichen Kontext zu untersuchen, wäre eine Konzeption des chirurgischen Experiments als selbstorganisierender Informationsprozessor fehlgeleitet. Doch zum Glück ist dem kritischen Denken, auch wenn Latour anderes glauben möchte, der Dampf nie ausgegangen.⁷⁷ Es gilt lediglich, verschüttete Denktraditionen wieder zum Vorschein zu bringen und daran anzuknüpfen.

1.3 Grundzüge einer Organologie der Herz-Lungen-Maschine

Ian Hacking hat 1998 mit seinem Aufsatz »Canguilhem unter den Cyborgs« bereits angedeutet, dass der diffuse Diskurs um »cyborgartige« Grenzverwischungen hinter den um die Jahrhundertmitte formulierten Erkenntnisstand des titelgebenden französischen Philosophen und Mediziners zurückfällt.⁷⁸ In der Tat verdichtet Georges Canguilhem in seinem 1952 veröffentlichten Werk *Die Erkenntnis des Lebens* das Programm einer »Organologie«,⁷⁹ in welcher er ein bedeutendes Desiderat der wissenschaftlichen und philosophischen Betrachtung des Zusammenhangs von Maschine und Organismus sieht:

»Man hat fast immer versucht, ausgehend von der Struktur und Funktion der bereits gebauten Maschine die Struktur und Funktion des Organismus zu erklären; selten hat man jedoch versucht, die Konstruktion der Maschine ausgehend von der Struktur und Funktion des Organismus zu verstehen.«⁸⁰

In jüngerer Vergangenheit ist das Konzept der Organologie in loser Anlehnung an Canguilhem vermehrt aufgenommen, dabei jedoch für eine heideggerische Technik-

77 Bruno Latour, »Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern«, *Critical Inquiry* 30/2 (2004), S. 225–248.

78 Siehe Ian Hacking, »Canguilhem unter den Cyborgs«, übers. von Eric J. Engstrom, in: Cornelius Borck, Volker Hess und Henning Schmidgen (Hg.), *Maß und Eigensinn. Studien im Anschluß an Georges Canguilhem*, München: Fink 2005, S. 239–256.

79 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 183.

80 Ebd., S. 184.

kritik vereinnahmt oder im Sinne einer bloßen Funktionsverteilung auf biologische, technische und soziale Organe verkürzt worden.⁸¹ Im Kontext seines bislang wenig rezipierten Frühwerks betrachtet, wird allerdings deutlich, dass Canguilhem Organologie die Züge eines *vitalistischen Marxismus* trägt und – anstelle schlichter Grenzverwischungen – das Verhältnis von Maschine und Organismus kritisch an historisch spezifische Produktions- und Lebensweisen zurückbindet.⁸²

Die Organologie bietet damit einen vielversprechenden Gegenentwurf zur technizistischen Parakybernetik sowohl des Neoliberalismus als auch der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung. Auch wenn Canguilhem keineswegs der Rufeines Kapitalismuskritikers vorausseilt, rahmt speziell Kritik an der liberalen Wirtschaftsideologie maßgeblich die Auseinandersetzung mit der mechanistischen Lebensauffassung im Kern seines Werkes. So demaskiert der Philosoph und Widerstandskämpfer bereits in seinem antifaschistischen Pamphlet »Le fascisme et les paysans« von 1935 das marktliberale Bild der »quasi-automatischen und im Grunde harmonischen« Steuerung durch den Preismechanismus als Blendwerk zugunsten der herrschenden Klasse.⁸³ In seinem Spätwerk kommt Canguilhem im Enzyklopädie-Artikel »Regulation« von 1972 ausführlich auf diese Kritik zurück und schreibt:

»Obgleich die Muster des klassischen Liberalismus den historischen, d.h. weder notwendigen noch durch göttliche Vorsehung bestimmten Charakter der kapitalistischen Ökonomie völlig verkannten, hat sich die gesamte Geschichte der Gesellschaftswissenschaft seit Auguste Comte und Karl Marx demgegenüber dadurch ausgezeichnet, die Form und den Platz der ökonomischen Verhältnisse im System der gesellschaftlichen Beziehungen sowie der Macht-, Informations- und Gefühlsbeziehungen zu bestimmen.«⁸⁴

Die Kritik am marktliberalen Mythos des Preismechanismus stellt somit einen wichtigen Kontext für die umfassendere Mechanizismus-Kritik im Herzen von Canguilhem's Organologie der 1940er- und 1950er-Jahre dar. Schon in Descartes'

81 Siehe z.B. Bernard Stiegler, *Symbolic Misery*, Bd. 1: *The Hyperindustrial Epoch*, übers. von Barnaby Norman, Cambridge: Polity Press 2014, S. 5; Leif Weatherby, *Transplanting the Metaphysical Organ. German Romanticism between Leibniz and Marx*, New York: Fordham University Press 2016, S. 8f.; sowie im Gesamtentwurf Yuk Hui, *Recursivity and Contingency*, London: Rowman & Littlefield International 2019.

82 Siehe Benjamin Prinz und Henning Schmidgen, »Vitalist Marxism: Georges Canguilhem and the Resistance of Life«, *Theory, Culture & Society* 41/4 (2024), S. 3–21.

83 Übers. B. P., Georges Canguilhem, »Le fascisme et les paysans«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593, hier: S. 560; vgl. zudem ebd., S. 560–564.

84 Georges Canguilhem, »Regulation«, übers. von Thomas Ebke, in: ders., *Regulation und Leben*, Berlin: August 2017, S. 123–139, hier: S. 134.

mechanistischer Auffassung des Lebendigen als »Rädchen eines Räderwerks«⁸⁵ sieht Canguilhem eine ontologische Entpolitisierung angelegt, wie sie heute im neuen Gewand selbstorganisierender Informationsprozessoren fortbesteht: »Descartes ersetzt das Bild der politischen Befehlsgewalt [...] durch das technische Bild der ›Steuerung‹ [...], also einer Vorrichtung oder eines Zusammenspiels mechanischer Verbindungen.«⁸⁶ Hinsichtlich dieser Steuerungslogik sind viele der gegen Descartes' Subjekt-Objekt-Trennung gerichteten Ansätze der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung wesentlich kartesischer, als sie selbst glauben mögen. Sie weisen die Dualität und das *cogito* zurück, aber konservieren für Organismus, Experiment und Gesellschaft ein technologisches Bild selbstreferenzieller Steuerung.⁸⁷

Canguilhem bestreitet dabei keineswegs den Nutzen oder gar die Existenz von Mechanismen. Weder der Pumpbewegung eines Herzens noch der einer Herz-Lungen-Maschine würde Canguilhem absprechen, nach mechanischen Prinzipien zu *funktionieren*, und selbst bestimmten Organisationsformen des Operationsbetriebs oder des Gesundheitswesens einen gewissen Grad mechanischer Funktionslogik zugestehen. Wogegen Canguilhem jedoch vehement argumentiert, ist die Selbstreferenzialität derartiger organischer, technischer oder sozialer Mechanismen, denn »ein Mechanismus ist kein zufälliger und beliebiger Bewegungszusammenhang«.⁸⁸ So führt etwa ein Erklärungsversuch der Herz-Lungen-Maschine als Resultat eines Experiments, vorgestellt als kybernetische Maschine, zu nichts als der tautologischen Erklärung einer Maschine durch eine Maschine.⁸⁹ Die bloßen Funktionsabläufe von Mechanismen beziehungsweise Systemen oder Netzwerken vermögen jedoch nicht zu erhellen, aus welchen Problemstellungen, zu welchen Zwecken und unter welchen Bedingungen dieselben *entstanden* sind.

Um der Entstehung der Herz-Lungen-Maschine wirklich auf den Grund zu gehen, müssen wir Canguilhem folgend »das Mechanische in das Organische einschreiben«.⁹⁰ Der Technikbegriff der »Maschinen als materialisierte Theoreme« verschiebt sich damit zu einem Technikbegriff der »Maschinen als Lebensorgane«.⁹¹ Lebensorgane sind Maschinen (genau wie Werkzeuge) insofern, als sie sich

85 Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 208.

86 Ebd.

87 Ein ähnlicher Gedanke findet sich bei Hacking, »Canguilhem unter den Cyborgs«, S. 246.

88 Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 209f.

89 Siehe hierzu auch ebd.

90 Ebd., S. 231.

91 So wörtlich in Georges Canguilhem, »Zur Lage der biologischen Philosophie in Frankreich (1947)«, übers. von Ronald Voullié, in: ders., *Wissenschaft, Technik, Leben. Beiträge zur historischen Epistemologie*, Berlin: Merve 2006, S. 23–40, hier: S. 38; sowie sinngemäß in Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 228, Fn. 52.

analog zu Körperorganen evolutionär aus dem vitalen Drang des Organismus herausbilden, seine inneren wie äußeren Lebensbedingungen nach eigenen Normen zu formen.⁹² Die Abwehr von Krankheiten ist für Canguilhem ein zentrales »vitales Bedürfnis« dieser Art, welches der Entwicklung sowohl von Selbstheilungsmechanismen des Körpers als auch von modernen Medizintechniken logisch und chronologisch vorausgeht.⁹³

Damit verortet der organologische Rekurs auf das Leben – im Gegensatz zum (neo-)liberalen Marktobskurantismus – die Technik in einem Spannungsverhältnis zwischen Organismus, Umwelt und Gesellschaft. Anhaltspunkte dafür sieht Canguilhem sowohl im historischen Materialismus als auch in der französischen Humangeografie.⁹⁴ Bei Karl Marx findet Canguilhem zunächst den proto-organologischen Versuch, Darwins »Geschichte der natürlichen Technologie, [...] die Bildung der Pflanzen- und Tierorgane« um eine »Bildungsgeschichte der produktiven Organe des Gesellschaftsmenschen« zu erweitern.⁹⁵ So begreift Marx die Gerätschaften der gesellschaftlichen Arbeit, die Arbeitsmittel, als prägende Merkmale ökonomischer Epochen und ihr Studium in Analogie zu dem paläontologischer Knochenfunde.⁹⁶ Im modernen Fabrikwesen verkehrt sich das Verhältnis von Organismus und Maschine laut Marx allerdings dahingehend, dass die arbeitende Klasse von Menschen den »bewußtlosen Organen« der Maschinerie »nur als bewußte Organe« bei- und untergeordnet wird.⁹⁷

Die marxische Natur- und Technikphilosophie schließt Canguilhem an das Konzept der »Lebensweise« [*genre de vie*] aus Paul Vidal de la Blaches possibilistischer Schule der Humangeografie sowie deren soziologischer Auslegung bei Denkern wie Maurice Halbwachs an.⁹⁸ Der Mensch ist danach als ein »geografischer Faktor« zu

92 Ausführlicher zu diesem Formbildungsprozess bei Canguilhem siehe auch Maria Muhle, »Formen und Formierungen des Lebendigen«, in: Maria Muhle und Christiane Voss (Hg.), *Black Box Leben*, Berlin: August 2017, S. 301–323.

93 Vgl. Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 127.

94 Siehe auch Michele Cammelli, »Présentation – Le fascisme et les paysans (1935)«, in: Georges Canguilhem, *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593, hier: S. 527.

95 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. 392f., Fn. 89; Canguilhem verweist lobend auf diese Stelle in *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 223, Fn. 42.

96 Marx, *Das Kapital*, S. 194f.

97 Ebd., S. 442; zu Canguilhems ausführlichen Bezugnahmen auf Marx siehe auch Prinz/Schmidgen, »Vitalist Marxism«.

98 Siehe hierzu auch Cammelli, »Présentation«, S. 523–527; Samuel Talcott, *Georges Canguilhem and the Problem of Error*, Cham: Palgrave Macmillan 2019, S. 65–67; sowie Henning Schmidgen, »Das Problem der Umwelt. Maurice Halbwachs und Georges Canguilhem«, in: Georges Canguilhem, *Über Maurice Halbwachs*, Berlin: August 2022, S. 33–87.

verstehen, der sich nicht einfach einem Determinismus der Landschaft unterwirft, sondern die Möglichkeiten ihrer Physiognomie für sich nutzt und technisch modifiziert, um sich in und vor allem *mit* ihr einzurichten. Über Generationen hinweg kultivieren Menschen so spezifische Verhältnisse mit Klima, Flora und Fauna, bilden komplexe Organisationen des Schutzes, der Ernährung, des Transports und – so ließe sich hinzufügen – der Medizin heraus, die in ihrem Zusammenspiel eine habitualisierte Lebensweise konstituieren.⁹⁹ »In den Zügen einer Landschaft«, schreibt Canguilhem, »muss man die Wirkung der menschlichen Technik ebenso ablesen können wie die Spontaneität der Natur.«¹⁰⁰

Die Organologie reklamiert also eine biologische Grundlage der (medizinischen) Technik und verknüpft diese mit der Geschichte menschlicher Gesellschaften. Die Technik entsteht nicht aus sich selbst heraus, sondern in der zweckgerichteten Auseinandersetzung von Menschen mit Umwelten, die stets gesellschaftlich überformt sind. Die Herz-Lungen-Maschine stellt aus organologischer Perspektive somit keinen Emergenzeffekt abstrakter, verteilter Informationsverarbeitung dar, sondern einen Komplex von Lebensorganen, der sich aus dem vitalen Bedürfnis nach Heilung unter den Bedingungen der industriekapitalistischen Lebensweise des 20. Jahrhunderts herausbildet.

Im Dialog mit der Organologie von Canguilhem und Marx, aber vereinzelt auch mit den Spuren dieses Denkens bei Gilbert Simondon und Lewis Mumford, führt die folgende Untersuchung durch die historischen Problemstellungen des chirurgischen Experiments und entwickelt dabei eine Auffassung von Medizin, Wissenschaft und Technik, die dem posthumanistischen Bild der autopoietischen Wissens- und Technikgenese entschieden widerspricht. Die folgenden Kapitel legen dar, wie sich das chirurgische Experimentieren zwischen 1930 und 1953 eine eigene Nische in den US-amerikanischen wie internationalen Industrielandschaften erschloss, um spezielle Bauteile, Materialien und Verfahrensweisen für die Konstruktion und den Betrieb der Herz-Lungen-Maschine zu gewinnen. Besonders die Sauerstoffanreicherung und Handhabung des Blutes, die Regulation des Blutstroms in der Maschine sowie die mechanistische Reduktion und Beherrschung des Organismus auf dem Experimentiertisch stellten dabei wiederkehrende Problemstellungen dar, an denen sich innerhalb wie außerhalb des Labors die Macht- und Abhängigkeitsstrukturen der industriekapitalistischen Lebensweise eindrucksvoll manifestierten.

99 Siehe Paul Vidal de la Blache, »Les genres de vie dans la géographie humaine. Premier article«, *Annales de géographie* 20/111 (1911), S. 193–212, hier: S. 194; sowie ders., »Les genres de vie dans la géographie humaine. Second article«, *Annales de géographie* 20/112 (1911), S. 289–304.

100 Übers. B. P., Georges Canguilhem, »La question de l'écologie: La technique ou la vie?«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 5, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2018, S. 631–645, hier: S. 636.

Die Kapitel 2, 3 und 4 widmen sich dem Anfangsstadium von Gibbons Experiment auf seinen Stationen in Boston zwischen 1930 und 1935. Kapitel 2 räumt zunächst mit dem gängigen Entstehungsmythos der Herz-Lungen-Maschine auf und rekonstruiert die arbeitstechnischen Widersprüche und Voraussetzungen, die Gibbon im Schnittbereich von experimenteller Physiologie und Chirurgie vorfand. Einerseits widersprach die damals bei Herzoperationen unter Gefäßabklemmung gebotene Eile dem zeitgenössischen Ideal des langsamen und kontrollierten Operierens; andererseits bot das Repertoire der Experimentalphysiologie in Form von Apparaturen zur Perfusion isolierter Organe zumindest Ansatzmöglichkeiten, sich ausgedehntere Operationszeit zu verschaffen.

Bei seinem ersten Versuch, eine ähnliche Apparatur zur Ganzkörperperfusion aufzubauen, stieß Gibbon auf eine Reihe von Schwierigkeiten im Umgang mit den Materialeigenschaften des Blutes. Die in Kapitel 3 behandelten Problemstellungen drehen sich konkret um die Gerinnungshemmung, Sauerstoffanreicherung und Volumenausdehnung des Blutes. Zur Bewältigung dieser Schwierigkeiten bezog Gibbon den aus Schlachtabfällen gewonnenen Gerinnungshemmer Heparin, adaptierte eine Milchscheider zum Bau einer künstlichen Lunge und beschaffte sich einen Blutersatz aus gelöstem Akaziengummi. Von der nordamerikanischen Fleischindustrie über die Milchwirtschaft bis zur kolonialen Forstwirtschaft Ostafrikas verwickelte der Chirurg sein Experiment damit in erste Abhängigkeiten von der Agrarindustrie.

Kapitel 4 thematisiert die Widerständigkeit des Organismus gegen die Einspannung in einen extrakorporalen Blutkreislauf. Um der ungewollten Reaktionen des Versuchstieres Herr zu werden, verkomplizierte sich Gibbons Versuchsaufbau erheblich und orientierte sich zusehends enger am physiologischen Vorbild des Herzens. Im selben Zuge fügten sich Elemente der elektromagnetischen Telegrafie in die Nische des chirurgischen Experiments ein, um als elektrische Schalter der automatischen Aussteuerung von Unregelmäßigkeiten des Blutstroms zu dienen. Mit solch behelfsmäßigen Vorrichtungen beherrschte der Chirurg seine Versuchstiere schließlich in einem ausreichenden Maße, um deren Blutdruck trotz Abklemmung der Lungenarterie aufrechtzuerhalten.

Für die Kapitel 5 und 6 verlagert sich der Handlungsort nach Philadelphia, wo Gibbons Experiment zwischen 1936 und 1941 in ein Übergangsstadium eintrat. Kapitel 5 befasst sich mit dem vielgestaltigen Wandel der inneren und äußeren Verhältnisse des chirurgischen Experiments im Zuge der Ersetzung wesentlicher Bauteile. So bedeutete die Umstellung von Kolbenpumpen auf sogenannte Rollerpumpen eine partielle Abkehr der Maschine von ihrem physiologischen Vorbild, stand aber auf institutioneller Ebene für die Kontinuität der Zusammenarbeit mit lokalen Maschinenwerkstätten. Die Ersetzung elektromagnetischer Schaltungen durch Rückkopplungssysteme mit Elektronenröhren hingegen sorgte für einen physiolo-

gischeren Blutfluss im Inneren der Maschine, verwickelte diese jedoch institutionell in die Abhängigkeit von Industrieforschungslaboren großer Elektronikkonzerne.

Wie Kapitel 6 erörtert, trat Gibbon mit seiner überarbeiteten Herz-Lungen-Maschine 1938 den Versuch an, das langfristige Überleben der Versuchstiere im Anschluss an die Ganzkörperperfusion sicherzustellen. Ein atmungsschonendes Narkoseverfahren zu diesem Zweck fand Gibbon schließlich in der anästhesiologischen Adaption eines ursprünglich in Tauch- und Minenrettungsmissionen erprobten Kreislaufatemgerätes. Außerdem eignete er sich gasometrische Methoden der klinischen Chemie an, um das Überleben der Tiere normativ an quantitativen Daten auszurichten.

Nach der Zäsur des Zweiten Weltkriegs bewegte sich Gibbons Experiment im Abschlussstadium, das Thema der Kapitel 7, 8 und 9 ist, allmählich auf den ersten Operationserfolg von 1953 zu. Kapitel 7 verortet Gibbons Suche nach Finanzierungsmöglichkeiten einer klinisch einsetzbaren Herz-Lungen-Maschine in der politischen Ökonomie der Nachkriegszeit. Der Chirurg sah sich mit einer vakanten Forschungsförderung konfrontiert, die konservative und früh-neoliberale Kräfte in den Dienst der Industrie zu stellen suchten. So war Gibbon in einem angeblich wettbewerblichen Förderwesen letztlich auf persönliche Kontakte angewiesen, um eine wegweisende Kooperation mit Ingenieuren von International Business Machines (IBM) einzufädeln. Unterdessen gediehen die Patentregime großer Elektronikkonzerne so prächtig, dass selbst findigstes Bastlertum bei der elektronischen Regulation des Blutstroms die industrielle Abhängigkeit des Projekts nur weiter vertiefte.

Kapitel 8 untersucht den wachsenden Einfluss der chemischen Industrie bei der Finalisierung der Herz-Lungen-Maschine. Um Blutzellen vor Anhaftung und Zersetzung zu bewahren, trug Gibbons Forschungsgruppe erstens flüssigkeitsabweisende Schutzschichten aus neuartigem Silikonöl auf die Leitungswände auf. Zweitens eigneten sich die Chirurgen chemische Verfahrenstechniken zur Gasabsorption in Flüssigkeiten an, um den Oxygenator zu einem effizienteren Reaktor umzugestalten. Die gefährliche Kombination aus funkenschlagnen Elektromotoren und wabernden Narkosegasen sorgte drittens dafür, dass die IBM-Ingenieure die Maschine in ein Gehäuse kleideten, wie es sonst Öltanker und -raffinerien vor verheerenden Explosionen bewahrte.

Mit der rundum erneuerten Herz-Lungen-Maschine steuerte das Experiment, wie Kapitel 9 schildert, endlich auf die Erprobung und Durchführung klinischer Operationsverfahren zu. Obwohl Gibbon zu den Vertretern seiner Zunft zählte, die die handwerkliche Seite der Chirurgie geringer als die experimentelle achteten, galt diese Phase zunächst der Einübung operativer Handgriffe und Abläufe an eigens dafür hergestellten Tiermodellen. Aller Generalproben zum Trotz kam es bei der entscheidenden Operation am offenen Herzen zu einer unerwarteten Funktionsstörung der Herz-Lungen-Maschine. Durch geschicktes Improvisieren

des Operationsteams konnte die Patientin dennoch gerettet und das sensationelle Potenzial der Maschine demonstriert werden.

Das Schlusskapitel resümiert die historischen Befunde der Arbeit und wagt einen Ausblick auf die Rolle, die das etablierte Abhängigkeitsgeflecht zwischen Chirurgie und Industrie in Gesundheitskrisen der jüngeren Vergangenheit spielte. In Anbetracht dieses krisenbehafteten Verhältnisses stehen abschließend die gesellschaftlichen Normen der industriekapitalistischen Lebensweise zur Debatte, die technologischen Interventionen den Vorrang vor Maßnahmen der Krankheitsprävention geben.

I Anfangsstadium: Boston 1930–1935

2 Die Entstehung der Maschine aus einem Zeitproblem

Nicht nur die Schriften abrahamitischer Religionen stecken voller Offenbarungsmomente, auch in den Chroniken der Medizin erklären Narrative der göttlich anmutenden Eingebung regelmäßig die Entstehung komplizierter Organmaschinen. So sei beispielsweise im Jahr 1903 Ferdinand Sauerbruch aus dem Halbschlaf erwachend »mit einemmal überwältigend klargeworden«, zur Vermeidung intraoperativer Lungenkollapse eine Unterdruckkammer um den Brustraum herum zu konstruieren;¹ noch vor Sonnenaufgang soll Willem Kolff 1942 plötzlich mit der glasklaren Idee zur Konstruktion einer Dialysemembran aufgestanden sein.² Auch Gibbon hat zur Freude seiner Chronist*innen wiederholt eine einfache Antwort auf die Frage nach dem Ursprung der Herz-Lungen-Maschine gegeben:

»Während dieser langen Nachtwache kam mir bei der Beobachtung des Überlebenskampfes der Patientin natürlich der Gedanke, dass das Leben der Patientin gerettet werden könnte, wenn etwas von dem blauen Blut in ihren Venen kontinuierlich in einen extrakorporalen Blutkreislauf abgeleitet, einer Sauerstoffatmosphäre ausgesetzt und der Patientin dann über eine systemische Arterie in zentraler Richtung wieder zugeführt würde.«³

Obwohl die Anekdote dieser dramatischen Nacht im Operationsraum von 1930 in keiner Chronik fehlen darf, bleibt die historische Entstehung der Maschine der wunde Punkt in einer mechanistischen Auffassung derselben, wie sie in ingenieurmäßigen oder medizinischen Darstellungen gängig ist und sich in Varianten auch in die Wissenschafts- und Technikforschung eingeschlichen hat. Die Reduktion einer Maschine (alternativ eines Systems oder Netzwerks) auf die automatische Operationslogik ihrer bereits montierten Komponenten ignoriert dabei die vitalen und sozialen Interessenlagen, welche die zweckmäßige Montage zuallererst

1 Ferdinand Sauerbruch, *Das war mein Leben*, Bad Wörishofen: Kindler & Schiermeyer 1951, S. 72.

2 Vgl. Paul Heiney, *The Nuts and Bolts of Life. Willem Kolff and the Invention of the Kidney Machine*, Stroud: Sutton 2002, S. 67.

3 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 608.

motiviert haben. Was als behelfsmäßige Ursprungserklärung übrig bleibt, ist, wie Canguilhem zeigt, die Berufung auf berechnende Schöpfungsinstanzen: Während Descartes hinter der »Tier-Maschine« letztendlich den Plan Gottes vermutet, nimmt die göttliche Position im vermeintlich säkularen Kontext die ultimative Ratio der Wissenschaft ein, als deren »materialisierte Theoreme« Maschinen verklärt werden.⁴

Im Zuge der Dezentrierung des Menschen haben sich Teile der Wissenschafts- und Technikforschung eine wieder neue, neoliberale Variante dieses alten Providenzialismus zu eigen gemacht.⁵ Die besonders bei Latour kultivierte Auffassung der Technikentwicklung als Emergenzeffekt heterogener Netzwerkverbindungen überträgt den berechnenden Schöpfungsakt schlicht in eine technizistische Logik von »Übersetzungsoperationen«.⁶

In Abgrenzung von solch göttlichen Kunstgriffen möchte ich Canguilhems vitalistisch-marxistisch grundiertem Gegenvorschlag folgen, sich auf die »Originalität des technischen Phänomens im Verhältnis zum wissenschaftlichen Phänomen einzulassen«.⁷ Das »fesselndste Beispiel« hierfür erkennt Canguilhem in der Dampfmaschine, die zwar klassischerweise als »Wunder der Wissenschaft« präsentiert werde, deren Entstehung aber unverständlich bleibe, wenn man nicht berücksichtige, dass das grundlegende Funktionsprinzip ihrer maschinellen »Organe« sich ursprünglich aus der Feuerpumpe zur Trockenlegung von Bergwerken, einem »im eigentlichen Sinne technischen Problem[]«, ableite.⁸ Marx argumentiert im selben Sinne, dass beispielsweise zur »genauern Untersuchung der Reibungsgesetze« erst ein technisches Problem Anlass gab, nämlich die mit der Produktivitätssteigerung in Konflikt geratene, unzureichende Kraftübertragung von Wassermühlen.⁹ Zu derartigen »Widersprüchen des materiellen Lebens« führt Marx in einer Canguilhem bestens bekannten Passage *Zur Kritik der Politischen Ökonomie* weiterhin aus, »daß

4 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 184; zum Mechanismus bei Descartes siehe vor allem ebd., S. 205–207.

5 Das providenzialistische Denken im fließenden Übergang von göttlicher zu marktförmiger bzw. quasi maschineller »Vorhersehung« ist charakteristisch für den Neoliberalismus hayekischer Prägung; siehe Jessica Whyte, »The Invisible Hand of Friedrich Hayek: Submission and Spontaneous Order«, *Political Theory* 47/2 (2019), S. 156–184.

6 Bruno Latour, »Technik ist stabilisierte Gesellschaft«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 369–397, hier: S. 395.

7 Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 185.

8 Ebd., S. 226.

9 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. 397.

die Aufgabe selbst nur entspringt, wo die materiellen Bedingungen ihrer Lösung schon *vorhanden* oder wenigstens im Prozeß ihres Werdens begriffen sind». ¹⁰

Für die »Aufgabe« der Herz-Lungen-Maschine bedeutet dies, sie in die arbeitspraktischen Probleme bei der Gestaltung des menschlichen Lebens, wie sie die Chirurgie betreibt, einzuschreiben. Weder in spontaner Eingebung noch Emergenz sind die historischen Ursprünge der Maschine auszumachen, sondern in den Schwierigkeiten im Umgang mit einem vorhandenen Repertoire technischer Mittel, welches den Zwecksetzungen des damit hantierenden Chirurgen gleichermaßen Probleme entgegen- wie Lösungsansätze bereitstellte. Wie die folgenden Abschnitte zeigen, waren es speziell die »materiellen Bedingungen« zwischen Chirurgie und Experimentalphysiologie, welche im Widerspruch von Operationsgeschwindigkeit und labormäßiger Kontrolliertheit Gibbons Problem aufwarfen, aber in Form experimenteller Perfusionsapparaturen zugleich Lösungsansätze im Repertoire hatten.

2.1 Widersprüche im Zeitgefüge zwischen Physiologie und Chirurgie

»Ich bin sehr bestrebt, etwas über experimentelle Chirurgie und Physiologie zu lernen, und würde gerne mindestens ein Jahr mit Laborarbeit verbringen. Ich hoffe, Sie haben Verwendung für mich«, schrieb der fast 26-jährige Gibbon hoffnungsvoll auf Briefpapier. ¹¹ Schon in jungen Jahren schien Gibbon jenes Desinteresse für das Handwerk der Chirurgie zu hegen, das ihm noch zum Ende seiner Laufbahn nachgesagt wurde. Er begriff die Chirurgie vielmehr als intellektuelle, forschende Tätigkeit oder konnte sich zumindest nur als solche für sie begeistern. ¹² Mit dieser Einstellung war Gibbon um 1930 in Philadelphia definitiv zur falschen Zeit am falschen Ort. Seine Alma Mater, das Jefferson Medical College, verfolgte eine traditio-

10 Karl Marx, »Zur Kritik der Politischen Ökonomie«, in: *Marx-Engels-Werke*, Bd. 13, Berlin: Dietz 1961, S. 3–160, hier: S. 9. Canguilhem setzt sich mit dem Vorwort dieser Schrift ausgiebig auseinander in »L'homme et le sol« [1939–1940], Fonds Georges Canguilhem (1904–1995), GC. 10.4; CAPHÉS, Paris.

11 Übers. B. P., Brief von Gibbon an Edward D. Churchill vom 3. August 1929, 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 corres and r.m. (incl's re »Venesection in Massive Pulmonary Embolism«, by Gibbon, Shillito and EDC), 1929–1935. Zum Jefferson Medical College siehe außerdem Kenneth M. Ludmerer, *Time to Heal. American Medical Education from the Turn of the Century to the Era of Managed Care*, New York: Oxford University Press 1999, S. 51.

12 Vgl. Anthony R. C. Dobell, »John H. Gibbon, Jr. Part II. Personal Reminiscences«, *The Annals of Thoracic Surgery* 34/3 (1982), S. 342–344, hier: S. 343. Siehe auch Kap. 9.1 der vorliegenden Arbeit.

nelle klinische Ausrichtung und an der allgemein vorherrschenden Einstellung von Philadelphias Chirurgenschaft bemängelte etwa Isidore S. Ravdin von der University of Pennsylvania: »Die Traditionen der Chirurgie in Philadelphia sind solchermassen, dass diejenigen, die sich für einen Laboransatz in der Chirurgie interessieren, als minderwertige Individuen angesehen werden.«¹³

Wohl überlegt adressierte Gibbon seinen hoffnungsvollen Brief deshalb an den Chirurg Edward D. Churchill vom Bostoner Massachusetts General Hospital, dem Lehrkrankenhaus der Harvard Medical School. An dieser geschichtsträchtigen Einrichtung hatte sich im späten 19. Jahrhundert ein transatlantischer Wissens- und Techniktransfer niedergeschlagen, der maßgeblich von US-amerikanischen Hospitanten in Carl Ludwigs weltberühmtem Institut für Physiologie in Leipzig vorangetrieben wurde.¹⁴ Der spätere Mitbegründer der American Physiological Society, Henry P. Bowditch, begann nach seiner Rückkehr aus Leipzig in den 1870er-Jahren, an der Harvard Medical School Labore nach deutschem Vorbild einzurichten und das physiologische Experimentieren als festen Bestandteil des Medizinstudiums zu etablieren. Um die Jahrhundertwende verstetigte William T. Porter diesen Trend mit der Gründung der Harvard Physiological Apparatus Company, eines nicht profitorientierten Unternehmens zur Serienfertigung hochqualitativer Laborausstattung.¹⁵ Kurz gesagt, in Boston sollte Gibbon auf Churchills Zusage hin jene materiellen Bedingungen vorfinden, ohne welche die Entstehung der Herz-Lungen-Maschine undenkbar gewesen wäre.

Kaum war Gibbon im Frühling 1930 als Harvard-Fellow in Boston angekommen, schnappten die Klemmen auch schon zu. Anfangs handelte es sich noch um eine selbstarretierende Gefäßklemme, mit welcher Gibbon die Oberschenkelarterie und -vene einer anästhesierten Katze kurzschloss.¹⁶ Doch schon bald presste er mittels einer schraubstockförmigen Präzisionsklemme mikrometerweise die Lungenarterie zusammen, und zwar direkt am immer hektischer schlagenden Katzenherz.¹⁷ In der Tat stand Gibbons erstes Jahr in Churchills Versuchsraum am Massachusetts

13 Übers. B. P., Brief von Isidor S. Ravdin an Edward D. Churchill vom 1. November 1935, Edward Delos Churchill Papers, Series III: Box 18, Folder 17.

14 Vgl. Robert G. Frank Jr., »American Physiologists in German Laboratories, 1865–1914«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 11–46.

15 Siehe Merriley Borell, »Instruments and Independent Physiology: The Harvard Physiological Laboratory, 1871–1906«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 293–321.

16 Vgl. John H. Gibbon Jr. und Edward D. Churchill, »Changes in the Pulmonary Circulation Induced by Experimentally Produced Arteriovenous Fistula«, *Archives of Surgery* 21/6 (1930), S. 1188–1194, hier: S. 1190.

17 Vgl. John H. Gibbon Jr. und Edward D. Churchill, »The Mechanical Influence of the Pericardium upon Cardiac Function«, *Journal of Clinical Investigation* 10/2 (1931), S. 405–422.

General Hospital ganz im Zeichen des Abklemmens von Blutströmen an sensiblen Stellen des Kreislaufs. Was diese Gewaltakte zu chirurgischen Versuchen machte, war eine der Erfindungen Carl Ludwigs, die ihren Weg quer über den Atlantik gefunden hatte: Neben dem Experimentiertisch rotierte eine Trommel in gleichmäßiger Geschwindigkeit und rollte dabei eine berußte Schreibfläche ab. Als Verbindungselemente zwischen diesem sogenannten Kymografen und dem Versuchstier fungierten mehrere Schläuche, die von Kanülen in Blutgefäßen und Luftröhre ausgehend jeweils in ein Manometer oder einen Blasebalg mündeten. Diese setzten Druckschwankungen in Ausschläge von Schreibhebeln um, die entlang einer Zeitachse wellenförmige Spuren im Ruß hinterließen. So übersetzten sich experimentell provozierte Lebensäußerungen des Versuchstieres in eine Reihe mechanischer Funktionen, die sich visuell als Blutdruck- und Atmungskurven abzeichneten.¹⁸

Die technischen Mittel, welche Gibbon hier gemeinsam mit seiner Labortechnikerin und späteren Ehefrau Mary Hopkinson zum Einsatz brachte, entstammten offenkundig nicht dem Repertoire der pathologischen Anatomie, die bis weit ins 19. Jahrhundert hinein der zentrale Referenzrahmen des chirurgischen Handwerks gewesen war. Stattdessen hantierten die beiden – Gibbons Wunsch entsprechend – mit den klassischen Mitteln des physiologischen Experiments, welches sich ausgehend von Europa allmählich zum epistemischen Fundament einer neuen, »physiologischen Chirurgie« aufschwang.¹⁹ Im Unterschied zur pathologischen Anatomie ging es hier nicht darum, einem *topologischen* Körperverständnis folgend, durch die Sektion toten Gewebes Krankheitsherde zu lokalisieren.²⁰ Vielmehr zeugte die Arbeit des gezielten Abklemmens der Blutbahnen und des Aufzeichnens der Verlaufskurven von einem *temporalen* Konzept des Organismus als prozessualer Zusammenhang physiologischer Funktionen. In diese Funktionszusammenhänge galt es unter kontrollierten Laborbedingungen am lebendigen Versuchstier einzugreifen, um es zu Reaktionen zu zwingen, die wiederum Aufschluss über chirurgisch relevante Funktionszusammenhänge gaben.²¹ Unter chirurgischen Gesichtspunkten

18 Zur Kymografie siehe auch Soraya Chadarevian, »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 1993, S. 28–49.

19 Siehe Thomas Schlich, »«Physiological Surgery»: Laboratory Science as the Epistemic Basis of Modern Surgery (and Neurosurgery)«, in: Stephen T. Casper und Delia Gavrus (Hg.), *The History of the Brain and Mind Sciences. Technique, Technology, Therapy*, Rochester: University of Rochester Press 2017, S. 48–76.

20 Zur Topologie der pathologischen Anatomie siehe Michel Foucault, *Die Geburt der Klinik. Eine Archäologie des ärztlichen Blicks*, übers. von Walter Seitter, 9. Aufl., Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2011, S. 152–154.

21 Zum Übergang von lokalen Körperstrukturen zu physiologischen Funktionen siehe Schlich, »Physiological Surgery«; zur Zeitlichkeit der Experimentalphysiologie siehe Henning Schmidgen, »Die Donders-Maschine. Ein Kapitel Physiologiegeschichte mit Deleuze und

untersuchte Gibbon so auf Churchills Anweisung – »sehr energisch und von ganzem Herzen begeistert«²² – zum Beispiel mögliche Funktionszusammenhänge zwischen Herzbeutel und Herztätigkeit, wobei er Letztere durch das sukzessive Abklemmen der Lungenarterie künstlich steigerte.²³

Doch obwohl Gibbon die intellektuellen Ansprüche seiner Experimentierleidenschaft offensichtlich genoss, trat ihm der entscheidende Widerspruch im Zeitgefüge der physiologischen Chirurgie erst im Operationsraum klar vor Augen. Von Zeit zu Zeit verschlugen ihn die unliebsamen Verpflichtungen seines Fellowships nämlich doch in den chirurgischen Flügel des Massachusetts General Hospital, wo er dem kürzlich zum Kodirektor ernannten Churchill im Klinikdienst assistierte.²⁴ Wie seine Vorgänger in Harvard hegte Churchill große Bewunderung für die physiologische Chirurgie deutschsprachiger Prägung, welche er während eines »Wanderjahres« durch Europa 1926/1927 aus erster Hand kennengelernt hatte.²⁵ Was Carl Ludwig als Einflussgröße im Bereich des physiologischen Experimentierens darstellte, war für die Arbeit im Operationsraum der Berner Chirurg und Nobelpreisträger Theodor Kocher, dessen Arbeitsweise insbesondere William Halsted (Baltimore), George W. Crile (Cleveland) und Harvey Cushing (Boston) in den Vereinigten Staaten zu etablieren begannen.²⁶ Der Operationsstil der physiologischen Chirurgie in Kochers Tradition unterschied sich drastisch von den bis ins frühe 19. Jahrhundert praktizierten »heroischen« Operationen, die als Publikumsspektakel ohne Narkose vollzogen wurden und deren Ideal in größtmöglicher Ausführungsgeschwindigkeit lag. Im Gegensatz dazu zeichnete sich die physiologische Chirurgie unter den Bedingungen von Anästhesie und Asepsis durch beinahe pedantische Langsamkeit aus, bei der nach dem Vorbild der Wiederholbarkeit physiologischer Experimente höchste Präzision und absolute Kontrolle über allem standen.²⁷ Dementsprechend lautete auch Churchills Credo im Operationsraum: »akribische Hämostase, Behutsamkeit mit dem Gewebe und scharfe Dissektion«.²⁸

Guattari«, in: ders. (Hg.), *Lebendige Zeit. Wissenskulturen im Werden*, Berlin: Kulturverlag Kadmos 2005, S. 242–279.

22 Übers. B. P., Churchill über Gibbons Laborarbeit in einem Schreiben an Alfred N. Richards vom 31. Dezember 1930, in: Edward Delos Churchill Papers, Box 18, Folder 17.

23 Vgl. Gibbon/Churchill, »The Mechanical Influence«, S. 410.

24 Vgl. John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 231f.

25 Siehe Edward D. Churchill, *Wanderjahr. The Education of a Surgeon*, hg. von J. Gordon Scannell, Boston: Francis A. Countway Library of Medicine 1990, S. 96f.

26 Siehe ebd., S. 89f.

27 Vgl. Thomas Schlich, »The Days of Brilliancy are Past: Skill, Styles and the Changing Rules of Surgical Performance, ca. 1820–1920«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 379–403, hier: S. 394–398.

28 Übers. B. P., Churchill, *Wanderjahr*, S. 90.

Die experimentalphysiologische Orientierung der Chirurgie brachte folglich nicht nur eine zeitliche Auffassung des Organismus mit sich, sondern ging ebenso mit veränderten Zeitverhältnissen der Operationspraxis einher. Im eklatanten Widerspruch zum Ideal des langsamen und kontrollierten Operierens standen jedoch ausgerechnet die Anforderungen für Eingriffe am Herzen. An diesem Zentralorgan des Kreislaufs zwecks Blutstillung und Sichtbarkeit des Operationsfelds »für Momente blutleer zu operieren«,²⁹ stand und fiel nämlich mit der Zeit, die diese »Momente« unter Abklemmung der Blutzirkulation andauerten. Selbst handwerklich eigentlich bewältigbare Operationen der großen Gefäße stießen somit an zeitliche Grenzen – von Eingriffen im Herzzinneren ganz zu schweigen. Zum Beispiel durfte bei der berühmten Trendelenburg-Operation zur Extraktion von Blutgerinnseln aus der Lungenarterie »das Zuklemmen der Arterie nicht länger als etwa $\frac{3}{4}$ Minute dauern«. ³⁰ Über dieses in Europa wenige Male, in den Vereinigten Staaten bis dahin niemals geglückte Verfahren bemerkte Churchill gar zynisch: »[D]as Verfahren könnte vielleicht treffender als unmittelbare Obduktion anstatt als chirurgische Operation bezeichnet werden.«³¹

Unter genau diesen widersprüchlichen operationstechnischen Voraussetzungen trat Gibbon am 3. Oktober 1930 jene Nachtschicht im Massachusetts General Hospital an, auf deren tragische Ereignisse die Entstehung der Herz-Lungen-Maschine in den Chroniken der Medizin verkürzend zurückgeführt wird. Noch am vorausgehenden Nachmittag war eine Patientin mit postoperativen Komplikationen, nämlich starken Schmerzen in der Brust, eingewiesen worden. Nun verbrachte der junge Assistenzarzt die Nacht mit der verantwortungsvollen Aufgabe, die Vitalfunktionen der Frau in regelmäßigen Abständen zu überprüfen, und musste dabei einen besorgniserregenden Abfall des Blutdrucks bei gleichzeitiger Beschleunigung der Pulsfrequenz verzeichnen. Die Diagnose war schnell gestellt: Der Grund für den rapide kritischer werdenden Zustand war ein großes Blutgerinnsel, das die

29 Mit diesen Worten hatte schon Ludwig Rehn auf die Notwendigkeit der Blutleere bei Herzoperationen hingewiesen (Ludwig Rehn, »Zur Chirurgie des Herzens und des Herzbeutels«, *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 36 (1907), S. 305–360, hier: S. 336).

30 Friedrich Trendelenburg, »Ueber die operative Behandlung der Embolie der Lungenarterie«, *Archiv für klinische Chirurgie* 86/3 (1908), S. 686–700, hier: S. 697.

31 Übers. B. P., Edward D. Churchill, »The Mechanism of Death in Massive Pulmonary Embolism. With Comments on the Trendelenburg Operation«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 59 (1934), S. 513–517, hier: S. 517. Für eine Übersicht der gescheiterten und erfolgreichen Operationsversuche siehe Wolfgang Böttcher und Alexander Krüger, »Der Beginn der chirurgischen Therapie der Lungenembolie«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 20/4 (2006), S. 162–173.

Blutbahn vom Herzen zur Lunge verstopfte, mit anderen Worten: eine massive Embolie der Lungenarterie.³²

Quälende Stunden lang hoffte Churchill noch, die hochriskante Trendelenburg-Operation vermeiden zu können. Doch in den Morgenstunden setzte der Atem der Patientin aus, ihr Blutdruck konnte nicht mehr aufrechterhalten und die Operation keinen Moment länger aufgeschoben werden. Wie es Gibbon viele Male mit der Präzisionsklemme im Labor getan hatte, band Churchill die von rückgestautem Blut angeschwollene Lungenarterie ab. Dann extrahierte er das Gerinnsel mit beeindruckender Geschwindigkeit. Doch es kam, wie es kommen musste. »Trotz der Schnelligkeit des Verfahrens konnte die Patientin nicht wiederbelebt werden«, erinnerte sich Gibbon selbst 1973, wenige Wochen vor seinem Lebensende, noch an die allgemeine Hilflosigkeit in dieser Situation zurück.³³

Die Herzchirurgie plagte offenkundig ein Zeitproblem.³⁴ Was sich in diesem Oktober 1930 vor Gibbons Augen verdichtete, waren die Konfliktlinien zwischen den Ansprüchen herzchirurgischer Eingriffe und den arbeitspraktischen Grundlagen der physiologischen Chirurgie. Denn die Operationsgeschwindigkeit, welche die notwendige Gefäßabklemmung den Operateuren abverlangte, stand in eklatantem Widerspruch zur langsamen Kontrolliertheit nach dem Vorbild des Experiments. Wo die Experimentalphysiologie auf die technische Manipulation von Organfunktionen in zeitlichem Zusammenhang abzielte, stieß die Chirurgie bei der Abklemmung des Herzens an die zeitlichen Grenzen der Manipulationstechnik selbst. Nicht aus göttlicher Eingebung oder einem »dem Experimentierprozeß innewohnenden Mechanismus«,³⁵ sondern aus diesem arbeitspraktischen Widerspruch zwischen operativer Kontrolle und Geschwindigkeit entsprang Gibbons Lebensaufgabe der Entwicklung einer Herz-Lungen-Maschine.

Doch woher hätte er erste Lösungsansätze für dieses Problem nehmen sollen, wenn nicht wiederum aus dem Repertoire der experimentellen Physiologie und Chirurgie selbst? Und dieses Repertoire hatte Aufsehererregendes zu bieten.

32 Vgl. Gibbons rückblickende Schilderung in »The Development of the Heart-Lung Apparatus« (1978), S. 608.

33 Übers. B. P., ebd.

34 Zum ausführlicheren Hintergrund siehe Benjamin Prinz, »Operieren am blutleeren Herzen. Eine Geschichte chirurgischer Zeit zwischen Handwerk, Maschinen und Organismen, 1900–1950«, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 26/3 (2018), S. 237–266.

35 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein 2001, S. 84f.

2.2 Experimentelle Artefakte und überlebende Organe

»Die Aufrechterhaltung des Kreislaufs könnte einen Kopf auf unbestimmte Zeit am Leben erhalten«, spekulierte die populärwissenschaftliche Presse im Jahr 1929.³⁶ Der besagte Kopf war der eines Hundes und hing, chirurgisch vom Rumpf getrennt, an den Schläuchen einer Kreislaufapparatur, mit deren Hilfe ihn der Moskauer Physiologe Sergei S. Brukhonenko künstlich durchblutete. Mit schauriger Faszination erfuhren US-amerikanische Leser*innen gar, dass der abgetrennte Hundekopf während des Prozederes die Augen angeblich aufschlug und blinzelte.³⁷ Im gleichen Zeitraum schürten die medial zelebrierten »Geburtstage« eines »unsterblichen Hühnerherzens« Jahr für Jahr vergleichbare Spekulationen.³⁸ Genau genommen handelte es sich dabei um die Herzmuskelzellen eines Huhnes, die Alexis Carrel, Direktor für experimentelle Chirurgie am New Yorker Rockefeller Institute, 1912 in eine kontinuierlich aufgefrischte Nährflüssigkeit verpflanzt hatte. Seither vermehrten sich die Zellen darin weiter und nährten munter pulsierend das Phantasma der Unsterblichkeit.³⁹ Die Integrität des Körperbilds bekam in den ersten Dekaden des 20. Jahrhunderts also im gleichen Maße Risse, in dem sich die zeitliche Kontrolle über zelluläre oder organische Einzelteile ausweitete.

Keinerlei Presserummel zog unterdessen die nüchterne Forschungsarbeit im experimentalchirurgischen Labor der Harvard Medical School an. Schließlich konnte noch niemand ahnen, dass das nach vorherigem Jahrhundert klingende Kratzen der Schreibhebel im Ruß und die im Schraubstockgriff abgeklemmten Lungenarterien von Katzen langfristig die Weichen für die maschinelle Erhaltung (mehrzelligen) menschlichen Lebens stellen sollten. Zwar beschäftigte Gibbon, Hopkinson und Churchill nach wie vor weniger die Unsterblichkeit als vielmehr die exorbitante Sterblichkeitsrate der Trendelenburg-Operation. Doch was die Herangehensweise an das involvierte Zeitproblem betraf, war augenscheinlich Bewegung in die Sache gekommen. Nicht umsonst unternahm Gibbon im Januar 1931 eine Exkursion ins forschungsstarke Cleveland, wo er sich nicht nur von dem Chirurgen Claude S. Beck und dem Physiologen Carl J. Wiggers verschiedene Gerätschaften der experimentellen Kreislaufphysiologie vorführen ließ, sondern

36 Übers. B. P., Joseph H. Kraus, »The Living Head«, *Science and Invention* 16/10 (1929), S. 922–923, hier: S. 923.

37 Vgl. ebd.; siehe zum Hintergrund Nikolai Krementsov, »Off With Your Heads: Isolated Organs in Early Soviet Science and Fiction«, *Studies in History and Philosophy of Science. Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 40/2 (2009), S. 87–100.

38 So z.B. »A World without Pain? Goals of Longer Life, Freedom from Disease and Painless Treatments Extended as Science Gropes for Nature's Secrets«, *Popular Mechanics* 45/3 (1926), S. 353–355, hier: S. 354.

39 Siehe Hannah Landecker, *Culturing Life. How Cells Became Technologies*, Cambridge, MA: Harvard University Press 2007, Kap. 2.

auch die jüngsten Fortschritte auf dem Gebiet der Zellkulturen mit eigenen Augen begutachtete.⁴⁰ »Am frühen Nachmittag sahen wir [George W.] Criles künstlich hergestellte ›lebende Zelle‹. Höchst verblüffend«, berichtete Gibbon bewundernd an Churchill.⁴¹

Die Eingebung zum Bau einer Herz-Lungen-Maschine kam Gibbon offenbar nicht ganz so spontan, wie der stetig wiedergegebene Entstehungsmythos weismachen will. Während Gibbons »Aufgabe« historisch im zeitlichen Widerspruch zwischen Kontrolle und Geschwindigkeit des Operierens wurzelte, stand die Exkursion nach Cleveland nun sinnbildlich für die Suche nach Lösungsansätzen, die im Repertoire der Experimentalphysiologie »schon *vorhanden* oder wenigstens im Prozeß ihres Werdens begriffen« waren.⁴² Die leitende Frage dieser Suchbewegung stellte gewissermaßen eine Umkehrung der aufsehenerregenden Versuche zur extrakorporalen Überlebensfähigkeit körperlicher Einzelteile dar: Wie ließ sich der Gesamtorganismus unter Ausschluss (beziehungsweise Abklemmung) eines seiner inneren Organe, nämlich des Herzens, künstlich am Leben erhalten?

Als vielversprechend erwiesen sich in dieser Frage weniger die neuartigen Zellkulturen als vielmehr das deutlich geschichtsträchtigere Sammelsurium von Schläuchen, Blutpumpen und Techniken der Sauerstoffanreicherung, das seit dem 19. Jahrhundert im experimentellen Gebrauch war, um tierische Nieren, Herzen oder – wie in Brukhonenkos Fall – Köpfe abgetrennt vom Körper überleben zu lassen. »Die Anforderungen«, stellte Gibbon schließlich fest, »sind im Allgemeinen die einer Apparatur zur Perfusion von isolierten Organen oder Gliedmaßen mit Vollblut, aber es gibt gewisse wesentliche Unterschiede.«⁴³

Was hatte es mit diesen Perfusionsapparaturen auf sich und weshalb sah sich Gibbon veranlasst, ausgerechnet in dieser experimentalphysiologischen Forschungstradition nach chirurgischen Lösungen für die Lungenarterienembolie zu suchen? Bereits um 1900 gehörte der Aufbau einfacher hydraulischer Kreislaufmodelle aus Gummischläuchen, Pumpen und Ventilen zum in Harvard gelehrtten Handbuchwissen für Studierende der Medizin.⁴⁴ Die Perfusion isolierter Organe und Gliedmaßen hingegen war eine experimentalphysiologische Kunst, die deutlich über Anfangskenntnisse hinausging. Das scheinbar simple Grundprinzip hatte der französische Mediziner Julien J. C. Le Gallois im Jahr 1812 skizziert und damit

40 Vgl. Brief von Gibbon an Churchill vom 18. Januar 1931, in: Edward Delos Churchill Papers, Box 18, Folder 17.

41 Übers. B. P., ebd.

42 Wie zuvor zitiert aus Marx, »Zur Kritik der Politischen Ökonomie«, S. 9 [Herv. i. O.].

43 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. 1106.

44 Siehe z.B. William T. Porter, *An Introduction to Physiology*, Cambridge, MA: The University Press 1901, S. 242–244.

bereits 100 Jahre, bevor Alexis Carrel Herzmuskelzellen in Nährflüssigkeit tauchte, über die potenzielle Unsterblichkeit einzelner Körperteile spekuliert:

»Aber falls man das Herz durch eine Art Injektion ersetzen könnte und gleichzeitig zur Gewährleistung einer kontinuierlichen Injektion einen Vorrat an arteriellem Blut hätte, sei es natürlich oder künstlich gebildet, so könnte man – unter der Voraussetzung, dass eine solche Bildung möglich ist – das Leben ohne weiteres in jedwedem Körperteil unendlich aufrechterhalten.«⁴⁵

Methodische Anwendung in apparativer Form fand die Durchblutung isolierter Organe oder Gliedmaßen jedoch erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts. Bedeutende Standorte solcher Perfusionsexperimente waren einmal mehr Carl Ludwigs experimentalphysiologisches Labor in Leipzig und das Straßburger Labor für experimentelle Pharmakologie unter der Leitung des ehemaligen Ludwig-Assistenten Oswald Schmiedeberg.⁴⁶ Was den Bau zunehmend komplizierterer Perfusionsapparaturen motivierte, war das methodische Problem, lebendige Organfunktionen unter kontrollierten Bedingungen zu studieren. Wollte man ein Organ wie das Herz jedoch aus seiner unkontrollierbaren Umgebung aus Gewebe, Sekreten und Nervenverbindungen herauslösen, stellte sich ein Zeitproblem, das dem der späteren Herzchirurgie nicht unähnlich war, nämlich sicherzustellen, »dass das Herz für längere Zeit (5–10 und mehr Stunden) in voller Function erhalten wurde [...]«.⁴⁷

Die ersten derartigen Perfusionsapparaturen, die in den 1860er-Jahren unter Ludwigs Leitung entstanden, waren von vergleichsweise rudimentärer Bauart und ließen eine integrierte Vorrichtung zur Sauerstoffanreicherung des zirkulierenden Blutes vermissen. So verband beispielsweise Elias von Cyon ein herausgeschnittenes Froschherz über Kanülen in Aorta und Hohlvene mit einem kleinen Glasröhrensystem, in dem das Blut durch das weiterschlagende Herz selbst vorangetrieben und von Zeit zu Zeit manuell aus einem separaten, per Aderlass gewonnenen Vorrat aufgefrischt wurde.⁴⁸

45 Übers. B. P., Julien J. C. Le Gallois, *Expériences sur le principe de la vie, notamment sur celui des mouvements du cœur, et sur le siège de ce principe*, Paris: D'Hautel 1812, S. 134f.

46 Siehe Heinz Schröer, *Carl Ludwig: Begründer der messenden Experimentalphysiologie, 1816–1895*, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1967, S. 181–187; E. Muscholl, »The Evolution of Experimental Pharmacology as a Biological Science: the Pioneering Work of Buchheim and Schmiedeberg«, *British Journal of Pharmacology* 116/4 (1995), S. 2155–2159; sowie Heinz-Gerd Zimmer, »The Isolated Perfused Heart and Its Pioneers«, *Physiology* 13/4 (1998), S. 203–210.

47 Elias von Cyon, *Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen*, Gießen: Ricker 1876, S. 18.

48 Vgl. Elias von Cyon, »Über den Einfluss der Temperaturveränderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge«, *Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse* 18 (1866), S. 256–306, hier: S. 259f., 269.

Die ab den 1880er-Jahren konstruierten geschlossenen Kreislaufapparaturen kamen dem Grundaufbau späterer Herz-Lungen-Maschinen schon näher.⁴⁹ Max von Frey und Max Gruber koppelten in Leipzig eine Injektionsspritze an eine Motorwelle und schufen so eine Pumpe, die das Blut durch ein verzweigtes Schlauchsystem zwischen dem durchströmten Organ und einem leicht gegen die Horizontale geneigten Glaszylinder zirkulieren ließ. In Rotation versetzt, fungierte Letzterer als »künstliche Lunge«, an deren Innenwänden sich ein Blutfilm bildete, der zwecks Gasaustauschs eingeleiteter Umgebungsluft ausgesetzt wurde.⁵⁰ Wenige Jahre später begann der Straßburger Carl Jacoby mit geschlossenen Kreislaufapparaturen zu experimentieren, welche das Blut durch rhythmisch komprimierte Gummiballons vorantrieben. Ein abschnittsweise eingeleiteter Luftstrom ließ dabei Gasblasen durch die Blutmasse sprudeln und reicherte sie mit Sauerstoff an.⁵¹

So entstand ausgehend von Leipzig und Straßburg ein im 20. Jahrhundert weiterentwickeltes Repertoire prototypischer Blutpumpen sowie Film- und Blasenoxxygenatoren, die Grundbausteine späterer Herz-Lungen-Maschinen bilden sollten.⁵² In den Chroniken der Medizin ist man deshalb so weit gegangen, in Forschern wie Le Gallois, Frey und Gruber bereits die gedanklichen Vorväter von Gibbons Errungenschaft zu sehen.⁵³ Tatsächlich jedoch entwickelten sich die Apparate zur Perfusion isolierter Organe und das trendelenburgsche Operationsverfahren jahrzehntelang unabhängig voneinander, ohne dass die einen zur Problemlösung des anderen herangezogen wurden. Die schlichte Verortung der Herz-Lungen-Maschine in der Tradition der Organperfusionen des 19. Jahrhunderts bleibt daher eine Erklärung schuldig, wie und warum sich die beiden vormals getrennten Entwicklungslinien ausgerechnet in Gibbons Lebensaufgabe kreuzten; oder mit Canguilhem gespro-

49 Siehe auch Wolfgang Böttcher, Vladimir V. Alexi-Meskishvili und Roland Hetzer, »Geschichtliche Entwicklung der extrakorporalen Zirkulation. Isolierte Organperfusion im 19. Jahrhundert«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 14/3 (2000), S. 93–99, hier: S. 96–98.

50 Vgl. Max von Frey und Max Gruber, »Untersuchungen über den Stoffwechsel isolierter Organe. I. Ein Respirationsapparat für isolierte Organe«, *Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung* (1885), S. 519–532.

51 Vgl. Carl Jacoby, »Apparat zur Durchblutung isolierter überlebender Organe«, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 26/5 (1890), S. 388–400.

52 Siehe auch Kap. 3.2 der vorliegenden Arbeit.

53 Diese Zuschreibung ist in der Literatur zur Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine tatsächlich gängig. Um nur einige einschlägige Beispiele zu nennen: Ada Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991, S. 23–26; Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 104; Heinz-Gerd Zimmer, »The Heart-Lung Machine was Invented Twice – the First Time by Max von Frey«, *Clinical Cardiology* 26/9 (2003), S. 443–445.

chen: »Bevor man zwei Wegstrecken nahtlos ineinander übergehen läßt, sollte man sich zuerst vergewissern, ob es sich wirklich um ein und denselben Weg handelt.«⁵⁴

Der epistemische Brückenschlag zwischen Perfusionsexperimenten und Trendelenburg-Operation ist ein bezeichnendes Beispiel dafür, dass es die klinische Technik samt ihrer Fehlschläge ist, die den wissenschaftlichen Konzepten der Medizin vorausgeht und nicht umgekehrt.⁵⁵ Erst die besondere Fallgeschichte der gescheiterten Trendelenburg-Operation, die Churchill für »so lehrreich wie ein Versuchsprotokoll« hielt, hatte nämlich Anlass zur erneuten Untersuchung des genauen »Todesmechanismus« der Lungenarterienembolie gegeben.⁵⁶ Bis dahin hatte der Umgang mit der Zeitnot unter Abklemmung der Blutzirkulation hauptsächlich in handwerklichen Modifikationen des trendelenburgschen Operationsverfahrens bestanden und auf eine zwischenzeitliche »Erleichterung der Herzarbeit« abgezielt.⁵⁷ Denn nach gängiger Lehrmeinung war es eine Erschöpfung des gegen erhöhten Gefäßwiderstand anarbeitenden Herzmuskels, die bei der Blockade der Lungenarterie zu einem plötzlichen Kreislaufzusammenbruch führte. »Eine Mittelstufe [...] giebt es hier nicht«, las Gibbon in Julius Cohnheims klassischem Handbuch zur Pathologie nach: »der physiologische Herzmuskel genügt den an ihn gerichteten Arbeitsanforderungen oder er genügt nicht; in jenem Fall haben wir eine regelrechte, physiologische Circulation, in diesem den Tod.«⁵⁸

Demzufolge musste die maximal verträgliche Operationsdauer bei Eingriffen, die wie die trendelenburgsche Embolektomie unter Abklemmung der großen Gefäße stattfanden, ihre definitive Grenze im Erschöpfungszeitpunkt des Herzmuskels finden – oder etwa doch nicht? Die von Cohnheim beschriebene Plötzlichkeit des übergangslosen Herzversagens ließ sich jedenfalls schwerlich mit Churchills und Gibbons klinischen Beobachtungen in Einklang bringen. Der beobachtete

54 Georges Canguilhem, »Der Gegenstand der Wissenschaftsgeschichte«, übers. von Michael Bischoff und Walter Seitter, in: ders., *Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Gesammelte Aufsätze*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1979, S. 22–37, hier: S. 34.

55 Siehe Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 103.

56 Übers. B. P. Churchill, »The Mechanism of Death«, S. 514.

57 So z.B. Arthur W. Meyers Vorschlag, während der Extraktion des Blutgerinnsels die Gefäßabschnürung zwischenzeitlich zu lockern und den Gefäßschnitt lediglich mit Daumen und Zeigefinger zuzudrücken (Arthur W. Meyer, »Erfolgreiche Trendelenburgsche Operation bei Embolie der Arteria pulmonalis«, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 205/1 (1927), S. 1–21, hier: S. 13).

58 Julius Cohnheim, *Vorlesungen über allgemeine Pathologie. Ein Handbuch für Aertze und Studirende*, Bd. 1, 2. Aufl., Berlin: Hirschwald 1882, S. 52 [Herv. i. O.]; so ausschnittsweise in englischer Übersetzung zitiert in John H. Gibbon Jr., Mary Hopkinson und Edward D. Churchill, »Changes in the Circulation Produced by Gradual Occlusion of the Pulmonary Artery«, *Journal of Clinical Investigation* 11/3 (1932), S. 543–553, hier: S. 543.

Symptomverlauf, der sich in Form von Atemnot, Blutdruckabfall und Pulsbeschleunigung über Stunden hingezogen hatte, ähnelte eher jenem des Verblutens, obwohl es zu gar keinem Blutverlust gekommen war. Stattdessen hatten ein deutlich sichtbares Anschwellen und Pulsieren der Venen am Nacken der Patientin nicht den geringsten Zweifel an einem Rückstau von Blut im venösen System gelassen.⁵⁹

Direkt im Anschluss an die fehlgeschlagene Trendelenburg-Operation brachten Gibbon und Hopkinson das experimentalphysiologische Instrumentarium auf Churchills Anweisung wieder in Stellung, um Cohnheims klassisches Experiment der 1870er-Jahre unter leicht veränderten Bedingungen zu wiederholen.⁶⁰ Der Tierversuch basierte auf der kymografischen Aufzeichnung von Blutdruckkurven während der sukzessiven Kompression der Lungenarterie und ließ die Beobachtung zu, dass selbst hochgradige Kompressionen zunächst ohne anormale Kurvenausschläge verliefen. Ab einem gewissen Kompressionsgrad verzeichnete der Kymograf jedoch plötzlich einen steilen Anstieg des Venendrucks und einen ebenso steilen Abfall des Arteriendrucks, kurz gefolgt vom Tod.⁶¹ Im Unterschied zu Cohnheim verwendeten die Bostoner Experimentator*innen jedoch keine einfache Schlinge, sondern ihre schraubstockförmige Präzisionsklemme, mit der sich das Blutgefäß in mikrometergenauen Abstufungen komprimieren ließ.

Dabei fiel auf, dass die Lungenarterie zu einem immer schmäler werdenden Oval zusammengestaucht wurde, das im Verhältnis zum fortschreitenden Kompressionsgrad überproportional an Querschnittsfläche einbüßte.⁶² Das Engziehen von Schlingen oder Klemmen in groben Abstufungen produzierte deshalb bei fortgeschrittenem Kompressionsgrad von einer Stufe zur nächsten unbemerkt eine so drastische Gefäßverengung, dass sie sofort zum Kreislaufzusammenbruch führte. Bei einer graduellen Abklemmung in winzigen Stufen von jeweils 0,079 Millimetern hingegen wich der punktuell eintretende Kreislaufzusammenbruch einem kontinuierlichen Verlauf, gekennzeichnet durch allmähliche Veränderungen des Venen- und Arteriendrucks sowie einem Rückgang des Herzzeitvolumens.⁶³ Cohnheims mehr als ein halbes Jahrhundert lang hochgehaltene Erklärung des Kreislaufzusammenbruchs durch Herzinsuffizienz beruhte folglich auf nichts weiter als einem experimentellen Artefakt.⁶⁴

Auf diese Entlarvung gründete sich schließlich der entscheidende Brückenschlag zwischen Trendelenburg-Operation und physiologischen Perfusionsexperimenten. »Der Kreislauf versagt nicht in erster Linie durch Herzinsuffizienz«,

59 Vgl. Churchill, »The Mechanism of Death«, S. 514.

60 Siehe Gibbon/Hopkinson/Churchill, »Changes in the Circulation«.

61 Vgl. Cohnheim, *Vorlesungen über allgemeine Pathologie*, S. 48f.

62 Vgl. Gibbon/Hopkinson/Churchill, »Changes in the Circulation«, S. 550f.

63 Vgl. ebd., S. 545–549.

64 Vgl. ebd., S. 553.

schlussfolgerten Gibbon, Hopkinson und Churchill, »sondern aufgrund der Tatsache, dass sich Blut auf der venösen Seite des Systems ansammelt, da der Abfluss aus der rechten Herzhälfte blockiert ist.«⁶⁵ Aus klinischer und experimenteller Beobachtung heraus übersetzten sie also das herzchirurgische Zeitproblem von energetischen Begriffen herzmuskulärer Erschöpfung in hydraulische Begriffe von Rückstau und Volumenstrom. Zweifellos bedurfte es ab diesem Punkt immer noch eines beträchtlichen Ehrgeizes, aber sicher keiner göttlichen Eingebung mehr, um den Plan zu schmieden, den Blutstrom mit den bekannten technischen Mitteln des Perfusionsexperiments an der Gefäßblockade vorbeizuschleusen. So leitete Gibbon logisch ab:

»Aufgrund der Blockade in der Lungenarterie kann das Herz seine Funktion des Bluttransfers von der venösen zur arteriellen Seite des Kreislaufsystems nicht mehr adäquat fortsetzen. Das Blut staut sich in den Venen und eine stark verminderte Menge Blut gelangt in die linke Herzhälfte. [...] Wenn eine beachtliche Menge Blut also durch einen künstlichen Kreislauf vom venösen zum arteriellen System transferiert würde, so wäre es notwendig, das Blut von seinem überschüssigen Kohlenstoffdioxid zu befreien und ihm Sauerstoff zuzuführen.«⁶⁶

Mit dieser vagen Idee einer Herz-Lungen-Maschine im Kopf und frisch vermählt mit seiner Labortechnikerin musste Gibbon im Frühjahr 1931 vorübergehend nach Philadelphia zurückkehren. Um seine wachsende Familie zu unterhalten, praktizierte Gibbon als chirurgischer Assistent am Pennsylvania Hospital und konnte sich nur in Teilzeit kleineren Laborversuchen widmen.⁶⁷ Doch im Jahr 1934 gelang es ihm, einen zweiten Forschungsaufenthalt bei Churchill in Boston zu arrangieren, den er für erste Grundlagenforschung mit einer provisorisch anmutenden Perfu-sionsapparatur nutzte. Dass diese hindernisreichen Versuche gut zwei Jahrzehnte später in einem Operationserfolg gipfeln und ihrerseits Unsterblichkeitsfantasien in der Laienöffentlichkeit wecken würden, war damals nicht im Geringsten absehbar. Denn die maschinelle Ganzkörperperfusion, die Gibbon mit chirurgischem Interesse anstrebte, unterschied sich von der rein wissenschaftlichen Organperfusion in dem ganz entscheidenden Erfordernis, »das endgültige Überleben des Tieres nicht zu beeinträchtigen«.⁶⁸

65 Übers. B. P., ebd.

66 Übers. B. P., Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1106.

67 Vgl. Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 22f.

68 Übers. B. P., Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1130.

3 Agrikulturen des Blutes: Pflanzen, Tiere und Maschinen

Kaum für sein zweites Fellowship an die Harvard Medical School zurückgekehrt, machte sich Gibbon mit seiner Ehefrau im Herbst 1934 daran, erste handbetriebene Pump- und Schlauchsysteme zu arrangieren und testweise mit Wasser zu durchströmen.¹ Wie sich schnell herausstellte, bargen die Testläufe mit Wasser jedoch begrenzte Aussagekraft. Denn die Flüssigkeit, die schließlich durch die Schläuche strömen sollte, hatte gänzlich andere Eigenschaften und wegen seiner komplizierten Handhabung nicht umsonst einen Ruf als »die komplizierteste Flüssigkeit in der Welt lebendiger Organismen«.² Um die Gerinnung von Blut in Schläuchen und Gefäßen zu verhindern, den Gasaustausch anzuregen und das Flüssigkeitsvolumen auf das Fassungsvermögen des extrakorporalen Kreislaufs auszudehnen, musste Gibbon unterschiedlichste Materialien und Techniken aus dem äußeren Umfeld des Labors in seinen Versuchsaufbau integrieren.

Dass Experimente Begegnungsstätten ungewöhnlich heterogener Komponenten darstellen, ist in der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung immer wieder hervorgehoben und als Ausdruck von materieller Eigendynamik gegen soziale wie ökonomische Erklärungen ins Feld geführt worden. Experimentelle Entwicklungen vollzogen sich demnach durch »Emergenz im Sinne von rohem Zufall [*chance*], der sich in der Zeit ereignet«,³ als quasi-biologisches »Sortieren von zufälligen Mutationen«⁴ oder in Form von »zufälligen Fügungen«, die eine

-
- 1 Siehe Versuchsprotokoll vom 3. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers. 1930–1981. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; MSC 313, Series III: Artificial Circulation, 1934–1947: Box 2, Folder 7: Artificial Circulation Pump Series, 1934–1935.
 - 2 Übers. B. P., William R. Amberson, »Blood Substitutes«, *Biological Reviews* 12/1 (1937), S. 48–86, hier: S. 48.
 - 3 Übers. B. P., Andrew Pickering, *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press 1995, S. 24.
 - 4 Übers. B. P., Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986, S. 249.

»quasi-ökologische Vernetzung und Vernischung« mit »umgebende[n] Experimentalsysteme[n]« herausbilden.⁵ Solche Berufungen auf die kontingenten »Chancen« intraexperimenteller Konstellationen verdunkeln allerdings die von Zweck und Kalkül durchwobene Produktions- und Gebrauchsgeschichte, welche jegliches Mittel zu durchlaufen hatte, bevor es zum Beispiel einem am Bau einer Herz-Lungen-Maschine interessierten Chirurgen überhaupt in die Hände fallen konnte.⁶

In diesem Sinne zeichnet Canguilhem ein differenzierteres Bild von Zufälligkeit und Selbstreferenzialität in der Wissenschafts-, Medizin- und Technikgeschichte. Ob im Labor oder in der Klinik, die Medizin war stets »auf theoretische und technische Übernahmen außermedizinischen Ursprungs angewiesen«.⁷ Als lehrreiches Beispiel dient dem Philosophen die nur scheinbar zufällige Entdeckung und Übernahme des Jods im frühen 19. Jahrhundert. Die Substanz schlug sich zwar zunächst ungewollt als Rückstand der industriechemischen Verbrennung von Seetang nieder, allerdings in einer Periode, als die Chemie solche Prozesse systematisch auf organische Wirkstoffe hin untersuchte. Da Meeresschwämme außerdem längst gängige Anwendung in der Kropfbehandlung fanden, lag es Ärzten nicht fern, auf die Schilddrüsenfunktion des Jods zu schließen.⁸ Folglich konstatiert Canguilhem, dass derartige Übergänge zwischen Medizin, Industrie und Umwelt im historischen Sinne zwar in »nicht einzeln vorsätzlichen, aber insgesamt kein bisschen zufälligen Schritten« erfolgen.⁹

Dies bedeutet keinen Rückfall in einen Geschichtsdeterminismus, wohl aber die Differenzierung, dass selbst unvorhergesehene Experimentallereignisse lediglich innerhalb der Spielräume von durchaus zweckgerichtet entstandenen Rahmenbedingungen auftreten können. So kommt unterhalb der experimentellen Konstellationen eine tiefergehende Geschichte der (industriellen) Einwirkung des Menschen auf seine Umwelt zum Vorschein, eine Umwelt, die »immer auch dessen

5 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein 2001, S. 146f.

6 Zur quasi-religiösen Berufung auf »Chancen« im Neoliberalismus siehe auch Joshua Ramey, »Neoliberalism as a Political Theology of Chance: the Politics of Divination«, *Palgrave Communications* 1/1 (2015), S. 1–9; zu den produktionsgeschichtlichen Ursprüngen wissenschaftlich und medizinisch verwendeter Materialien siehe Ursula Klein und Wolfgang Lefèvre, *Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology*, Cambridge: MIT Press 2007; sowie Ursula Klein und Emma C. Spary (Hg.), *Materials and Expertise in Early Modern Europe. Between Market and Laboratory*, Chicago: University of Chicago Press 2010.

7 Übers. B. P., Georges Canguilhem, »Pathologie et physiologie de la thyroïde au XIXe siècle«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 3, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2019, S. 629–660, hier: S. 632.

8 Vgl. ebd., S. 640–643.

9 Ebd., S. 639.

Werk [ist], weil [er] sich stets bestimmten Einflüssen entzieht und anderen wiederum aussetzt«. ¹⁰ Weder die medizinische noch die industrielle Technik entwickelt sich somit autopoietisch, sondern, wie Canguilhem einwendet, »heteropoietisch, sie richtet sich nach dem Außen und nimmt von dort ihre Mittel oder die Mittel für ihre Mittel«. ¹¹ Jede technische Entwicklung, auch die der Herz-Lungen-Maschine, verweist somit, in Marx' Worten, zurück auf des Menschen »ursprüngliches Arsenal von Arbeitsmitteln«, nämlich »die Erde«, deren Bewirtschaftung schon »in der Agrikultur wieder eine ganze Reihe anderer Arbeitsmittel und eine schon relativ hohe Entwicklung der Arbeitskraft voraus[setzt]«. ¹²

Tatsächlich hielt die Agrikultur in ihrer industrialisierten Form bereits im 19. Jahrhundert die konzeptuellen Wurzeln einer technischen Manipulation von Organismen bereit, strebte sie doch die zweckmäßige Veränderung der physiologischen Strukturen von Pflanzen und Tieren an. ¹³ Doch jenseits solch konzeptueller Bezüge stellte sich die Landwirtschaft für Gibbons Versuche vor allem als reichhaltiger Fundus experimentalchirurgischer Mittel in Form von pflanzlichen und tierischen Wirkstoffen sowie adaptierbaren Maschinen heraus. Die folgenden Abschnitte zeigen anhand der Übernahme solcher Mittel, wie sich Gibbons experimentelle Herz-Lungen-Maschine nicht rein zufällig, sondern agrargeschichtlich bedingt in die globalisierten Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts einfügte. Inmitten von Massenschlachthöfen, Molkereibetrieben und kolonialer Forstwirtschaft bildete Gibbons Experimentiertätigkeit somit ihre selektive Nische heraus.

3.1 Heparin, ein Gerinnungshemmer aus Schlachtabfällen

Kaum war es nicht mehr Wasser, das die handbetriebene Pumpe zu befördern hatte, da stockte Gibbon auch schon das Blut in den Schläuchen. Das war zu erwarten gewesen, denn die Blutgerinnung war ein ernstes Problem, mit dem sich Transfusionsmediziner bereits seit mehr als einem Jahrhundert herumschlügen – mit mäßigem Erfolg. Sobald das Blut sein körpereigenes Milieu verließ und mit Glasbehältern, Metallkanülen, Gummischläuchen oder auch nur Umgebungsluft in Kontakt kam, neigte es mit bedrohlicher Geschwindigkeit zur Gerinnung und Verklumpung

10 Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 188.

11 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 40.

12 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. 194.

13 Vgl. Philip J. Pauly, *Controlling Life. Jacques Loeb and the Engineering Ideal in Biology*, New York: Oxford University Press 1987, S. 34–40.

von Transfusionsleitungen und Gefäßen.¹⁴ Wenn daran schon vergleichsweise einfache Bluttransfusionen zu scheitern drohten, lässt sich leicht ausmalen, welch gravierendes praktisches Problem die unkontrollierte Blutgerinnung für Gibbons Vorhaben darstellte, die gesamten Herz- und Lungenfunktionen maschinell zu ersetzen.

Im Laufe des 19. Jahrhunderts hatten Ärzte und Physiologen versucht, sich des für die Blutgerinnung verantwortlich gemachten Fibrins schlicht zu entledigen. Eine bis weit ins 20. Jahrhundert hinein praktizierte Methode der sogenannten Defibrinierung bestand darin, das Blut mit einem Schneebesen zu schlagen, um die daraufhin geronnenen Bestandteile abzuschöpfen. Wegen der damit verbundenen Schädigung der Blutzellen war dieses Verfahren allerdings nicht unumstritten.¹⁵ In ihren anfänglichen Testläufen mit Lammblood vom nächstgelegenen Schlachthof griffen die beiden Gibbons dennoch auf diese Methode zurück und ließen die fragile Flüssigkeit durch vier Lagen feinmaschigen Tuches rinnen. Dies war ein aufwendiger Prozess, während dessen der rasch mit Fibrin verklebte Stoff immer wieder ausgewechselt werden musste.¹⁶ Eine anwendungsfreundlichere Alternative zur Defibrinierung stellte die vielerprobte Gerinnungshemmung des Blutes durch den Zusatz von Chemikalien wie zum Beispiel Phosphaten, Zitraten oder Oxalaten dar.¹⁷ Diese Blutmodifikationen litten jedoch an teils toxischen Nebenwirkungen und, wie auch Gibbon nach einigen Versuchen einräumen musste, mangelnder Zuverlässigkeit: »Gerinnungshemmer war trockenes pulverisiertes Oxalat. Gerinnung war ziemlich problematisch«, lautete das ernüchternde Fazit.¹⁸

Doch was Gibbons historische Situation von früheren unterschied, war, dass ein vielversprechender physiologischer Gerinnungshemmer gerade auf den Markt für medizinischen Experimentierbedarf gelangte. Schon in den 1910er-Jahren hatte der Baltimorer Physiologe William H. Howell den Verdacht gehegt, eine körpereigene Substanz müsse die Blutgerinnung während des normalen Kreislaufs hemmen, und

14 Siehe auch K. Pelis, »Blood Clots: The Nineteenth-Century Debate over the Substance and Means of Transfusion in Britain«, *Annals of Science* 54/4 (1997), S. 331–360.

15 Vgl. Louis K. Diamond, »A History of Blood Transfusion«, in: Maxwell M. Wintrobe (Hg.), *Blood, Pure and Eloquent. A Story of Discovery, of People, and of Ideas*, New York: McGraw-Hill 1980, S. 659–688, hier: S. 671f.; sowie Susan E. Lederer, *Flesh and Blood. Organ Transplantation and Blood Transfusion in Twentieth-Century America*, New York: Oxford University Press 2008, S. 38f.

16 Vgl. Protokolleintrag vom 11. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

17 Vgl. Robert A. Kilduffe und Michael E. DeBaakey, *The Blood Bank and the Technique and Therapeutics of Transfusion*, St. Louis: Mosby 1942, S. 373.

18 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 4. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6: Artificial Circulation Observations, 1934–1935.

seine experimentellen Untersuchungen dahingehend intensiviert.¹⁹ Eigentlich mit der Suche nach gerinnungsfördernden Faktoren beauftragt, isolierte Howells Student Jay McLean 1916 überraschend eine rätselhafte Substanz, die »eine ausgeprägte Fähigkeit zur Gerinnungshemmung« zeigte, aus einer Hundeleber.²⁰ Nach weiteren Untersuchungen taufte Howell dieses vielversprechende Gewebeextrakt nach seinem Entdeckungsort in der Leber »Heparin« und ließ ab den frühen 1920er-Jahren kleinere Proben kommerziell vertreiben.²¹ Aufgrund unzureichender Extrahierbarkeit und Reinheit kam der Einsatz von Howells Hundeleber-Heparin jedoch kaum über ein paar experimentelle und klinische Versuche mit durchwachsenen Ergebnissen hinaus.²²

Dass Gibbon ein knappes Jahrzehnt später trotzdem seine Versuche mit pulverisiertem Oxalat zugunsten eines stabilen Nachschubs an purifiziertem Heparin aufgeben konnte, hing mit einer sich seit den 1920er-Jahren intensivierenden Verbindung zwischen der Medizin und einem bestimmten Zweig der Agrarindustrie zusammen. In einem sogenannten »endokrinologischen Goldrausch« forschten zu dieser Zeit nicht nur Ärzte und Physiologen fieberhaft in tierischen Geweben nach isolierbaren Hormonen und Wirkstoffen, auch Fleischfabrikanten erkannten in diesem gesteigerten Interesse an Organen, Drüsen und Gedärmen einen lukrativen Absatzmarkt für die Abfallprodukte ihres blutigen Geschäfts.²³ So verkündete 1927 ein Vertreter der Fleischindustrie enthusiastisch:

»Zweifelloos werden die verblüffendsten Entwicklungen bei Nebenprodukten der Fleischindustrie unter den Pharmazeutika zu finden sein. Es könnten nicht nur neue Produkte, so revolutionär wie Insulin, entdeckt werden, sondern auch eine

-
- 19 Vgl. W. Bruce Fye, »Heparin: The Contributions of William Henry Howell«, *Circulation* 69/6 (1984), S. 1198–1203, hier: S. 1201.
 - 20 Übers. B. P., Jay McLean, »The Thromboplastic Action of Cephalin«, *American Journal of Physiology* 41/2 (1916), S. 250–257, hier: S. 256.
 - 21 Siehe William H. Howell und Emmett Holt, »Two New Factors in Blood Coagulation – Heparin and Pro-antithrombin«, *American Journal of Physiology* 47/3 (1918), S. 328–341; sowie William H. Howell, »The Purification of Heparin and its Presence in Blood«, *American Journal of Physiology* 71/3 (1925), S. 553–562.
 - 22 Siehe Ronald J. Baird, »Give us the Tools ...«. The Story of Heparin – as Told by Sketches from the Lives of William Howell, Jay McLean, Charles Best, and Gordon Murray«, *Journal of Vascular Surgery* 11/1 (1990), S. 4–18, hier: S. 6f.; sowie Shelley McKellar, *Surgical Limits. The Life of Gordon Murray*, Toronto: University of Toronto Press 2003, S. 39.
 - 23 Siehe Naomi Pfeffer, »How Abattoir ›Biotrash‹ Connected the Social Worlds of the University Laboratory and the Disassembly Line«, in: David Cantor, Christian Bonah und Matthias Dörries (Hg.), *Meat, Medicine and Human Health in the Twentieth Century*, London: Pickering & Chatto 2010, S. 63–76, hier: S. 64.

rasante Expansion in den Therapiemethoden, die Drüsen- und Gewebeextrakte nutzen, antizipiert werden.«²⁴

Das Kalkül der Fleischfabrikanten, bald einen Markt für neue tierbasierte Pharmazeutika ausschachten zu können, ging einmal mehr auf, als sich in Toronto ein aufstrebender Physiologe der Heparinergewinnung annahm, der sich bestens auf die Extraktion physiologischer Wirkstoffe aus Tiereingeweiden verstand. Charles H. Best war in den frühen 1920er-Jahren in den Connaught Laboratories der University of Toronto bereits an Frank G. Bantings und John J. R. Macleods mit dem Nobelpreis prämiierter Isolierung von Insulin aus der Bauchspeicheldrüse von Hunden beteiligt gewesen,²⁵ bevor er sich im Rahmen von Perfusionsstudien unter Henry H. Dale in London selbst mit den experimentellen Komplikationen der Blutgerinnung herumärgern musste.²⁶ Nach seiner Rückkehr nach Toronto und Ernennung zum Professor im Jahr 1929 versammelte Best eine Gruppe von Biochemikern um sich, um Heparin für den zuverlässigen experimentellen wie klinischen Einsatz in den Vertrieb zu bringen.²⁷

Die Geschichte der nordamerikanischen Massenschlachthöfe verband sich spätestens in dem Moment verhängnisvoll mit jener der Heparinergewinnung, als Best seine Biochemiker auf eine, wie sie es formulierten, »billigere und leichter verfügbare Quelle« ansetzte.²⁸ Zum Tragen kam dabei der unterschiedliche Industrialisierungsgrad tierischer Organismen.²⁹ Der »moderne Hund«, aus dessen Leber Howell Heparin zu gewinnen suchte, war weniger das historische Produkt landwirtschaftlicher Massenindustrie als das einer viktorianischen Unterhaltungskultur mit ästhetischen, anatomisch homogenisierenden Zuchtstandards.³⁰ Dies mochte Hunde zu

24 Übers. B. P., Rudolf A. Clemen, *By-Products in the Packing Industry*, Chicago: University of Chicago Press 1927, S. 294f.

25 Siehe weiterführend Michael Bliss, *The Discovery of Insulin*, Chicago: University of Chicago Press 1982.

26 Siehe Charles H. Best, »Preparation of Heparin and its Use in the First Clinical Cases«, *Circulation* 19/1 (1959), S. 79–86, hier: S. 81; sowie das Schreiben von H. P. Marks an Best vom 13. Mai 1930, Best (Charles Herbert) Papers. 1928–1978. Thomas Fisher Rare Book Library, University of Toronto, Ms. Coll. 241, Series B: Research, Box 70: Heparin – Correspondence, Folder 2.

27 Vgl. James A. Marcum, »The Development of Heparin in Toronto«, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 52/3 (1997), S. 310–337, hier: S. 315.

28 Übers. B. P., Arthur F. Charles und David A. Scott, »Studies on Heparin I. The Preparation of Heparin«, *Journal of Biological Chemistry* 102 (1933), S. 425–429, hier: S. 425.

29 Zur Bedeutung der Industrialisierung für die tierische Evolution siehe auch Susan R. Schrepfer und Philip Scranton (Hg.), *Industrializing Organisms. Introducing Evolutionary History*, New York: Routledge 2004; sowie Alex Blanchette, *Porkopolis. American Animality, Standardized Life, & the Factory Farm*, Durham: Duke University Press 2020.

30 Siehe Michael Worboys, Julie-Marie Strange und Neil Pemberton, *The Invention of the Modern Dog. Breed and Blood in Victorian Britain*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2018.

praktikablen Modellorganismen der physiologischen und chirurgischen Forschung, jedoch kaum zu ergiebigen Quellen für Gewebeextrakte in produktivem Maßstab machen.³¹

Demgegenüber hatte sich in Nordamerika seit dem späten 19. Jahrhundert der agrarindustrielle Trend ausgeweitet, Rinder in gewaltiger Zahl als effizient verwertbares »reinerassiges« Schlachtvieh zu züchten.³² Im Jahr 1927 fusionierten die größten Fleischfabrikanten Torontos unter dem Namen »Canada Packers« zu einem der »Big Three«, die den oligopolistischen Fleischmarkt Kanadas dominierten.³³ Diese Kartellbildung besiegelte die sich seit Jahrzehnten abzeichnende Verdrängung kleiner, lokal verstreuter Metzgereibetriebe durch zentralisierte Massenschlachthöfe, die buchstäblich am Fließband Rinder zerlegten und – in Reichweite der Connaught Laboratories – schiere Massen tierischer Überreste akkumulierten.

Der Wechsel der Heparinquelle von Hunde- zu Rinderorganen war somit kein Zufall, sondern die historische Konsequenz einer agrarindustriellen Zentralisierung der Fleischverarbeitung, die strategisch auf die Verwertbarkeit ihrer Abfälle ausgerichtet war.³⁴ Der Wettbewerbsvorteil fabrikartiger Massenschlachthöfe ergab sich nämlich keineswegs aus den rund 60 Prozent des Körpergewichts eines Rindes, die sein Fleisch ausmachten, sondern aus den abfallenden Häuten, Gedärmen, Drüsen, Blut und anderen Schlachtabfällen, welche nur aufgrund ihrer zentralisierten Akkumulation zu profitablen »Nebenprodukten« wurden (siehe Abb. 2).³⁵ Besonders im Falle der Wirkstoffextraktion aus tierischen Quellen war es nichts als die schiere Masse, die derlei Verfahren überhaupt ergiebig machte: »Als Beispiel für das Schlachtvolumen, das erforderlich ist, um die Herstellung von Drüsenextrakt möglich zu machen, bedarf es der Hypophysen von zwölftausend Jung-rindern, um ein einziges Pfund getrocknete Hypophysenhinterlappen-Substanz herzustellen.«³⁶

31 Zur direkten Übernahme von ursprünglich zu Unterhaltungszwecken gezüchteten Hunden als Modellorganismen der physiologischen Forschung siehe Stephen Pemberton, »Canine Technologies, Model Patients. The Historical Production of Hemophilic Dogs in American Biomedicine«, in: Susan R. Schrepfer und Philip Scranton (Hg.), *Industrializing Organisms: Introducing Evolutionary History*, New York: Routledge 2004, S. 191–213, hier: S. 200.

32 Vgl. Ian MacLachlan, *Kill and Chill. Restructuring Canada's Beef Commodity Chain*, Toronto: University of Toronto Press 2001, S. 41f. Bis ins 18. Jahrhundert dominierte die Nutzung als Lasttiere und Milchkühe die Rinderzucht. Für den Fleischverzehr geschlachtet wurden Rinder in der Regel nur, wenn sie nicht mehr in der Lage waren, diese Funktionen zu erfüllen (vgl. ebd., S. 39).

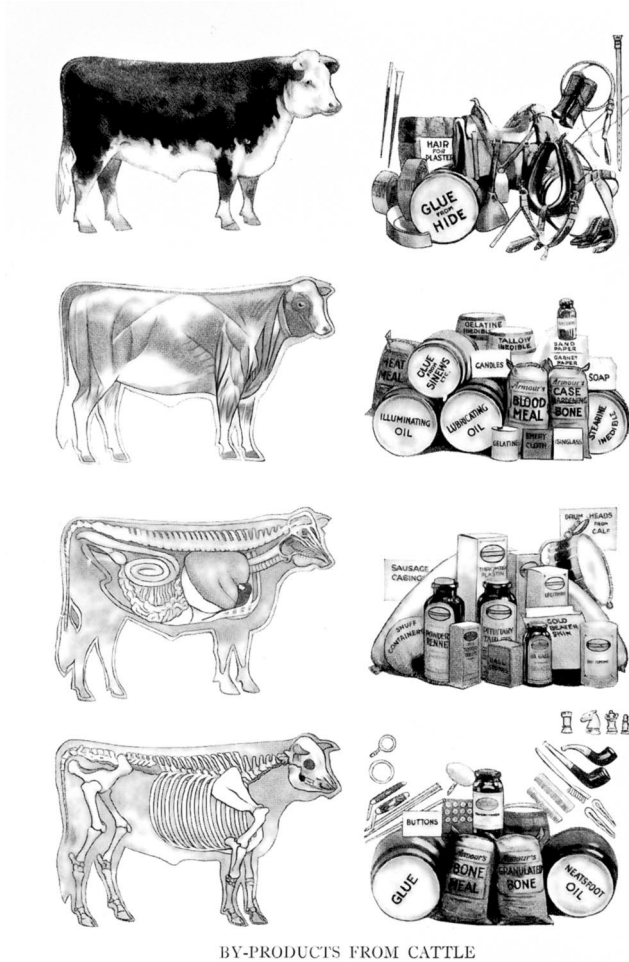
33 Vgl. ebd., S. 185–191.

34 So hatte Best bereits im Rahmen der Insulingewinnung die Extraktionsquelle von den Bauchspeicheldrüsen von Hunden auf die von Rindern bzw. Kälbern verlagert (vgl. Bliss, *The Discovery of Insulin*, S. 91f.).

35 Vgl. MacLachlan, *Kill and Chill*, S. 141–144.

36 Übers. B. P., Clemen, *By-Products in the Packing Industry*, S. 208.

Abb. 2: »Nebenprodukte« der Rinderschlachtung



Quelle: Rudolf A. Clemen, *By-Products in the Packing Industry*, Chicago: University of Chicago Press 1927, S. 6f.

Der Preis für den verlockenden Zugriff auf diese scheinbar unerschöpfliche Eingeweidequelle war jedoch die zunehmende Unterwerfung der Heparinergewinnung unter die Bedingungen der Fleischindustrie. »Die Prozeduren für die Aufbereitung von Heparin sind so drastisch, dass man sich manchmal fragt, ob der Stoff irgendeine physiologische Bedeutung hat«, überkamen selbst einen erfahrenen

Tierexperimentator wie Best anfängliche Zweifel.³⁷ Denn der Extraktionsprozess bestand nun darin, immer größere Mengen an Schlachtabfällen klein zu hacken, zu trocknen und verrotten zu lassen, sodass die Versuche allein schon wegen des Gestanks von den Connaught Laboratories auf ein zugehöriges Farmgelände verlegt werden mussten.³⁸ So nahmen die Räumlichkeiten der medizinischen Forschungsarbeit im Laufe der 1930er-Jahre unverkennbare Züge eines Schlachthofs an, der satte 400 Pfund Rindereingeweide pro Tag verarbeitete und diese Rate im darauffolgenden Jahrzehnt noch mehr als verfünffachte.³⁹

Ebenso zeichnete sich rasch ab, wie wenig sich der von Hayek gepriesene »Preis-mechanismus« um medizinische Forschungsambitionen scherte. Kaum hatte das in den 1930er-Jahren blühende Geschäft mit Haustierfutter Rinderlebern und später -lungen für sich entdeckt, explodierten die Rohstoffpreise in so unerschwingliche Höhen, dass Bests Forschungsgruppe das Extraktionsverfahren zeitaufwendig auf nicht einmal Hunden vorgesetzte Rindergedärme umstellen musste.⁴⁰ Ab einem gewissen Punkt konnte die Heparingewinnung in den Connaught Laboratories sogar nur noch in Abhängigkeit finanzieller Zuwendungen von Canada Packers fortgesetzt werden.⁴¹ Zweifellos handelte es sich bei diesen Finanzspritzen nicht bloß um philanthropische Gesten, sondern vor allem um strategische Investitionen in die Ausweitung des Absatzmarktes für Schlachtabfälle.

In welch intrikates Abhängigkeitsgeflecht Gibbon seine entstehende Herz-Lungen-Maschine da manövierte, konnte er kaum ahnen, als er 1934 auf das erst in diesem Jahr in Fachzeitschriften inserierte Angebot der Connaught Laboratories zurückkam und erste Fläschchen des vielversprechenden Extraktes aus Schlachtabfällen bestellte.⁴² Mit dem neuen Gerinnungshemmer zur Hand begannen John und Mary Gibbon umgehend damit, einer Katze das Rinderheparin zu injizieren, um ihr Blut versuchsweise aus einer Drosselvene am Hals abzapfen und vorerst ohne

37 Übers. B. P., Brief von Best an H. P. Marks vom 11. Juni 1930, Best (Charles Herbert) Papers. Series B.: Box 70, Folder 2.

38 Zum Extraktionsverfahren vgl. Charles/Scott, »Studies on Heparin I«, S. 432f.; zur Verlegung der Arbeiten vgl. Robert D. Defries, *The First Forty Years 1914–1955. Connaught Medical Research Laboratories, University of Toronto*, Toronto: Toronto University Press 1968, S. 125.

39 Zu diesen Zahlen vgl. ebd., S. 125 und 285.

40 Vgl. Wilfred G. Bigelow, *Mysterious Heparin. The Key to Open Heart Surgery*, Toronto: McGraw-Hill Ryerson 1990, S. 38f.

41 So vermerkte ein Jahresbericht der University of Toronto: »Ein Zusammenbruch des Experiments wurde verhindert durch die Großzügigkeit und das Interesse von Mr. J. S. McLean von Canada Packers, der es unternommen hat, die Versorgung mit Heparin an den Connaught Laboratories zu finanzieren, bis die klinische Studie abgeschlossen ist« (übers. B. P., University of Toronto, *Report of the Board of Governors for the Year Ended in 30th June 1937*, Toronto: Bowman 1938, S. 69).

42 Siehe John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 233; sowie Bigelow, *Mysterious Heparin*, S. 154.

künstliche Sauerstoffanreicherung zurück in die Oberschenkelarterie zu pumpen.⁴³ Die ersten Ergebnisse waren nicht optimal, doch stimmten – im Vergleich mit dem wenige Tage zuvor eingesetzten Oxalat – hoffnungsvoll: »Heparin wurde verwendet. Am Ende des Experiments befanden sich einige Gerinnsel in der Pumpe.«⁴⁴ Da sich die geringe Anwendungserfahrung bisher noch auf Howells weniger potentes Heparinpräparat stützte, konnte Gibbon der Literatur kaum mehr entnehmen, als dass intravenös injiziertes Heparin eine unmittelbare Hemmung der Blutgerinnung bewirkte, die sich innerhalb weniger Stunden wieder normalisierte.⁴⁵ So bedurfte es noch einigen Herumprobierens mit verschiedenen Dosierungen, bis das Heparin seine Wirkung zufriedenstellend entfaltete und das Katzenblut weitgehend gerinnungsfrei durch die Schläuche fließen ließ.

Am Beispiel der Gewinnung und Anwendung des Heparins wird deutlich, wie unterkomplex die Vorstellung ist, das »Wesen« eines Laborpräparats bestehe »in nichts anderem als in dieser Entfaltung unter diesen praktischen und lokalen Umständen«.⁴⁶ Die historische Bedeutung des Heparins für die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine ging tatsächlich weit über seine chemische Wirksamkeit im Blut hinaus. Über das Mittel des Gerinnungshemmers band sich die perspektivisch lebenserhaltende Technik in ihrem Fortschritt untrennbar an den lebensvernichtenden Apparat der nordamerikanischen Massenschlachthöfe. Bis zum heutigen Tage diktiert der Takt der Fleischerbeile am Fließband maßgeblich die Geschicke herzs chirurgischer Handlungsfähigkeit.⁴⁷

3.2 Der Oxygenator: Von der Milch zum Blut im Schleudergang

»11:19 – Lunge draußen.«⁴⁸ Er tat es zwar nicht am Fließband, doch Gibbon beherrschte die präzise Zerlegung von Tieren mindestens so gut wie ein Schlachter. Knapp elf Minuten nach der chirurgischen Freilegung der Katzenlunge hatte er

43 Vgl. Protokolleintrag vom 8. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

44 Übers. B. P., ebd.

45 Vgl. 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. 1128; siehe außerdem Bigelow, *Mysterious Heparin*, S. 154.

46 Bruno Latour, »Haben auch Objekte eine Geschichte? Ein Zusammentreffen von Pasteur und Whitehead in einem Milchsäurebad«, übers. von Gustav Roßler, in: ders., *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*, Berlin: Akademie Verlag 1996, S. 87–112, hier: S. 100.

47 Näheres zu den heutigen Auswirkungen der medizinischen Abhängigkeit von der Fleischindustrie folgt im Schlussteil dieser Arbeit.

48 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 13. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

sie bereits dem Körper entnommen und mit Kochsalzlösung ausgewaschen. Weitere zehn Minuten später badete die isolierte Lunge in einem mit Blut gespeisten Behälter, in dem sie mithilfe des Vakuumantriebs eines zeitgenössischen Scheibenwischers im Drei- bis Viersekundentakt aufgebläht wurde.⁴⁹

Diese provisorisch zusammengebastelte Vorrichtung sollte in Gibbons ersten Testläufen den extrakorporalen Gasaustausch zwischen Blut und sauerstoffhaltiger Luft bewerkstelligen, also als Oxygenator fungieren. Tatsächlich war die Sauerstoffanreicherung mit isolierten Tierlungen im Rahmen physiologischer Perfusionsexperimente keineswegs unüblich. Der Straßburger Mediziner Carl Jacobj hatte bereits 1895 eine komplizierte Kreislaufapparatur vorgestellt, in welcher »das Blut nicht nur durch das betreffende Organ, sondern gleichzeitig auch durch die isolierte, künstlich geathmete Lunge des Thieres geleitet wird«.⁵⁰ Diese Methode erfreute sich international bis in die 1930er-Jahre hinein reger Anwendung, wenngleich das offenkundige Problem, zwei Organe gleichzeitig unter prekären Bedingungen am Leben erhalten zu müssen, nicht unerkannt blieb.⁵¹ »Lunge ödematös, matschig und unelastisch. [...] Jetzt nicht genug Blut. Wahrscheinlich in der Lunge. [...] Die Überdruckbeatmung mit dem Scheibenwischer war sehr unregelmäßig«, konstatierte Gibbon schon im frühen Versuchsstadium die Unzulänglichkeiten seines Tierlungenpräparats.⁵²

Über ausgeschnittene Tierlungen hinaus hielt das zeitgenössische Repertoire der Perfusionsapparaturen jedoch eine Reihe technischer Lösungen bereit, um extrakorporal zirkulierendes Blut mit Sauerstoff anzureichern. Im Anschluss an den frühen Filmxygenator der Leipziger Physiologen Max von Frey und Max Gruber hatten Forschende des 20. Jahrhunderts eine Vielfalt unterschiedlicher Techniken entwickelt, um den Blutstrom in ein dem Gasaustausch förderliches Oberflächen-Volumen-Verhältnis zu transformieren.⁵³ Wie Gibbons Literaturrecherche ergab,

-
- 49 Vgl. ebd. Zur Einführung vakuumbetriebener Automobil-Scheibenwischer in den 1920er-Jahren siehe Nelson Bolan, *How Detroit Changed History*, Lawrenceville, VA: Brunswick Publishing 1987, S. 199–202.
- 50 Carl Jacobj, »Ein Beitrag zur Technik der künstlichen Durchblutung überlebender Organe«, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 36/5 (1895), S. 330–348, hier: S. 330.
- 51 Dieses Problem benannte z.B. Thomas G. Brodie, »The Perfusion of Surviving Organs«, *The Journal of Physiology* 29/3 (1903), S. 266–275, hier: S. 273; siehe zudem Wolfgang Boettcher, Frank Merkle und Heinz-Hermann Weitkemper, »History of Extracorporeal Circulation: The Conceptional and Developmental Period«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 35/3 (2003), S. 172–183, hier: S. 175.
- 52 Übers. B. P., Protokolleinträge vom 13. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.
- 53 Zu Max von Frey und Max Gruber siehe dies., »Untersuchungen über den Stoffwechsel isolierter Organe. I. Ein Respirationsapparat für isolierte Organe«, *Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung* (1885), S. 519–532; sowie die Ausführungen in Kap. 2.2 der vorliegenden Arbeit.

reichten die jüngeren Verfahren der letzten Jahrzehnte von der Tränkung eines Seidenvorhangs über das Überströmen von Glasperlen bis zum Bespritzen einer Drehscheibe mit Blut in sauerstoffreicher Atmosphäre.⁵⁴ Unter Verzicht auf die feinen Verästelungen biologischer Lungen stellten sich für Gibbons Vorhaben der Ganzkörperperfusion allerdings Anforderungen, die jene einzelner Organperfusionen überstiegen. Es galt nämlich, »die Diffusionsfläche des Apparats groß genug zu gestalten, um ausreichend Sauerstoff für die Lebenserhaltung eines kleinen Tieres zuzuführen«.⁵⁵

Auf der Suche nach effizienten Oxygenierungsverfahren interessierte sich Gibbon hauptsächlich für das zentrifugale Funktionsprinzip eines Apparats, den der Baltimorer Physiologe Donald R. Hooker im Jahr 1915 vorgestellt hatte.⁵⁶ Dabei wurde das Blut über eine schnell rotierende Scheibe an die Innenwände einer festen Glasglocke geworfen, an denen es – im Idealfall in einem dünnen Film – herabfloss, unterwegs den Gasaustausch vollzog und sich in einem Auffangbehälter am Boden sammelte.⁵⁷ »Die offensichtlichen Nachteile«, wandte Gibbon allerdings ein, »waren die Schaumbildung und die Schwierigkeit sicherzustellen, dass das Blut in einem Film an den Seiten der Glasglocke blieb.«⁵⁸ Deshalb fasste Gibbon bald die Adaptation einer außermedizinischen Maschine ins Auge, die in der Lage war, gleichmäßige Flüssigkeitsschichten ohne Rinnsale zu erzeugen. Was zur Debatte stand, war die Konstruktion eines Filmoxygenators, »der auf ähnlich Weise wie eine Milchschleuder funktionieren würde«.⁵⁹

Die Milchschleuder (englisch *cream separator*) war eine Maschine zur Rahmgewinnung, deren Bedeutung für den Aufschwung der Molkereiiindustrie im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert in einem Atemzug mit der Bakteriologie genannt wurde.⁶⁰ Sie bestand im Kern aus einer zylindrischen oder konischen Schleuder-

54 Siehe Gibbons Zusammenfassung in »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 24 (1939), S. 1192–1198, hier: S. 1193.

55 Übers. B. P., ebd., S. 1193.

56 So findet sich unter den vergleichsweise wenigen Unterlagen in Gibbons Nachlass, die die Entwicklung seines ersten Oxygenators dokumentieren, die technische Zeichnung eines »Apparatus for aerating blood«, vgl. John H. Gibbon, Jr. Collection 1946–1987. MS-001. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia; Gibbon H-L Machine Photos. Diese Zeichnung lässt sich identifizieren als eine Kopie aus dem Artikel von Donald R. Hooker, »The Perfusion of the Mammalian Medulla: The Effect of Calcium and of Potassium on the Respiratory and Cardiac Centers«, *American Journal of Physiology* 38/2 (1915), S. 200–208, hier: S. 201.

57 Vgl. ebd., S. 201.

58 Übers. B. P., Gibbon, »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, S. 1193.

59 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Gestation and Birth of an Idea«, *Philadelphia Medicine* 59/37 (1963), S. 913–916, hier: S. 914.

60 Vgl. Rudolf D'heil, »Beitrag zur Frage des Bakteriengehalts der Milch und des Euters«, *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene* 16/3 (1905), S. 84–85, hier: S. 84; siehe auch Otto F. Hunziker,

trommel, die auf einer Spindel in Hochgeschwindigkeit um ihre Vertikalachse rotierte. Die dabei freigesetzten Zentrifugalkräfte trennten die Bestandteile der kontinuierlich eingeleiteten Vollmilch in Abhängigkeit ihrer spezifischen Massenträgheit: Die schwereren Bestandteile stiegen in einem Film an der Innenwand des Behälters empor, um dort als Magermilch abgeleitet zu werden, wohingegen sich die leichteren fetthaltigen Bestandteile mittig in Form von Rahm niederschlugen.⁶¹

Das wahllos anmutende Aufeinandertreffen von Oxygenatoren und Milchschleudern mag metaphysische Spekulationen über ein »einziges, weites Feld potenzieller Gedanken« nähren, in dem sich isoliert erbrachte »Arbeitsergebnisse ganz von selbst zusammenschließen, um die Wissenschaft systematisch zu erweitern«.⁶² Doch tatsächlich überschattet der Glaube an solch superhumane Vorsehung lediglich die wirtschaftlichen und soziokulturellen Bedingungen des Kontakts zwischen experimenteller Chirurgie und Agrarindustrie. Erstens reihte sich Gibbons Adaption der Milchschleuder in eine produktive Geschichte wechselseitiger Befruchtung zwischen Milch- und Blutverarbeitung ein, die sich nicht zuletzt auf materiallogische Ähnlichkeiten zwischen den beiden Körperflüssigkeiten gründete. Zweitens nahm die Milchschleuder im frühen 20. Jahrhundert eine Schlüsselrolle in der Industrialisierung US-amerikanischer Familienbauernhöfe ein, während die urbane Oberschicht (einschließlich Ärzten) aus einer romantischen Verklärung des Landlebens heraus den Umgang mit derlei Landwirtschaftsmaschinen pflegte.

Die Analogsetzung von Blut und Milch verfügte in der Tat über eine lange wissenschaftsgeschichtliche Tradition. Nach althergebrachter aristotelischer Vorstellung war Milch überhaupt nichts anderes als verblichenes Menstruationsblut und die Chemie der Aufklärungszeit betrachtete beide Körpersäfte zumindest als eng verwandte Substanzen, die gleichermaßen aus in Flüssigkeit verteilten Festkörpern bestanden.⁶³ So pries noch in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts eine Reihe von Ärzten, besonders in Nordamerika, Milch als »enger verwandt mit dem Chylus, dem Stoff, aus dem die Natur Blut bildet, als jede andere Flüssigkeit«.⁶⁴ In den 1870er-Jahren begründete diese Annahme gar einen vorübergehenden Enthusiasmus für

The Butter Industry. Prepared for Factory, School and Laboratory, 3. Aufl., La Grange, IL: Selbstverlag 1940, S. 20–22.

61 Vgl. z.B. ebd., S. 163–165.

62 Michael Polanyi, *Implizites Wissen*, übers. von Horst Brühmann, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1985, S. 76.

63 Vgl. Barbara Orland, »Enlightened Milk: Reshaping a Bodily Substance into a Chemical Object«, in: Ursula Klein und Emma C. Spary (Hg.), *Materials and Expertise in Early Modern Europe. Between Market and Laboratory*, Chicago: University of Chicago Press 2010, S. 163–197, hier: S. 186.

64 Übers. B. P., Edward M. Hodder, zitiert nach H. A. Oberman, »Early History of Blood Substitutes. Transfusion of Milk«, *Transfusion* 9/2 (1969), S. 74–77, hier: S. 76.

intravenöse Milchinfusionen, mit denen die Gerinnungsprobleme bei Bluttransfusionen umgangen werden sollten.⁶⁵

Vor allem aber begannen im gleichen Zeitraum, zunächst in Deutschland, sowohl medizinische Labore als auch Molkereibetriebe, Zentrifugalkräfte zur Verarbeitung der jeweiligen Körperflüssigkeiten einzusetzen. Ein bereits in den 1850er-Jahren erprobtes Laborverfahren zur Stofftrennung bestand darin, mehrere Becher entlang des Randes einer waagerechten Drehscheibe aufzuhängen und herumzuschleudern.⁶⁶ In einem solchen Schleuderapparat konvergierten Blut- und Kuhmilchverarbeitung, als 1857 ein Karlsruher Student der Tiermedizin namens Fuchs den Versuch unternahm, damit nicht nur, wie es seine Aufgabe war, Blutkörperchen aus Vollblut, sondern auch Fettkügelchen aus Vollmilch zu Analyse Zwecken abzuscheiden.⁶⁷ Auf erste Anregungen des Brauereitechnikers Antonin Prandtl in den 1860er-Jahren hin entwickelten vor allem die Ingenieure Wilhelm Lefeldt aus Schöningen und Gustaf de Laval aus Stockholm die ursprünglich blutanalytischen Becherschleudern in den 1870er-Jahren zu milchwirtschaftlichen Industriemaschinen mit zylindrischen oder konischen Schleudertrommeln weiter.⁶⁸

Umgekehrt wirkten die serienreifen Milchscheudern in den 1920er- und 1930er-Jahren auf die Entwicklung eines der wichtigsten Analyseinstrumente in chemischen und biomedizinischen Laboren zurück. So baute der schwedische Chemiker The Svedberg 1923 eine Milchscheuder de Lavals zur sogenannten Ultrazentrifuge um, mit der er zusammen mit dem Pathologieprofessor Robin Fähræus das Molekulargewicht von Milch- und vor allem von Blutproteinen bestimmte.⁶⁹ Dass Svedberg für diese Studien nicht weniger als der Nobelpreis verliehen wurde, tat sein Übriges zur Etablierung der Ultrazentrifuge in der Molekular- und Zellbiologie, was wiederum US-amerikanische Milchscheuderhersteller zum Einstieg in die Produktion dieser vielversprechenden Laborgeräte bewegte.⁷⁰

65 Vgl. ebd.; sowie Lederer, *Flesh and Blood*, S. 39.

66 Vgl. Lambert von Babo, »Ueber die Anwendung der Centrifugalkraft im chemischen Laboratorium«, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 82/3 (1852), S. 301–311.

67 Vgl. Benno Martiny, *Die Schleuderentrahmung. Geschichte ihrer Entwicklung vom Ursprung bis zur Gegenwart*, Bd. 1, Leipzig: Heinsius 1913, S. 7; sowie Berthold Block, *Die sieblose Schleuder zur Abscheidung von Sink- und Schwebestoffen aus Säften, Laugen, Milch, Blut, Serum, Lacken, Farben, Teer, Öl, Hefewürze, Papierstoff, Stärkemilch, Erzschlamm, Abwässer. Theoretische Grundlagen und praktische Ausführungen*, Berlin: Springer 1921, S. 100.

68 Zu Antonin Prandtl vgl. Benno Martiny, *Die Schleuderentrahmung*, Bd. 1, S. 8; zu Lefeldt und der Innovation der Schleudertrommel vgl. ebd., S. 26; zu den ersten Industrieanwendungen der Milchscheudern von Lefeldt und de Laval in den Jahren 1877 bzw. 1879 vgl. ebd., S. 28 bzw. S. 237.

69 Vgl. Boelie Elzen, *Scientists and Rotors. The Development of Biochemical Ultracentrifuges*, Dissertationsschrift: Universität Twente 1988, S. 28f., 43–46.

70 So z.B. die US-amerikanische Sharples Specialty Company, hervorgegangen aus der Sharples Cream Separator Company, vgl. ebd., S. 347–364; siehe außerdem Angela N. H. Creager, *The*

Gibbon war also keineswegs der einzige Zeitgenosse, der die Vorzüge der Milchscheider für die Verarbeitung von Blut erkannte. Dieses Muster von Übernahmen zwischen Landwirtschaft und Universitätsforschung wurde zusätzlich durch eine soziokulturelle Ambivalenz zwischen ländlicher Industrialisierung und städtischer Sehnsucht nach naturverbundenem Leben begünstigt. In der Frühphase der industriellen Butterproduktion verbreiteten sich um 1880 erste mit Pferde- oder Dampfkraft angetriebene Milchscheidern zögerlich zunächst nur in den zentralisierten Fabriken Nordamerikas.⁷¹ Doch mit der Einführung kleinerer, handbetriebener Modelle Ende des 19. Jahrhunderts schwang sich die Milchscheider im Laufe von Gibbons Jugendzeit der 1910er- und 1920er-Jahre zu einem omnipräsenten Gegenstand des ländlichen Lebens auf, der auf nahezu jedem Familienbauernhof zu finden war.⁷²

Nicht durch spontane Emergenz, sondern durch aggressive Vermarktung bildete sich somit eine veränderte Marktordnung heraus. Firmen wie die ursprünglich schwedische De Laval Separator Company oder die Sharples Cream Separator Company aus dem Umland von Gibbons Heimatstadt Philadelphia entsendeten Scharen von Vertretern, regelrechte »Milchscheiderhaie [*separator sharks*]«, in alle Winkel des Landes, um Bäuerinnen und Bauern zum Kauf handbetriebener Milchscheider zu drängen.⁷³ Den industriellen Strukturwandel, der daraus resultierte, feierte zum Beispiel die De Laval Separator Company folgendermaßen:

»Die Milchscheider für den Bauernhof [*farm separator*] ermöglichte auch die großen zentralisierten Butterfabriken mit ihren größeren Möglichkeiten für Vermarktung und Vertrieb sowie Ankauf von Rahm in einem Umkreis von mehreren Hundert Meilen, was einen stabilen und profitablen Markt für Rahm gewährleistete, selbst für Bauern in verstreuten und abgelegenen Gemeinden mit einem

Life of a Virus. Tobacco Mosaic Virus as an Experimental Model, 1930–1965, Chicago: University of Chicago Press 2002, S. 95–98.

- 71 Siehe Edward Wiest, *The Butter Industry in the United States. An Economic Study of Butter and Oleomargarine*, New York: Columbia University Press 1916, S. 38f.; sowie Benno Martiny, *Die Schleuderentrahmung. Geschichte ihrer Entwicklung vom Ursprung bis zur Gegenwart*, Bd. 2, Leipzig: Heinsius 1915, S. 28.
- 72 Siehe Hunziker, *The Butter Industry*, S. 14; sowie Kendra Smith-Howard, *Pure and Modern Milk. An Environmental History since 1900*, New York: Oxford University Press 2014, S. 39f.
- 73 Übers. B. P., Aussagen der Landbevölkerung, zitiert nach Joan M. Jensen, *Calling this Place Home. Women on the Wisconsin Frontier, 1850–1925*, St. Paul, MN: Minnesota Historical Society 2006, S. 136; siehe auch Edwin H. Webster, *The Farm Separator: Its Relation to the Creamery and to the Creamery Patron*, Washington, D.C.: Government Printing Office 1904, S. 8.

unzureichenden Kuhbestand, um eine lokale günstig gelegene Molkerei zu tragen.«⁷⁴

Mit anderen Worten, die Milchschleuder ermöglichte es, den gesammelten Ertrag einer verstreuten Masse kleiner Familienbauernhöfe – und damit die dort unbezahlt geleistete Arbeit von Frauen – ins Produktionsvolumen national agierender Großmolkereien zu integrieren.⁷⁵

Parallel dazu lebte im frühen 20. Jahrhundert paradoxerweise – gespeist aus dem Unbehagen gegenüber der zunehmenden Kommerzialisierung urbaner Lebensweisen – der antimodernistische und tief in der US-amerikanischen Geschichte verwurzelte romantische Agrarismus wieder auf.⁷⁶ Im Zuge dessen zog es ausgerechnet gebildete, wohlhabende Eliten (deren Reichtum nicht selten auf der kritisierten Kommerzialisierung beruhte) ins Umland der Großstädte. Solche bereits aus dem 18. und 19. Jahrhundert bekannten *Gentlemen Farmer*, darunter Staatsmänner, Unternehmer und Ärzte, erwarben als Statussymbol und Freizeitvergnügen ländliche Rückzugsorte in Form mehr oder weniger großer Familienbauernhöfe, die sie mithilfe von Lohnangestellten bewirtschafteten.⁷⁷

In die Reihe namhafter Familien des 20. Jahrhunderts wie den Roosevelts, Eisenhowers, Vanderbilts oder Rockefellers, deren Mitglieder solche Bauernhöfe betrieben, reihte sich auch die weniger prominente Gibbon-Familie mit ihrer 1912 erworbenen »Lynfield Farm« im Umland Philadelphias ein.⁷⁸ In seiner Jugendzeit der

74 Übers. B. P., George B. Sharpe, »The Dairy Industry Owes a Great Debt to the De Laval Cream Separator«, in: De Laval Separator Company (Hg.), *De Laval Dairy Hand Book*, New York: De Laval Separator Company 1916, S. 68–71, hier: S. 71.

75 Vor der Einführung handbetriebener Milchschleudern auf Kleinbauernhöfen war es Großmolkereien nur unter Schwierigkeiten möglich, deren überschüssige Milch zu verwerten, weil die Bauernfamilien den verderblichen Rohstoff dafür oft über weite Strecken transportieren mussten. Die handbetriebene Milchschleuder verlagerte den (in der Regel von Frauen oder Kindern geleisteten) Arbeitsschritt der Rahmabscheidung von der zentralen Großmolkerei in die weit verstreuten Kleinbauernhöfe. Somit musste nur noch der fettreiche und haltbare Rahm, auf den es Großmolkereien ankam, transportiert werden. In der Folge koexistierten in der Butterherstellung in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts eine wachsende Fabrikproduktion und eine zurückgehende, aber noch immer substanzielle Produktion auf Kleinbauernhöfen (vgl. Smith-Howard, *Pure and Modern Milk*, S. 40; sowie Joan M. Jensen, »Dairying and Changing Patterns of Family Labor in Rural New Mexico«, *New Mexico Historical Review* 75/2 (2000), S. 157–194).

76 Vgl. David B. Danbom, »Romantic Agrarianism in Twentieth-Century America«, *Agricultural History* 65/4 (1991), S. 1–12.

77 Siehe auch Tamara P. Thornton, *Cultivating Gentlemen. The Meaning of Country Life Among the Boston Elite, 1785–1860*, New Haven: Yale University Press 1989; sowie Ronald F. Eustice, *Gentlemen Farmers. Farms & Ranches of the Rich & Famous*, Tucson, AZ: Selbstverlag 2021.

78 Zu den berühmten »Gentlemen farmers«, darunter 14 US-Präsidenten, vgl. die Einleitung zu Eustice, *Gentlemen Farmers*; zum Erwerb des Familienbauernhofs der Gibbons vgl. Ada Ro-

1910er- und 1920er-Jahre, just als die handbetriebene Milchscheuder ihren Siegeszug feierte, verbrachte Gibbon regelmäßig die Sommer auf dem elterlichen Familienbauernhof, den er später nach deren Tod als eigenen Alterssitz übernahm. Obwohl sein Vater für die Bewirtschaftung des Bauernhofs mehrere Bedienstete beschäftigte, waren Gibbon und seine Geschwister als Jugendliche stets angehalten, sich an der anfallenden Arbeit zu beteiligen. So verbrachte der spätere Erfinder der Herz-Lungen-Maschine seine Ferientagein, tagaus unter anderem mit dem Melken einer kleinen Herde Holstein-Kühe oder dem Reparieren landwirtschaftlicher Maschinen.⁷⁹ Da die Familie besonders während der Abwesenheit des Vaters im Ersten Weltkrieg Zuverdienste durch den Verkauf von Butter erzielte, musste der jugendliche Gibbon fast unweigerlich Bekanntschaft mit der Milchscheuder gemacht haben.⁸⁰

An beliebigen Zufall ist also nicht zu glauben, wenn der erwachsene Chirurg im Jahr 1934 mit einem Bostoner Maschinenbauprofessor darüber diskutierte, wie sich Milchscheudern am besten zur Sauerstoffanreicherung von Blut adaptieren ließen.⁸¹ Der Vorschlag des Ingenieurs sah zunächst eine Schleudertrommel in

maine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991, S. 9.

- 79 Vgl. ebd., S. 9–11; sowie Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 37.
- 80 Vgl. vor allem die Rechnungsbucheinträge von Juni, Juli und August 1917; Account Book 1912 to 1917; Box 16, Series II: Marjorie Young Gibbon 1879–1956 (Bulk, 1898–1956); Gibbon family correspondence (Collection 3272), The Historical Society of Pennsylvania. Siehe auch Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 12. Dass der Kontakt mit der Milchscheuder in der Kindheit und Jugend später zu erfinderischer Auseinandersetzung mit zentrifugalen Maschinen führte, scheint kein Einzelfall zu sein. Der in den 1930er-Jahren an der Weiterentwicklung der Ultrazentrifuge beteiligte Physiker Jesse W. Beams zum Beispiel wuchs auf einem Familienbauernhof auf und wurde dabei ebenfalls mit der Bedienung der Milchscheuder betraut; vgl. Elzen, *Scientists and Rotors*, S. 143.
- 81 Leider nennt Gibbon nirgendwo den Namen dieses Professors und seine Beschreibung variiert von Quelle zu Quelle. So ist ursprünglich von einem »professor of mechanical engineering at Harvard University« die Rede (was der Sache am nächsten kommen dürfte), später von einem »professor of steam engineering at Harvard« und schließlich von einem »professor of steam engineering at the Massachusetts Institute of Technology« (Gibbon, »The Gestation and Birth of an Idea«, S. 914; John H. Gibbon Jr., »Development of the Artificial Heart and Lung Extracorporeal Blood Circuit«, *The Journal of the American Medical Association* 206/9 (1968), S. 1983–1986, hier: S. 1984; John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 609). Möglicherweise, aber das bleibt spekulativ, handelte es sich bei dem ominösen Professor um Jacob P. Den Hartog, der zur fraglichen Zeit in Harvard lehrte, aber nach dem Zweiten Weltkrieg ans MIT wechselte. Er war ein ausgewiesener Experte für Fragen der Vibration im Maschinenbau, nicht zuletzt bei Dampfturbinen und anderen Rotationsmaschinen. Erst 1930/1931 hatte er ein Jahr an der Universität Göttingen verbracht, und zwar bei dem Strömungsmechaniker Ludwig Prandtl (vgl. Stephen H. Crandall, »Jacob Pieter Den Hartog, 1901–1989«, in: Natio-

Form eines umgekehrten Kegelstumpfs vor, an deren Innenwänden die Flüssigkeit durch Zentrifugalkraft in einem Film vom Boden aufsteigen und sich am oberen Ende sammeln sollte, wie es für zeitgenössische Milchscheidern typisch war. Aus berechtigter Sorge, das derart kraftvoll in Bewegung versetzte Blut nicht minder zum Schäumen und Spritzen zu bringen als frühere Oxygenatoren, plädierte Gibbon jedoch für eine Variante, die der Fragilität der Blutzellen Rechnung trug.⁸²

Genau wie zeitgenössische Milchscheidern basierte die Konstruktion (siehe Abb. 3) letztlich auf einer in Rollenlagern (B, B') geführten stählernen Schleudertrommel (A), deren längliche Zylinderform der speziellen Ausführung des »Tubular Separators« von Sharples nahekam.⁸³ Die entscheidende Abwandlung zur Vermeidung des Schäumens und Spritzens bestand darin, den Blutstrahl durch eine gebogene Röhre (V) am Trommeldeckel (K) in Rotationsrichtung und spitzem Winkel schonend gegen die Innenwand zu leiten, an welcher das Blut in einem dünnen Film herab und durch eine Mündung (Q) in einen gläsernen Auffangbehälter (T) am unteren Ende floss.⁸⁴ Endgültig zu einem Oxygenator machte die Konstruktion schließlich eine Metallröhre (J), die wie bei den meisten Milchscheidern entlang der vertikalen Rotationsachse in Richtung Trommelboden verlief, doch im Unterschied zu diesen keineswegs als Milchleitung fungierte.⁸⁵ »Diese Röhre«, erklärte Gibbon die Zweckentfremdung, »dient dazu, Sauerstoff zum Boden des Apparats zu leiten. Der Sauerstoff verbreitet sich dann in engem Kontakt mit dem Blutfilm aufwärts und entweicht an der Oberseite.«⁸⁶

nal Academy of Sciences (Hg.), *Biographical Memoirs*, Bd. 67, Washington, D.C.: National Academies Press 1995, S. 101–117). Ludwig Prandtl war der Neffe von Antonin Prandtl und der Sohn von Alexander Prandtl, die beide für bedeutende Beiträge zur Konstruktion von Milchscheidern bekannt waren (vgl. Michael Eckert, *Ludwig Prandtl – Strömungsforscher und Wissenschaftsmanager. Ein unverstellter Blick auf sein Leben*, Berlin: Springer 2017, S. 4f.).

82 Vgl. Gibbon, »The Development of the Heart-Lung Apparatus« (1978), S. 609.

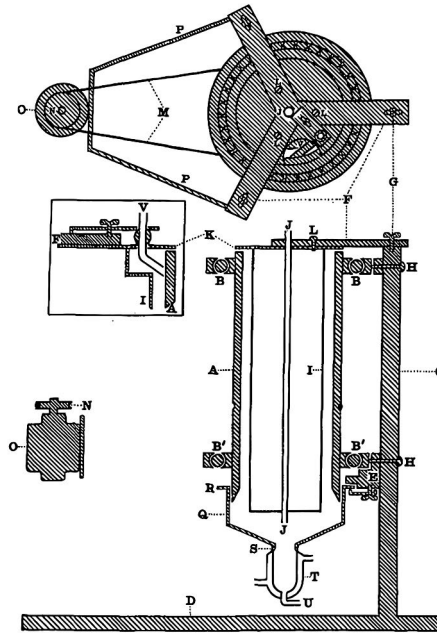
83 Siehe Gibbon, »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, S. 1194; zur typischen Führung der Trommel von Milchscheidern in Rollenlagern vgl. Hunziker, *The Butter Industry*, S. 164; zur besonderen Form der Schleudertrommel des »Tubular Separators« siehe Martiny, *Die Schleudarentnahme*, Bd. 2, S. 35.

84 Vgl. Gibbon, »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, S. 1196.

85 Vgl. Hunziker, *The Butter Industry*, S. 165.

86 Übers. B. P., Gibbon, »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, S. 1194.

Abb. 3: Schema von Gibbons einer Milchschleuder nachempfundenen Oxygenator (Erklärung der wichtigsten Elemente im Text)



Quelle: John H. Gibbon Jr., »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 24 (1939), S. 1192–1198, hier S. 1195.

Angetrieben von einem Elektromotor (O) rotierte die zylindrische Schleudertrommel ab Dezember 1934 in Gibbons experimentalkirurgischem Versuchsraum.⁸⁷ Da das Abscheiden zellulärer Bestandteile das Letzte war, was Gibbon wollte, musste die Rotationsgeschwindigkeit des Oxygenators natürlich deutlich niedriger kalibriert werden als bei Milchschleudern oder gar Ultrazentrifugen. Sie wurde je nach Durchflussvolumen zwischen 280 und 464 Umdrehungen pro Minute eingestellt.⁸⁸ Nach Gibbons eigenen Angaben ließ sich mit seiner Schleu-

87 Siehe Versuchsprotokoll vom 17. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

88 Vgl. Protokolleinträge vom 21. Januar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7, und vom 20. Februar 1935, ebd., Folder 6. Zum Vergleich: Zeitgenössische handbetriebene Milchschleudern liefen in der Regel bei 6000 bis 7000 Umdrehungen pro Minute; vgl. Hunziker, *The Butter Industry*, S. 175; Svedberg und Fähræus zentrifugierten Blut in der Ultrazentri-

detertrommel ein Blutfilm von ungefähr doppelt so großem Oberflächen-Volumen-Verhältnis generieren wie mit zeitgenössischen Oxygenatoren anderer Bauart.⁸⁹ Auch wenn die damit erreichte Oxygenierungsleistung weit unterhalb jener der menschlichen Lunge lag, genügte sie dennoch den Ansprüchen erster Tierversuche. »Wir verwendeten Katzen als Versuchstiere«, räumte Gibbon mit Blick auf deren kleines Lungenvolumen ein, »vor allem, weil ihre Größe zu unseren damaligen technischen Ressourcen passte.«⁹⁰

Mit der Übernahme molkereiwirtschaftlicher Maschinenteile fügte sich das Molkereiwesen als weiterer Ausschnitt in die Nische des chirurgischen Experiments ein. Da im Falle des Oxygenators lediglich ein technisches Funktionsprinzip aus dem Bereich der Milchverarbeitung entlehnt wurde, fesselte diese Übernahme Gibbons Experiment nicht strikt an eine Wertschöpfungskette, wie es die Belieferung mit einem exklusiven Verbrauchsmaterial wie Heparin tat. Das Mittel der Schleudertrommel stand dementsprechend für ein qualitativ anderes, weniger rigides Abhängigkeitsverhältnis zur Agrarindustrie. Nichtsdestotrotz sollten Übernahmen aus dem Molkereiwesen in der weiteren Geschichte der Herz-Lungen-Maschine kein Einzelfall bleiben. Als Gibbon 1947 auf einer Europareise Clarence Crafoord in Stockholm besuchte, stellte er zum Beispiel fest, dass dieser inzwischen eigene Versuche zum Bau einer Herz-Lungen-Maschine aufgenommen hatte und dabei Teile einer Melkmaschine als Blutpumpe verwendete.⁹¹

3.3 Die Tränen der Akazie: Kolonialgeschichte eines Blutersatzes

»Das künstliche Kreislaufsystem wurde mit Blut von gestern getöteten Katzen befüllt«, protokollierte Gibbon noch im Januar 1935 eine über Monate etablierte Laborroutine.⁹² Doch diese Routine stieß mit dem Fortschreiten der Versuche nun zu-

fuge bei 7000 bis 10.000 Umdrehungen pro Minute; vgl. The Svedberg und Robin Fähræus, »A New Method for the Determination of the Molecular Weight of the Proteins«, *Journal of the American Chemical Society* 48/2 (1926), S. 430–438.

89 Vgl. Gibbon, »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, S. 1198.

90 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Medicine's Living History«, *Medical World News* (3. November 1972), S. 46–47, 51–53, hier: S. 51.

91 Vgl. »Notes on Crafoord's Pump Oxygenator«, John H. Gibbon Papers, Series VII: Writings, 1959–1970: Box 7, Folder 2: Misc. Printed Material, 1968–1970 [die Ordnerbeschriftung des Archivs ist hier irreführend, was das Datum betrifft]. Überdies ist zum Beispiel bekannt, dass C. Walton Lillehei 1954 bei seiner berühmten Herzoperation mit Kreuzzirkulation das Blut mittels einer Milchpumpe zwischen Patient und Spender hin und her fließen ließ; vgl. G. Wayne Miller, *King of Hearts. The True Story of the Maverick who Pioneered Open-Heart Surgery*, New York: Times Books 2000, S. 92, 130.

92 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 24. Januar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

sehends an Grenzen. Denn es war eine Sache, das Volumen einiger Schläuche und Auffangbecher für Testläufe mit Blut zu befüllen, aber eine ganz andere, einen voluminösen Oxygenator mitsamt den Leitungen, die zu und von einer Katze wegführten, ununterbrochen mit Blut zu durchströmen. Das Blut des Versuchstieres allein reichte bei Weitem nicht aus, um den erheblich über sein eigenes Gefäßsystem hinaus ausgedehnten Kreislauf gefüllt zu halten.⁹³ Ein ununterbrochener Blutstrom war aber unabdingbar, wollte man das Eindringen von Luftblasen vermeiden und einen stabilen Blutdruck aufrechterhalten.

Das gesteigerte Fassungsvermögen der Kreislaufapparatur stellte die Gibbons sowohl vor Nachschub- als auch vor Kompatibilitätsprobleme. Selbst ohne sie für umfangreichere Blutvorräte zu opfern, war die Versorgung mit Versuchstieren so knapp, dass das junge Ehepaar die eine oder andere Nacht damit verbrachte, im Bostoner Stadtteil Beacon Hill mit Säcken und Thunfischködern bewaffnet auf die Jagd nach streunenden Katzen zu gehen.⁹⁴ Darüber hinaus endeten langwierig vorbereitete Versuche, bei denen das Blut mehrerer Katzen durch den erweiterten Kreislauf zirkulierte, immer wieder mit dem raschen Tod des Versuchstieres. »Tod lag anscheinend an etwas im injizierten Blut«, vermutete Gibbon, »Serum und Zellen der beiden Katzen wahrscheinlich inkompatibel.«⁹⁵ Im Februar 1935 hatten die widerständigen Eigenarten des Blutes Gibbons Geduld schließlich so sehr strapaziert, dass er beschloss, das Blutvolumen lieber mit einem Ersatzstoff strecken zu wollen, als sich weiter an zeitaufwendigen Kreuzungen von Serum und Vollblut zu versuchen.⁹⁶ Bereits in den anfänglichen Testläufen hatte er das Katzenblut zuweilen mit Kochsalzlösung verdünnt.⁹⁷ Doch mit gutem Grund wandte er sich nun einem exotischeren Zusatzstoff zu und protokollierte: »Werde die Verwendung von Akazie versuchen.«⁹⁸

Das Baumharz der buschigen *Acacia senegal*, auf das sich Gibbon hier bezog, war der medizinischen Fachwelt unter dem Handelsnamen Gummiarabikum oder schlicht als Akaziengummi schon länger als Volumenexpander bei Blutmangel bekannt. Bereits in Carl Ludwigs Perfusionstudien mit isolierten Organen hatte Akaziengummilösung vereinzelt als Blutimitat fungiert und später vermehrt

93 Vgl. Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1112.

94 Vgl. Gibbon, »The Gestation and Birth of an Idea«, S. 915.

95 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 20. Februar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

96 Siehe ebd. sowie das Protokoll eines wenig erfolgreichen Versuchs, Sera zu isolieren und mit Vollblut zu kreuzen, vom 23. und 24. Januar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

97 Vgl. Versuchsprotokolle vom 10., 11. und 13. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

98 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 25. Februar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

Einsatz in Experiment und Klinik gefunden, seit sie der Londoner Physiologe William M. Bayliss im Ersten Weltkrieg zur Behandlung des Kreislaufschocks vorgeschlagen hatte.⁹⁹ Zu den Chirurgen, die daraufhin mit Akaziengummilösung experimentierten, gehörte kein anderer als Gibbons Mentor, Edward D. Churchill, der aus eigenen Analysen während seines »Wanderjahres« in Europa um deren blutähnliche Eigenschaften hinsichtlich Viskosität und kolloidosmotischen Drucks wusste.¹⁰⁰ Die Viskosität eines Blutersatzes war für die Aufrechterhaltung des Reibungswiderstandes gegen die Gefäßwand und damit des Blutdrucks von Bedeutung; der Gehalt an gelösten Kolloiden (entsprechend den Blutproteinen), für welche die semipermeable Gefäßmembran unpassierbar war, gewährleistete eine Teilchenkonzentration, die das zugeführte Flüssigkeitsvolumen von der Diffusion ins umliegende Bindegewebe abhielt.¹⁰¹

Die Übernahme des Akaziengummis für die Belange der Chirurgie war wiederum kein Zufall, denn das Material war längst in außermedizinischen Produktions- und Forschungsbereichen gebräuchlich, und zwar gerade wegen seiner viskositischen und osmotischen Eigenschaften. So diente die zähflüssige Konsistenz des Harzes – teils seit Jahrtausenden – zum Eindicken und Binden von Tinten, Wasserfarben, Klebstoffen, Hustensäften oder Süßwaren.¹⁰² Außerdem hatten die dem Kolloidgehalt zugeschriebenen osmotischen Eigenschaften des Akaziengummis Mitte des

99 Zu Ludwigs Einsatz vgl. Carl Ludwig, »Einige neue Beziehungen zwischen dem Bau und der Function der Niere«, *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe* 48/B (1863), S. 725–733, hier: S. 731; zu Bayliss' Versuchen und der Behandlung von Kreislaufschock im Ersten Weltkrieg siehe William Van der Kloot, »William Maddock Bayliss's Therapy for Wound Shock«, *Notes and Records of the Royal Society* 64/3 (2010), S. 271–286; sowie Stefanos Geroulanos und Todd Meyers, *The Human Body in the Age of Catastrophe. Brittleness, Integration, Science, and the Great War*, Chicago: University of Chicago Press 2018, Kap. 2.

100 Der kolloidosmotische Druck von Plasmaproteinen war damals ein US-amerikanischen Chirurgen kaum geläufiges Konzept; vgl. Edward D. Churchill, *Wanderjahr. The Education of a Surgeon*, hg. von J. Gordon Scannell, Boston: Francis A. Countway Library of Medicine 1990, S. 103f.; siehe außerdem Edward D. Churchill, F. Nakazawa und Cecil K. Drinker, »The Circulation of Body Fluids in the Frog«, *The Journal of Physiology* 63/3 (1927), S. 304–308; sowie Cecil K. Drinker und Edward D. Churchill, »A Graphite Suspension for Intravital Injection of Capillaries«, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character* 101/711 (1927), S. 462–467.

101 Diese Feststellungen gingen maßgeblich zurück auf William M. Bayliss, »Methods of Raising a Low Arterial Pressure«, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character* 89/617 (1916), S. 380–393, hier: S. 381–383 und 386f.

102 Siehe z.B. H. S. Blunt, *Gum Arabic. With Special Reference to Its Production in the Sudan*, Oxford: Oxford University Press/Humphrey Milford 1926, S. 31f.; Ralph Mayer, *The Artist's Handbook of Materials and Techniques*, London: Faber and Faber 1940, S. 25; »Acacia«, *The British Pharmaceutical Codex. An Imperial Dispensatory for the Use of Medical Practitioners and Pharmacists*, London: The Pharmaceutical Press 1923, S. 3–5, hier: S. 4; für eine überblicksartige Darstellung

19. Jahrhunderts eine wichtige Rolle bei der Entstehung der Kolloidchemie selbst gespielt. Ähnlich wie später Bayliss oder Churchill hatte der schottische Chemiker Thomas Graham damals verschiedene Lösungen durch die Membran seines Osmometers fließen lassen, dabei ebenfalls festgestellt, dass Akaziengummi diese im Unterschied zu Kochsalz oder Rohrzucker höchstens marginal passierte, und daraufhin solche minimal diffundierenden »Kolloide« klassifikatorisch von sonstigen »Kris-talloiden« unterschieden.¹⁰³

So naheliegend der Weg des Akaziengummis in die körperlichen und künstlichen Blutbahnen folglich in materiallogischer Hinsicht war, so fern lag er jedoch in geografischen Maßstäben. Anders als es sich die Verfechter selbstorganisierender Ordnungen gern vorstellen, zog im Hintergrund der experimentellen Chirurgie kein intelligenter Marktmechanismus, kein weltumspannendes neuronales Netz, die Fäden und setzte Forstarbeiter*innen, Eisenbahnen und Dampfschiffe automatisch in Bewegung, sobald Chirurgen westlicher Industrienationen blutähnliche Lösungen nachfragten. Tatsächlich steckte hinter der Verfügbarkeit des Harzes der *Acacia senegal* in europäischen und nordamerikanischen Laboren eine Geschichte imperialistischer Agrarpolitik, in der »natürliche Geschichte« und »geschichtliche Natur« unauflöslich und ein vermeintlich naturgegebener Baum als »Produkt der Industrie und des Gesellschaftszustandes« erscheinen.¹⁰⁴

Denn obwohl die *Acacia senegal* weitläufige Verbreitung über afrikanische und indische Savannen fand, ermöglichte fast nur das besondere Klima in der sudanesischen Provinz Kordofan ergiebige Ernten von hochqualitativem Akaziengummi. Die kurzen konzentrierten Regenfälle der Region ließen die Bäume zwar wachsen,

siehe auch C. W. Fagg und G. E. Allison, *Acacia Senegal and the Gum Arabic Trade*, Oxford: Oxford Forestry Institute 2004, Kap. 2.

103 Vgl. Thomas Graham, »Liquid Diffusion Applied to Analysis«, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 151 (1861), S. 183–224; siehe auch Andrew Ede, *The Rise and Decline of Colloid Science in North America, 1900–1935. The Neglected Dimension*, Aldershot: Ashgate 2007, S. 10–12.

104 Erläuternd führen Marx und Engels im Rahmen ihrer Feuerbach-Kritik weiterhin an: »Der Kirschbaum ist, wie fast alle Obstbäume, bekanntlich erst vor wenig Jahrhunderten durch den Handel in unsre Zone verpflanzt worden und wurde deshalb erst durch diese Aktion einer bestimmten Gesellschaft in einer bestimmten Zeit der sinnlichen Gewißeit« Feuerbachs gegeben« (Karl Marx und Friedrich Engels, *Die Deutsche Ideologie. Kritik der neuesten deutschen Philosophie in ihren Repräsentanten Feuerbach, B. Bauer und Stirner und des deutschen Sozialismus (Marx-Engels-Werke, Bd. 3)*, Berlin: Dietz 1978, S. 43). Canguilhem zitierte und kommentierte diese Passage ausführlich im Manuskript eines Kommentars zu Henri Bergsons *Schöpferische Entwicklung*. Für die Veröffentlichung strich Canguilhem diese Passage, vermutlich um der Zensur durch das Vichy-Regime vorzubeugen (vgl. Georges Canguilhem, »Commentaire au troisième chapitre de L'Évolution créatrice«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 4, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2015, S. 111–143, hier: S. 132).

doch über Monate hinweg an Wassermangel leiden. Diese klimatischen Bedingungen sowie die gezielte Stimulation durch von Menschenhand beigebrachte Rindenverletzungen schufen die Grundlage für die reichhaltige Bildung des zähflüssigen Harzes, das tränenförmig austrat, erhärtete und in Körben gesammelt wurde (siehe Abb. 4).¹⁰⁵ Durch diese Koexistenz von Mensch und Akazie schwang sich die Provinz bis ins 19. Jahrhundert zum weltweiten Produktionszentrum der erlesenen »Tränen« und im gleichen Zuge zu einem begehrten Invasionsziel auf.¹⁰⁶

Abb. 4: Aus einer Rindenverletzung hervorgequollene »Träne« aus Akaziengummi



Quelle: H. S. Blunt, *Gum Arabic. With Special Reference to Its Production in the Sudan*, Oxford: Oxford University Press/Humphrey Milford 1926, Illustrations (Anhang).

105 Vgl. Fagg/Allison, *Acacia Senegal and the Gum arabic Trade*, S. 15, 20f.; sowie Blunt, *Gum Arabic*, S. 21f.

106 Siehe Endre Stiansen, »The Gum Arabic Trade in Kordofan in the Mid-Nineteenth Century«, in: ders. und Michael Kevane (Hg.), *Kordofan Invaded. Peripheral Incorporation and Social Transformation in Islamic Africa*, Leiden: Brill 1998, S. 60–85, hier: S. 60; sowie Fagg/Allison, *Acacia Senegal and the Gum arabic Trade*, S. 48f.

Nach der Eroberung durch anglo-ägyptische Streitkräfte im Jahr 1898 fiel der Sudan formell unter die Verwaltung eines Kondominiums und wurde *de facto* zu einer Kolonie des britischen Weltreichs.¹⁰⁷ Die neu eingesetzte Regierung verfolgte sofort eine rücksichtslos exportorientierte Agrarpolitik. So wurden in den folgenden Jahrzehnten die lokale Verkehrsinfrastruktur für den Welthandel ausgebaut, Akazienwälder (teilweise unter Restriktionen für die einheimische Bevölkerung) kultiviert und in Kordofans Hauptstadt El Obeid ein staatlich beaufsichtigter Akazien-gummi-Markt eingerichtet, auf dem internationale Großhändler die größten Profite unter sich ausmachten.¹⁰⁸ Keinerlei Bestrebungen gab es unterdessen, irgendeine Form von einheimischer Industrie zur lokalen Verwertung des vielseitigen Harzes auf die Beine zu stellen, sodass der Sudan eine strukturschwache, vollkommen exportabhängige »cash-crop economy« blieb.¹⁰⁹

Nutznießer dieser Quasi-Monopolstellung des britisch kontrollierten Sudan, der Anfang der 1930er-Jahre bis zu 80 Prozent der weltweiten Akaziengummi-Nachfrage abdeckte, waren nicht zuletzt die Vereinigten Staaten, die sich neben Großbritannien den weitaus größten Teil des Exportvolumens sicherten.¹¹⁰ Von den Rinden der Akazienbäume durch die Hände sudanesischer Sammler*innen über Eisenbahn- und Dampfschifflinien gelangte Akaziengummi also auf Wegen, die *strategisch geplant* wurden, auf die Märkte westlicher Industrienationen und von dort aus zuletzt in Venen und Perfusionsschläuche. »Ich nehme an, dass dies die Nachfrage wohl kaum genügend steigern wird, um eine »Gummiarabikum«-Knappheit zu verursachen«, kommentierte ein Korrespondent diese neue Verwendungsweise. »Aber wir sollten dem Sudan dankbar sein, dass er uns ein so nützliches Material schickt – nützlich nicht nur für die Reparatur unserer kaputten Haushaltsgegenstände, sondern auch unserer kaputten Körper.«¹¹¹

Es ist zu bezweifeln, ob Gibbon diese Art von Dankbarkeit verspürte oder auch nur einen Gedanken an die Lieferkette des Akaziengummis verschwendete, als er Ende Februar 1935 endlich notierte: »Um mögliche Verklumpung von roten Blutkörperchen durch die Verwendung von inkompatiblen Blut zu vermeiden, wurden die Pumpen und der Oxygenator mit einer 5 %igen Akazienlösung in Kochsalzlösung

107 Vgl. Martin W. Daly, *Empire on the Nile. The Anglo-Egyptian Sudan 1898–1934*, Cambridge: Cambridge University Press 1986, S. 18.

108 Siehe Blunt, *Gum Arabic*, S. 24; sowie Daly, *Empire on the Nile*, S. 218.

109 Simon Mollan, *Imperialism and Economic Development in Sub-Saharan Africa. An Economic and Business History of Sudan*, Cham: Palgrave Macmillan 2020, S. 258; vgl. zudem Awad Abdalla Elawad Radaf, *Sudan Gum: A History of its Production and Trade up to 1982*, Major Thesis: Universität Bergen 1983, S. 45f.

110 Vgl. Daly, *Empire on the Nile*, S. 430; sowie U.S. Department of Commerce, *World Chemical Developments in 1935*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1936, S. 187.

111 Übers. B. P., Omar Khayyam, »The Caravanserai«, *The Near East* 15 (1919), S. 155, hier: S. 155.

befüllt.«¹¹² Fortan umschiffte die Streckung des Blutvolumens mithilfe von Akaziengummilösungen die Nachschub- und Kompatibilitätsprobleme, die mit dem Bedarf an zusätzlichem Katzenblut verbunden gewesen waren. Der Wermutstropfen für Gibbon war lediglich, dass eine derartige Verdünnung die Zellkonzentration des Blutes deutlich absenkte, weshalb er das Pump- und Schlauchsystem weiter verkleinerte, um den Bedarf an dem Ersatzstoff so gering wie möglich zu halten. Nichtsdestotrotz stellte die Akaziengummilösung für Gibbons experimentelle Zwecke eine während des restlichen Jahres erfolgreich praktizierte Zwischenlösung dar.¹¹³

Nach den nordamerikanischen Massenschlachthöfen und Molkereibetrieben erweiterte sich die experimentelle Nische der Herz-Lungen-Maschine mit dem Bezug von Akaziengummi um den sudanesischen Forst in den Händen britischer Kolonisatoren. Festzuhalten bleibt, dass es sich bei der Erschließung von Heparin, Schleudertrommeln und Akaziengummi aus besagten Gebieten nicht um gänzlich neuartige Vorstöße Gibbons handelte. Vielmehr siedelte er sein Experiment hier in einer Nische an, welche sich die experimentellen Lebenswissenschaften innerhalb der globalisierten agrarindustriellen Landschaften bereits weitgehend erschlossen hatten. Im Ergebnis zirkulierte ab dem Frühjahr 1935 eine Mischung aus mit sudanesischem Akaziengummi und kanadischem Rinderextrakt versetztem Katzenblut durch einen von Milchscheidern inspirierten Oxygenator, um eines fernen Tages Operationen am menschlichen Herzen ausführen zu können. So wahllos das Zusammentreffen dieser heterogenen Komponenten auch wirken mag, im historischen Sinne war es kein bloßer Zufall, sondern folgte einem klaren Muster von Übernahmen aus den dominanten Industriestrukturen zur Bewirtschaftung menschlicher Umwelten. In manchen Fällen ist es zunächst offenbar doch die agrarökonomische Welt, die ein Laboratorium aus den Angeln hebt, und nicht umgekehrt.¹¹⁴

112 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 25. Februar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

113 Vgl. Protokolleintrag vom 23. März 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

114 Aus einem verengten, unternehmerisch anmutenden Blickwinkel beschreibt Latour umgekehrt Pasteurs Entwicklung eines Anthraximpfstoffs als Projekt, das die Interessen von Landwirten im Labor übersetzt und deren Welt dadurch transformiert (vgl. Bruno Latour, »Gebt mir ein Laboratorium und ich werde die Welt aus den Angeln heben«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANTHology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 103–134).

4 Asymmetrien des Experiments: Die Beherrschung des Lebendigen

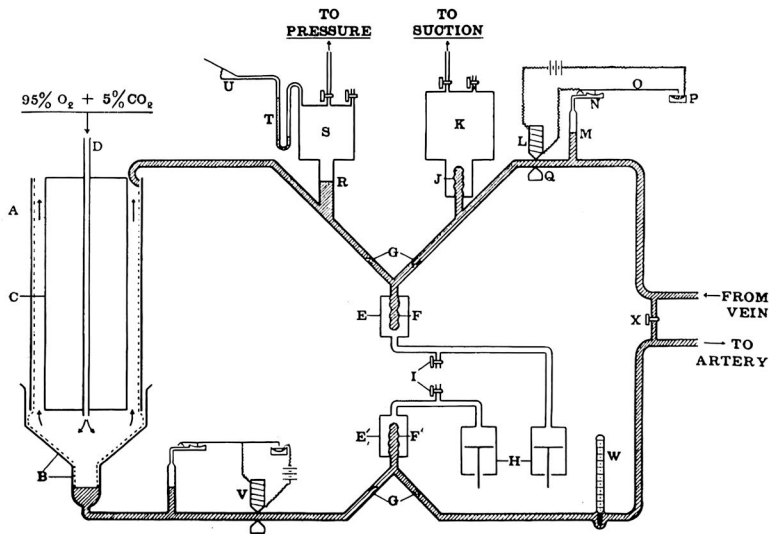
»Diese Assemblage von Metall, Glas, Elektromotoren, Wasserbädern, elektrischen Schaltern, Elektromagneten usw. sah für alle Welt aus wie irgendeine alberne Rube-Goldberg-Apparatur.«¹ So verglich Gibbon rückblickend seine frühen Versuchsaufbauten mit den zeitgenössisch populären Nonsense-Maschinen des namensgebenden Cartoon-Zeichners. Dabei hätte der Aufbau einer experimentellen Herz-Lungen-Maschine so einfach sein können: eine Katze als Modellorganismus auf der einen Seite, der Oxygenator auf der anderen Seite, und dazwischen einige Schläuche, die alles zu einem geschlossenen Kreislauf verbanden. Doch in diesem »Zwischenraum« wucherte im Laufe von Gibbons Fellowships 1934/1935 ein immer komplizierteres Sammelsurium behelfsmäßiger Vorrichtungen (siehe Abb. 5).

Die drastische Verkomplizierung des Versuchsaufbaus war keineswegs der Ausdruck einer *symmetrisch* auf Lebewesen und Dinge verteilten Handlungsmacht. Latour charakterisiert das Labor als Ort »literarischer Produktion«, an dem »Instrumente, Tiere, Bilder« gleichermaßen als »Ressourcen« zur Übersetzung in Textform »mobilisiert« werden.² Technische Finesse und Papierarbeit gab es in Gibbons Versuchsraum reichlich, und doch speiste sich sein Provisorium eines Versuchsaufbaus vor allem aus der grundlegenden *Asymmetrie* des chirurgischen Experiments. Damit ist nicht nur gemeint, dass Projekte einfacher Fellows wie Gibbon spärlich finanziert und zur Improvisation genötigt waren, obwohl die Harvard Medical School dank privater Zuwendungen selbst während der Großen Depression prosperierte.³ Ursächlich für die zahlreichen Zusatzvorrichtungen war in erster

-
- 1 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Development of the Artificial Heart and Lung Extracorporeal Blood Circuit«, *The Journal of the American Medical Association* 206/9 (1968), S. 1983–1986, hier: S. 1984.
 - 2 Übers. B. P., Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987, S. 71 bzw. S. 60f.
 - 3 Siehe John H. Gibbon Jr., »The Gestation and Birth of an Idea«, *Philadelphia Medicine* 59/37 (1963), S. 913–916, hier: S. 914f.; sowie Kenneth M. Ludmerer, *Time to Heal. American Medical Education from the Turn of the Century to the Era of Managed Care*, New York: Oxford University Press 1999, S. 53f.

Linie der Umstand, dass John und Mary Gibbon nicht nur Oxygenator, Schläuche und Pumpen in ein technisches Funktionsschema zwingen mussten, sondern auch einen tierischen Organismus, der sich, in Canguilhem's Worten, »spontan gegen jede ausschließliche Unterordnung des Biologischen unter das Mechanische wehrt[e]«. ⁴

Abb. 5: Diagramm des Versuchsaufbaus von 1935. A: rotierender Zylinder (Schleudertrommel) des Oxygenators; B: Auffangbehälter; C: stationärer Zylinder; D: Röhre zum Einlass von Sauerstoff; E/E': venöse/arterielle Blutpumpe; F/F': Fingerling der venösen/arteriellen Blutpumpe; G: Ventile aus Gummikorken; H: Luftpumpen; I: Nadelventile; J: Fingerling; K: Luftkammer unter negativem Druck; L: Elektromagnet; M: T-Röhre; N: Membranmanometer; O: Manometerzeiger mit Draht; P: Quecksilbernappf; Q: Riegel; R: vertikal ausgerichteteter Seitenarm; S: Luftkammer unter positivem Druck; T: Wassermanometer; U: Blasebalg mit Schreibhebel; V: elektromagnetische Klemme (wie L, M, N, O, P, Q); W: Thermometer; X: Kurzschlussventil.



Quelle: 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. 1108.

4 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 230.

Die »symmetrische« Analogsetzung von Maschine und Organismus ist keine rein deskriptive, sondern eine normative Geste. Laut Canguilhem stellen schon die aristotelischen wie die kartesischen Beschreibungen von Sklaven beziehungsweise Tieren als Maschinen moralische Abwertungen dar, »um dem Menschen eine Rechtfertigung dafür zu verschaffen, dass er [diese] als Werkzeug benutzt«. ⁵ Bis in die tayloristische Fabrikproduktion (oder das chirurgische Experiment) des 20. Jahrhunderts hinein bleibt die vorgebliche »Symmetrie« von Maschine und Organismus also Ausdruck einer herrschaftlichen Kontrollraumperspektive auf das in Wahrheit asymmetrische Verhältnis zu den Geknechteten, die sich in ihrer Unterworfenheit »sozusagen gleichgeschaltet mit dem Funktionieren der Maschine« wiederfinden. ⁶

Zugleich beharrt Canguilhem darauf, dass sich die Organisation des Lebendigen sogar – oder ganz besonders – in jenen Maschinen niederschlägt, die seine rationalistische Instrumentalisierung und Beherrschung zum Ziel haben. Denn je rücksichtsloser die Gliedmaßen und Organe der beherrschten Körper gegen ihre biologischen Bedürfnisse eingespannt werden, desto deutlicher tritt zutage, dass »die technisch überflüssigen Bewegungen biologisch notwendige Bewegungen sind«. ⁷ Die Rebellion der beherrschten Körper gegen ihre fremdbestimmte Mechanisierung provoziert Canguilhem zufolge Rückanpassungen der Maschine an das Lebendige, worin der Philosoph den ultimativen Beweis für die Originalität des Biologischen vor dem Technischen sieht. ⁸

Im Anschluss daran schlage ich vor, das chirurgische Experiment von seiner technischen Seite her als ein materialaufwendiges Ringen der Experimentierenden um die Beherrschung lebendiger Phänomene zu betrachten – und nicht als ein symmetrisch ausgerichtetes Akkumulationssystem für »wissenschaftliches Kapital« in Papierform. ⁹ Die folgenden beiden Abschnitte zeigen auf, inwiefern sich erstens

5 Ebd., S. 201.

6 Ebd., S. 229. Ein zentraler Bezugspunkt von Canguilhems Auseinandersetzung mit dem Taylorismus ist Georges Friedmann, *Der Mensch in der mechanisierten Produktion*, übers. von Burkart Lutz und Katharina Fuchs, Köln: Bund-Verlag 1952. Eine frühe marxistische Auseinandersetzung mit der Maschine im Verhältnis von Herrschaft und Knechtschaft findet sich bei Georges Canguilhem, »Le fascisme et les paysans«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593, hier: S. 547.

7 Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 229.

8 Vgl. ebenfalls Georges Canguilhem, »Milieu et normes de l'homme au travail«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 4, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2015, S. 291–306.

9 Zum Aspekt der Beherrschung bzw. Kontrolle lebendiger Phänomene als Charakteristikum der modernen, auf dem physiologischen Experiment aufbauenden Chirurgie siehe Thomas Schlich, »Ein Netzwerk von Kontrolltechnologien. Eine neue Perspektive auf die Entstehung der modernen Chirurgie«, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 16/3 (2008), S. 333–361; sowie Thomas Schlich, »Physiological Surgery«. Laboratory Science as the Epistemic Basis of Modern Surgery (and Neurosurgery)«, in: Stephen T. Casper

der grundlegende Aufbau des Pumpsystems sowie zweitens die Regulation und kymografische Überwachung von Strömungsschwankungen als asymmetrisches Machtspiel zwischen den Gibbons und ihren Versuchstieren herauskristallisierten. Denn selbst unter Barbituratnarkose und mit operativ modifiziertem Brustkorb hielt der Organismus die beiden noch mehr als ein halbes Jahr lang mit mühseligen Rückanpassungen der provisorischen Herz-Lungen-Maschine in Atem.¹⁰

4.1 Hydraulik einer blutsaugenden Maschine

»Schrecklicher Versuch – keine Notizen gemacht!«, verliet Gibbon seiner Frustration in kaum leserlicher Handschrift Ausdruck.¹¹ Der Versuch zum Vergessen fand am 8. Dezember 1934 statt und sollte erstmals Blut zwischen einer lebenden Katze und dem Oxygenator zum Zirkulieren bringen. Zuvor hatte das Labor- und Ehepaar die zu einem Kreislauf arrangierten Schläuche schlicht aus einem Vorratsbehälter mit Wasser, Lammb Blut vom nächsten Schlachthof oder dem Blut eigenhändig ausgebluteter Katzen gespeist, um das Fördervolumen einer eingebauten Transfusionspumpe zu kalibrieren.¹² Nun aber scheiterte der Anschluss dieses mühsam eingestellten Pumpkreislaufs bereits am Absaugen des Blutes aus der Drosselvene am Hals des Tieres. Denn der Organismus leistete dem Eingriff hartnäckigen Widerstand, indem er den Blutfluss durch das gewaltsam kanülierte Gefäß muskulär drosselte. »Es erwies sich als unmöglich, Blut durch bloße Heberwirkung schnell genug aus der Kanüle in der Drosselvene zu gewinnen, obwohl der hydrostatische Druck etwa 2 Fuß betrug«, rang sich Gibbon doch noch als Notiz ab. »Es kam nur zu einer langsamen, tropfenweisen Blutung.«¹³

und Delia Gavrus (Hg.), *The History of the Brain and Mind Sciences. Technique, Technology, Therapy*, Rochester: University of Rochester Press 2017, S. 48–76; zur Betrachtung der lebenswissenschaftlichen Laborarbeit als papierförmige Kapitalakkumulation siehe Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986, S. 197; die Rede vom »scientific capital« findet sich explizit u.a. ebd., S. 229.

10 Vgl. 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 III: Artificial Circulation, 1934–1947: Box 2, Folder 6: Artificial Circulation Observations, 1934–1935; sowie Box 2, Folder 7: Artificial Circulation Pump Series, 1934–1935.

11 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 8. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

12 Vgl. Protokolleinträge vom 8., 10. und 11. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

13 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 8. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

Tropfenweise, so viel war klar, würde sich niemals ein extrakorporaler Blutkreislauf unterhalten lassen. Während das asymmetrische Ausbeutungsverhältnis von Kapital und Arbeitskraft laut Marx einem sinnbildlichen »Vampyrdurst nach lebendigem Arbeitsblut« glich,¹⁴ bestand Gibbons anfängliche Schwierigkeit buchstäblich im Blutsaugen. So wenig sich die Gliedmaßen von Fabrikarbeiter*innen problemlos in das Funktionsschema der Maschinerie pressen ließen, so widerstrebend fügten sich die tierischen Blutgefäße und Organe dem mechanistischen Kalkül des chirurgischen Versuchsaufbaus. Die Widerständigkeit des Lebendigen erforderte folglich eine Reihe aufwendiger Rückanpassungen, die sich erstens in einer grundlegenden Umgestaltung der Blutpumpe, zweitens in zusätzlichen Vorrichtungen zur Senkung des maschinellen Blutdrucks und drittens in einer Synchronisation der Pumpfrequenz mit der Herzfrequenz des Tieres niederschlugen.

»Das Scheitern der Blutgewinnung durch Schwerkraft«, formulierte Gibbon das Ausgangsproblem, »demonstriert die Notwendigkeit, zwei Blutpumpen zu haben; eine pumpt Blut vom Tier zum Oxygenator, die andere vom Oxygenator zum Tier.«¹⁵ Folglich verwarf der experimentierende Chirurg den ursprünglichen Aufbau und machte sich auf die Suche nach einem Pumpmechanismus, der sich besser mit der Physiologie des Blutkreislaufs vertrug. »Eine Doppelpumpe anderer Bauart wird verwendet werden müssen«, wappnete sich Gibbon für mühsame Rekonfigurationen.¹⁶ Eine entsprechende Vorlage fand er schließlich in einem Mechanismus, den der spätere Nobelpreisträger Henry H. Dale und Edgar H. J. Schuster 1928 für pharmakologische Perfusionsstudien vorgestellt hatten.¹⁷ Zum einen war diese Doppelpumpe ursprünglich bereits mit dem theoretischen Hintergedanken möglicher Ganzkörperfusionen konzipiert worden, ähnelte die Aufteilung in zwei getrennte Pumpkammern doch der funktionalen Struktur von rechter und linker Herzhälfte. Zum anderen war der Vorteil dieses Modells, dass es sich in leicht abgewandelter Form mit einfachsten Mitteln nachbauen ließ.

Das Bastelmateriale für je eine maschinelle Herzhälfte bestand aus einer Luftpumpe, erworben in einem Bostoner Gebrauchtwarenladen, einem Fingerling und zwei Gummikorken.¹⁸ Um die Richtung des Blutflusses zu steuern, fertigte der Chirurg mittels Messer und Bohrer aus den Gummikorken zwei den Herz-

14 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. 271.

15 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 8. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

16 Übers. B. P., ebd.

17 Siehe Henry H. Dale und Edgar H. J. Schuster, »A Double Perfusion-Pump«, *The Journal of Physiology* 64/4 (1928), S. 356–364.

18 Vgl. Gibbon, »The Gestation and Birth of an Idea«, S. 914f.

klappen nachempfundene Ventile.¹⁹ Das offene Ende des Fingerlings wurde so in den Leitungsabschnitt zwischen den beiden Ventilen gesteckt, dass er eine trichterförmige Ausbuchtung bildete, die in eine luftdichte Kammer hineinragte. Schließlich modifizierte Gibbon Zylinder und Kolben der Luftpumpe und verband sie über einen Gummischlauch mit der luftdichten Kammer zu einem geschlossenen System, dessen Luftdruck – und damit das Pumpvolumen – mithilfe eines Nadelventils eingestellt werden konnten. Angetrieben von einem Elektromotor, dehnten beziehungsweise komprimierten die Kolbenbewegungen nun rhythmisch den Fingerling, der – einer Herzkammer ähnelnd – das Blut durch die jeweiligen Klappenventile hindurch einsaugte beziehungsweise ausstieß.²⁰ Eine solche Blutpumpe sollte nun jeweils auf der arteriellen und zusätzlich auf der venösen Seite des Kreislaufs zum Einsatz kommen, um dem Tier das Blut mit geballter Saugkraft zu entziehen.

Am 24. Januar wagten John und Mary Gibbon einen weiteren Versuch mit der gebastelten Ausrüstung, und zunächst schien alles flüssig zu laufen: »Im Gegensatz zum ersten Versuch, bei dem praktisch kein Blut vom Tier gewonnen werden konnte, ließ sich grob eine Minute lang ungehindert Blut gewinnen«, resümierte der Experimentator vorerst zufrieden.²¹ Doch dann geriet der Blutstrom – der neuen Doppelpumpe zum Trotz – erneut ins Stocken. »Problem könnte liegen an (a) unzureichender Saugkraft, (b) zu starker Saugkraft, (c) Blockierung des Endes der Kan[üle] an Venenwand, (d) unzureichendem Rückfluss von venösem Blut in die Herzregion«, lautete die vorläufige Fehleranalyse.²² Wie sich herausstellte, lag die Ursache in einer Kombination aus (b) und (c): Die abrupten Kolbenbewegungen der venösen Pumpe forcierten die Flüssigkeit in derart druckvollen Schüben durch die Leitungen, dass die Gefäßwand der Vene mitsamt dem Blut angesaugt und blockierend in die verbindende Kanüle getrieben wurde. Außerdem sorgte der nicht minder kraftvolle Ausstoß der Pumpe dafür, dass das venöse Blut mit einem für die Zellbestandteile schädlichen Schäumen und Spitzen in den Oxygenator gepresst wurde.²³ Mit anderen Worten: Der maschinell generierte Blutdruck bewegte sich in physiologisch gänzlich unverträglichen Höhen.

Es galt also ein zweites Mal, die Maschine durch zusätzliche Vorrichtungen an die physiologischen Erfordernisse des Organismus anzupassen. Genauer gesagt, orientierte sich Gibbon bei der Blutdruckregulation im extrakorporalen Kreislauf

19 Vgl. 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. 1110.

20 Vgl. ebd., S. 1107f.; sowie John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 609.

21 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 24. Januar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

22 Übers. B. P., ebd.

23 Vgl. Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1109f.

an einer physiologischen Funktion, zu der er selbst 1932/1933 mit Eugene M. Landis in Philadelphia geforscht hatte, nämlich der Anpassung des Gefäßwiderstandes durch die Weitung und Verengung der Arteriolen.²⁴ Mit Unterstützung seiner Ehefrau brachte Gibbon deshalb zwei Y-Röhren wie abzweigende Arteriolen in spezifischen Leitungsabschnitten an, eine zwischen Kanüle und Einlassventil der venösen Blutpumpe sowie eine zwischen Auslassventil und Oxygenator. Beide Abzweigungen mündeten in Druckkammern, die als elastische Widerstände fungierten.²⁵

Mehrere Februartage verbrachte das Duo damit, die Druckverhältnisse in den Kammern so zu kalibrieren, dass während der verschiedenen Pumpphasen stets ein schwacher Sog beziehungsweise Druck in den jeweiligen Leitungsabschnitten aufrechterhalten blieb.²⁶ Nach dem Vorbild des physiologischen Blutkreislaufs wurde der stoßweise Blutfluss durch diese künstlichen ›Gefäßwiderstände‹ gedämpft und in einen kontinuierlichen Strom mit deutlich niedrigerem Spitzendruck umgewandelt. »Auf diese Weise [...] konnte das gleiche Fördervolumen der venösen Blutpumpe mit ungefähr der halben Blutflussgeschwindigkeit an der Spitze der Venenkanüle erreicht werden«, erklärte der Chirurg und unterstrich: »Diese Verringerung der Fließgeschwindigkeit durch die Venenkanüle verringerte die Tendenz der Venenwand, in die Spitze der Kanüle gesaugt zu werden.«²⁷

Parallel zu diesen Schwierigkeiten auf der venösen Seite genügte auch der arterielle Blutstrom durch die Maschine nicht den physiologischen Bedingungen des Organismus. Einmal abgesaugt und im Oxygenator mit Sauerstoff angereichert, sollte das Blut auch auf physiologisch verträgliche Weise zurück in die Oberschenkelarterie der Katze gepumpt werden. Doch schon beim Basteln eines ersten Riemengetriebes zur Übersetzung elektrischer Motorkraft in Kolbenbewegungen war zu befürchten gewesen, dass die Maschine nicht ohne Weiteres mit dem Herzschlag einer Katze Schritt halten würde. Einmal in Gang gesetzt, zählte Gibbon im Trockenbetrieb die Pumpstöße und notierte: »Pumpgeschwindigkeit ohne Last und bei kaltem Motor ist 68 pro Minute.«²⁸ Für das Funktionieren der Maschine allein war es technisch irrelevant, in welcher Taktfrequenz sich der Kolben hob und senkte. Doch unter physiologischen Gesichtspunkten erschien es Gibbon durchaus angebracht,

24 Der zugrunde liegende Bayliss-Effekt ging zurück auf William M. Bayliss, »On the Local Reactions of the Arterial Wall to Changes of Internal Pressure«, *The Journal of Physiology* 28/3 (1902), S. 220–231; zu Gibbons Studien mit Landis siehe z.B. Eugene M. Landis und John H. Gibbon, »The Effects of Alternate Suction and Pressure on Blood Flow to the Lower Extremities«, *The Journal of Clinical Investigation* 12/5 (1933), S. 925–961.

25 Siehe Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1109f.

26 Vgl. die Versuchsprotokolle vom 8., 11. und 12. Februar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

27 Übers. B. P., Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1109.

28 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 8. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

das Blut mit physiologischem Puls in die Arterien des Tieres zurückzuführen. Allerdings betrug die Herzfrequenz einer narkotisierten Katze nicht 68, sondern ungefähr 150 Schläge pro Minute.²⁹

So tüftelten die beiden Gibbons an einer dritten, synchronisierenden Rückanpassung der Maschine an den Organismus. Da der Elektromotor mit konstanter Drehzahl lief, ließen sich die Pumpbewegungen nur durch Eingriffe in das Getriebe takten. In der Folge montierten sie probenhalber eine Reihe von Riemenscheiben unterschiedlichen Durchmessers an verschiedenen Übersetzungspunkten des Getriebes, um sich sukzessive der Herzfrequenz des Versuchstieres anzunähern. »1½-Zoll-Riemenscheibe am Motor durch eine mit 2¼ Zoll Durchmesser ersetzt, erzeugt Pumprate von 156«, protokollierte Gibbon die Fortschritte.³⁰ Trotz des immer besser synchronisierten Pumptaktes erwiesen sich allerdings – wie schon auf der venösen Seite – die abrupten, druckvollen Schübe, mit denen das Blut in die Arterie der Katze gepresst wurde, als problematisch. Weitere Druckkammern kamen hier nicht infrage, da diese zwar einen kontinuierlichen Blutstrom gewährleistet, aber die mühsam getakteten Pulsationen wieder nivelliert hätten. Stattdessen war bastlerische Materialkunde gefragt: Für den Schlauch, der in die arterielle Kanüle mündete, wählten John und Mary Gibbon schließlich ein Gummimaterial, dessen spezifische Elastizität jener der arteriellen Gefäßwände nahekam. Der herabgesetzte Widerstand der Leitung federte somit die druckvollen Schübe der Pumpe ab und ließ das Blut sanft zurück in das Gefäßsystem der Katze pulsieren.³¹

All diese Beispiele der Rückanpassung der Maschine an den Organismus zeigen deutlich, dass die Wirkmächte im Labor nicht gleichmäßig oder »symmetrisch« auf die involvierten Menschen, Dinge und Tiere verteilt waren. Zwar war die experimentelle Herz-Lungen-Maschine förmlich an den physiologischen Voraussetzungen der Katze gewachsen: Die Umstellung auf eine den beiden Herzhälften entsprechende Doppelpumpe hatte den Umfang des ursprünglichen Pumpmechanismus kurzerhand verdoppelt; zur Synchronisation von Herz- und Pumpfrequenz war ein aufwendiges Getriebe zwischen Motor und Pumpen entstanden; schließlich hatte die Senkung des maschinellen Blutdrucks auf ein physiologisches Niveau die

29 Siehe Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1108 und 1111; Gibbon stützte sich dabei auf Donald R. Hooker, »A Study of the Isolated Kidney – the Influence of Pulse Pressure upon Renal Function«, *American Journal of Physiology* 27/1 (1910), S. 24–44. In späteren Versuchen nach dem Zweiten Weltkrieg gab Gibbon die »pulsatile Perfusion« auf. Die Vor- und Nachteile pulsatiler bzw. nonpulsatiler Perfusionstechniken stellen eine anhaltende Debatte dar, die inzwischen wieder zur pulsatilen Perfusion tendiert; vgl. Nikkole Haines et al., »Clinical Outcomes of Pulsatile and Non-Pulsatile Mode of Perfusion«, *Journal of Extracorporeal Technology* 41/1 (2009), S. P26–P29.

30 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 8. Oktober 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 7.

31 Siehe Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1111f.

Leitungen um mehrere Seitenarme und wuchtige Druckkammern erweitert. Doch letztlich diente all die aufgebotene Hydraulik nicht den Lebensbedürfnissen des Tieres, sondern den Forschungsinteressen der Experimentierenden, die mit der experimentellen Maschine danach trachteten, »ihre Zwecke durch die vermittelnde Tätigkeit von Objekten zu verfolgen«.³² Dem Versuchstier blieb nichts anderes übrig, als sich widerspenstig unter diese Objekte einzureihen.

Aus dieser Asymmetrie heraus gelang es John und Mary Gibbon, die Physiologie des Organismus so weit zu berücksichtigen, dass dieser im Wesentlichen dem mechanistischen Kalkül ihres Versuchsaufbaus entsprechend funktionierte. Trotzdem sollte das Ringen darum, die organismischen Lebensäußerungen in Schach zu halten, weiterhin den Laboralltag bestimmen. Denn vor den feinen Unregelmäßigkeiten des Lebendigen war die Maschine längst nicht gefeit.

4.2 Vital- und Maschinenfunktionen im telegrafischen Schaltkreis

»Um diese Versuche durchzuführen, mussten wir in aller Frühe im Labor sein, da sie oft den ganzen Tag und manchmal bis weit in den Abend hinein dauerten. [...] Zuerst mussten wir die Schreibfläche eines Kymografen beruhen und sie auf dem Operationstisch anbringen. [...] [W]enn der Versuch beendet war, wurde die Katze geopfert und eine Autopsie durchgeführt. Die kymografische Aufzeichnung wurde schellackiert, damit keine Hand und kein Besen einer Reinigungskraft unsere Aufzeichnung verschmieren konnte.«³³

Oberflächlich betrachtet, könnten Mary Gibbons Erinnerungen an den Laboralltag von 1935 den Eindruck erwecken, die Arbeit habe sich ausschließlich um die Produktion von in Fachartikeln verwertbaren »Inskriptionen« gedreht.³⁴ Immerhin markierte die Vor- und Nachbereitung der Kymografie den Anfangs- und Endpunkt eines jeden Versuchstags. Doch die glänzenden Lackoberflächen der kymografischen Aufzeichnungen sollten nicht darüber hinwegtäuschen, dass die in den Ruß kratzenden Schreibhebel in erster Linie die Verlängerungen eines Rückkopplungsme-

32 Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, S. 156. Canguilhem (ebd.) bezeichnet dies nach Hegel als »List der Vernunft«, die der Verwendung von Maschinen prinzipiell innewohnt. In diesem Punkt folgt er Marx, *Das Kapital*, S. 194.

33 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. 85.

34 Eine solche Interpretation der Labortätigkeit entwickeln Latour/Woolgar, *Laboratory Life*, S. 45–53.

chanismus waren, in dem Regelungs- und Nachrichtentechnik konvergierten, rund 13 Jahre bevor Norbert Wiener diese Konvergenz zum Epochenmerkmal stilisierte.³⁵

Das Säugetierherz – so viel war spätestens seit den Perfusionsstudien der Physiologen Otto Frank und Ernest Starling bekannt – stellte ein Organ mit außergewöhnlicher Regulationsfähigkeit dar. Gibbon wusste also, dass der sogenannte Frank-Starling-Mechanismus durch flexible Anpassungen der Herzfrequenz an das Füllungsvolumen der Kammern im Herzen für eine fortwährende Angleichung von Auswurf und Rückstrom sorgte.³⁶ Zugleich musste er, kaum dass im Dezember 1934 die Doppelpumpe installiert worden war, die Unzulänglichkeiten der Maschine gegenüber ihrem physiologischen Vorbild konstatieren. Zwar neigten Schläuche, Glas- und Edelstahlgefäße nicht zur Ödembildung, doch brachten Unregelmäßigkeiten des Blutstroms in der Perfusionsmaschine umso fatalere Komplikationen mit sich: Zum einen drohte ein schnelleres Absaugen als Nachströmen des Blutes auf der venösen Seite des extrakorporalen Kreislaufs einen Unterdruck zu erzeugen, der die Venenwand des Tieres – trotz aller dämpfenden Druckkammern – blockierend in die Kanüle saugte. Zum anderen schwankte der Füllstand des gläsernen Auffangbehälters am unteren Ende des Oxygenators beträchtlich. Staute sich zu viel Blut im Behälter an, blieb das entsprechende Volumen den Adern des Versuchstieres vorenthalten; sank der Flüssigkeitsspiegel hingegen zu weit ab, konnten Luftblasen aus dem Oxygenator in die Schläuche gelangen und schließlich eine Gasembolie verursachen.³⁷

»[A]utomatische Quecksilber-Magnetklemme [...] wäre Antwort auf alle Schwierigkeiten«, notierte Gibbon am 22. Dezember einigermassen kryptisch am Ende eines problemreichen Labortages.³⁸ Was Gibbon zur Beherrschung der Unregelmäßigkeiten ins Auge fasste, war ein Mechanismus, der möglichst sensibel auf Druckschwankungen in den Leitungen reagierte und den Blutstrom bei der Über- bzw. Unterschreitung von Grenzwerten kurzfristig unterbrach, bis sich die Verhältnisse wieder normalisiert hatten. Hinter der ominösen »Quecksilber-Magnetklemme« verbarg sich die unkonventionelle Adaption eines elektrischen Schaltmechanismus,

35 Vgl. Norbert Wiener, *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, übers. von E. H. Serr, Düsseldorf: Econ 1963, S. 74; zur technologischen Vorgeschichte kybernetischer Konzepte siehe auch David A. Mindell, *Between Human and Machine. Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2002.

36 Heinz-Gerd Zimmer weist zudem auf die Franks und Starlings Perfusionsstudien vorausgehenden Arbeiten am Carl Ludwigs Institut hin (siehe Heinz-Gerd Zimmer, »Who Discovered the Frank-Starling Mechanism?«, *Physiology* 17/5 (2002), S. 181–184).

37 Vgl. Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1110f.

38 Übers. B. P., Protokolleintrag vom 22. Dezember 1934, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

der einen in Quecksilber getauchten Draht als Schaltkontakt nutzte, um einen Elektromagneten zum Auf- und Entladen zu bringen.

So unkonventionell Gibbons konkreter Gebrauch dieses Schaltmechanismus auch erscheinen mochte, so geschichtsträchtig war jedoch die Kombination der zugrunde liegenden Bestandteile selbst. In der Tat war der quecksilberbasierte Schaltmechanismus ein historisches Produkt der Erfinderwerkstätten, die im Bereich der elektrischen Technik einen prägenden Teil der nordamerikanischen Industrielandschaften des 19. Jahrhunderts ausmachten.³⁹ Genauer gesagt, war es kein Geringerer als Samuel F. B. Morse, der 100 Jahre vor Gibbon Elektromagnete, Drähte und Quecksilbernäpfe in seinem Atelier verband, um die Stifte seiner prototypischen Telegrafen mittels elektrischer Signale auf Papierrollen schreiben zu lassen. So beschrieb Morse einen seiner ersten telegrafischen Schaltkreise wie folgt:

»Am Ende des Hebels und über den Quecksilbernäpfen war ein gabelförmiger Draht befestigt, der so gebogen war, dass er beide Näpfe verband, wenn das Ende des Hebels heruntergedrückt wurde, und sie trennte, wenn er angehoben wurde. [...] Bei jedem Eintauchen der Gabel in die Näpfe wurde der Stromkreis geschlossen, der Magnet aufgeladen, der Anker am Pendelhebel angezogen und der Stift von der oberen Linie A zur unteren Linie B bewegt. Wenn die Gabel aus den Näpfen gehoben wurde, wurde der Stromkreis unterbrochen, der Magnet entladen, und der Pendelhebel mit seinem Stift kehrte durch die Wirkung der Feder in seine normale Position zurück.«⁴⁰

Bekanntermaßen trug die elektrische Telegrafie als Technik der Raum- und Zeitbeherrschung im Laufe des 19. Jahrhunderts zu einer grundlegenden Umwälzung der Arbeits- und Geschäftswelt bei, indem sie dem kapitalistischen »Zwangsgesetz der Konkurrenz«, wie Marx es nannte, ungeahnte Ausdehnung verschaffte.⁴¹ Doch über die wirtschaftliche Machtkonzentration hinaus entfaltete das technische Repertoire der Telegrafie im Bereich der physiologischen Gesetze zusehends eine Definitionsmacht, die den Organismus in Begriffe eines signalverarbeitenden Telegrafennetzes fasste.⁴²

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

40 Übers. B. P., Samuel F. B. Morse, zitiert nach James D. Reid, *The Telegraph in America and Morse Memorial*, New York: John Polhemus Publishers 1886, S. 58.

41 Karl Marx, *Das Kapital*, S. 337; siehe hierzu auch Richard B. Du Boff, »The Telegraph in Nineteenth-Century America: Technology and Monopoly«, *Comparative Studies in Society and History* 26/4 (1984), S. 571–586, hier: S. 583.

42 Siehe Laura Otis, »The Metaphoric Circuit: Organic and Technological Communication in the Nineteenth Century«, *Journal of the History of Ideas* 63/1 (2002), S. 105–128; sowie Evelyn Fox Keller, *Das Leben neu denken. Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert*, übers. von Inge Leopold, München: Kunstmann 1998, Kap. 3.

Die materielle Grundlage dieses mechanistischen Körperbildes im Gewand der Kommunikationsmetaphern bildete die Tatsache, dass aus der Telegrafie entlehnte Schaltmechanismen besonders in der experimentellen Muskel- und Nervenphysiologie des 19. Jahrhunderts zum Einsatz kamen, um die organismischen Lebensäußerungen auf den Papierrollen des Kymografen und anderer Zeitmesser zum Schreiben zu bringen.⁴³ Neben »trockenen« Schaltmechanismen bestanden dabei solche mit Quecksilbernäpfen als Schaltkontakten fort, insbesondere zum Zweck der Skalierung der abrollenden Schreibflächen, welche man durch alternierende Quecksilberkontakte von Pendeln, Metronomen oder Stimmgabeln mit regelmäßigen Markierungen versah.⁴⁴ Ausgehend von Europa etablierten sich solche Gerätschaften zum gezielten Schließen und Unterbrechen von Stromkreisen nicht zuletzt auch in den Laboren der Harvard Medical School, wo ihre Handhabung bereits um die Jahrhundertwende zum standardmäßigen Lehrbuchwissen zählte.⁴⁵

Gibbons Verwendungsweise von Quecksilbernäpfen, Drähten und Elektromagneten jedoch war in keiner Studienlektüre zu finden. Denn in seiner extrakorporalen Kreislaufapparatur forcierte der Schaltmechanismus keine Stifte auf Schreibflächen, sondern Riegel auf Blutleitungen. Auf der venösen Seite montierten Gibbon und seine Laborpartnerin zunächst ein senkrechtes T-Rohr im Leitungsabschnitt zwischen der kanülierten Vene und dem Einlassventil der Blutpumpe. Bei regulärem Betrieb des Pumpkreislaufs stieg in diesem T-Rohr eine Blutsäule auf, deren leichte Schwankungen den Zeiger eines integrierten Membranmanometers auf und ab schwingen ließen. Kam es jedoch infolge von Unregelmäßigkeiten des Blutstroms zu einem Ansaugen der Gefäßwand, so fiel aufgrund der Blockade die Blutsäule mit- samt dem Manometerzeiger ab. Dies war der Moment, in dem die »Quecksilber-Magnetklemme« zuschnappte: Ein am Zeiger befestigter Draht senkte sich wie bei Morses Telegrafen in den Quecksilbernapf, und der somit geschlossene Stromkreis aktivierte den Elektromagneten. Die magnetische Anziehungskraft presste daraufhin einen Riegel auf den Gummischlauch der Blutleitung.⁴⁶ »Bei unterbrochener Saugwirkung fiel die Venenwand von der Kanülenspitze ab«, beschrieb Gibbon die

43 Besonders prominente und ausgefeilte Anwendung erhielt eine quecksilberbasierte Schaltung in Hermann von Helmholtz' Versuchen zur Chronometrie der Nervenleitgeschwindigkeit; vgl. Henning Schmidgen, *Die Helmholtz-Kurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit*, Berlin: Merve Verlag 2009, S. 83.

44 Vgl. Oskar Langendorff, *Physiologische Graphik. Ein Leitfaden der in der Physiologie gebräuchlichen Registrirmethoden*, Leipzig: Deuticke 1891, S. 122–124, 136–138.

45 Vgl. Merrile Borell, »Instruments and Independent Physiology: The Harvard Physiological Laboratory, 1871–1906«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 293–321.

46 Vgl. Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1110.

Wirkungsweise des Rückkopplungsmechanismus. »Blut würde wieder in die Kanüle fließen [...], wodurch der Hebel (O) angehoben, der Stromkreis unterbrochen und der Saugwirkung erlaubt würde, wieder zu beginnen.«⁴⁷

Nach dem gleichen Grundprinzip regelten John und Mary Gibbon auf der arteriellen Kreislaufseite auch die Schwankungen des Füllstands im gläsernen Auffangbehälter am unteren Ende des Oxygenators. Einem Blutstau wirkten die beiden entgegen, indem sie die arterielle Blutpumpe schlicht mit höherem Fördervolumen arbeiten ließen als ihr venöses Gegenstück, sodass der Füllstand im Auffangbehälter stets zum Absinken tendierte. Den Rest erledigte eine zweite »Quecksilber-Magnetklemme« im Leitungsabschnitt zwischen Auffangbehälter und Blutpumpe: Entzog die arterielle Pumpe dem Behälter übermäßig viel Blut, so tauchte wiederum ein Manometerzeiger seinen Draht ins Quecksilber, bevor Luftblasen in die Schläuche gelangen konnten. Die elektromagnetische Klemme sperrte die Blutleitung dadurch ab, bis sich wieder genügend rote Flüssigkeit am unteren Ende des Oxygenators angesammelt hatte. So fasste Gibbon schließlich zusammen: »Die Kombination aus dem Betreiben der arteriellen Blutpumpe mit größerem Volumenstrom und der ständigen Überprüfung durch die Magnetklemme hielt den Füllstand des Blutes im Becher im Schwankungsbereich von 1 cm.«⁴⁸

So begegneten John und Mary Gibbon den Unregelmäßigkeiten des Lebendigen mit einem Rückkopplungsmechanismus, der in Form von Quecksilbernäpfen, Drähten und elektromagnetischen Klemmen eine telegrafisch inspirierte Version des Frank-Starling-Mechanismus ins Werk setzte. Sie funktionierten Nachrichtentechnik zu Regelungstechnik um und steuerten ihr mechanisches Pumpsystem so aus, dass sich Auswurf und Rückstrom automatisch anglichen wie bei einem physiologischen Herzen. Dieser Rückkopplungsmechanismus war das letzte Puzzleteil auf dem Weg zu einer zwar provisorischen, aber dem eigentlichen Ziel des Versuchs dienlichen Perfusionsapparatur.

Erst als die Unregelmäßigkeiten des Blutstroms unter Kontrolle gebracht waren, konnte sich im Frühjahr 1935 die von Mary Gibbon eingangs beschriebene Laborroutine unter regelmäßigem Einsatz des Kymografen etablieren.⁴⁹ Täglich schloss das Laborduo eine Katze an die Perfusionsapparatur an. Dann komprimierten John und Mary Gibbon – wie schon bei ihren Kreislaufstudien von 1930/1931 – die Lungenarterie stufenweise mithilfe der schraubstockförmigen Präzisionsklemme, um den Zustand einer Trendelenburg-Operation zu simulieren.

47 Übers. B. P., ebd.

48 Übers. B. P., ebd., S. 1111.

49 Die Versuchsprotokolle belegen klar, dass sich diese Routine erst ab Januar 1935 – also nach der ersten Implementierung einer »Quecksilber-Magnetklemme« im Dezember 1934 – unter fortlaufenden Nachjustierungen der Maschine etablierte, siehe John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6 und 7.

Währenddessen brachte der Kymograf mehrere Parameter in miteinander vergleichbaren Kurvenformen zur Darstellung: Über ein in die Halsschlagader eingebundenes Quecksilbermanometer wurde der Blutdruck aufgezeichnet, ein Seidenfaden am Brustkorb des Versuchstieres setzte Atembewegungen in Schreibbewegungen um und ein weiterer, an einem Blasebalg befestigter Schreibhebel kratzte Spuren in den Ruß, die Aufschluss über den Leitungsdruck auf der venösen Seite des extrakorporalen Kreislaufs gaben.⁵⁰ »Das Aufzeichnen«, erklärte Gibbon letzteren Vorgang, »wurde lediglich als Indikator dafür verwendet, ob der Fluss durch den künstlichen Kreislauf in einem bestimmten Moment zu- oder abnahm.«⁵¹ Alles in allem bannte der Kymograf also Vital- und Maschinenfunktionen, an denen das Leben des Versuchstieres gleichermaßen hing, unterschiedslos in ein Bild.

Latour begreift »die Bilder«, die solche Kurvenschreiber hervorbringen, als

»das Endergebnis eines langen Prozesses im Labor [...]. Während wir sehen, wie das Diagrammpapier langsam aus dem Physiografen auftaucht, verstehen wir, dass wir am Knotenpunkt zweier Welten sind: einer Papierwelt, die wir gerade verlassen haben, und einer der Instrumente, die wir gerade betreten. Ein Hybrid wird an der Schnittstelle produziert: ein Rohbild für die spätere Verwendung in einem Artikel, das aus einem Instrument hervorgeht.«⁵²

Doch um die Rolle der Kymografie in Gibbons Versuchen näher zu begreifen, gilt es, den Blick über das unter Schellack versiegelte »Endergebnis« hinaus zu richten. Denn als Gibbon im Versuchsverlauf die kurvenförmigen Spuren auf der sich abrollenden Schreibfläche des Kymografen entstehen sah, träumte er längst nicht von abgebildeten Fachartikeln, sondern war ganz auf die Bedienung seiner provisorischen Herz-Lungen-Maschine konzentriert.

Tatsächlich fungierte die Kymografie nämlich über die Ergebnissicherung hinaus im Sinne einer Echtzeitüberwachung der Vital- und Maschinenfunktionen, die es erlaubte, die automatische Regelungsfunktion der »Quecksilber-Magnetklemme« um manuelle Interventionen zu ergänzen. Beispielsweise lieferten die Kurven des tierischen Blutdrucks und des maschinellen Leitungsdrucks in der Zusammenschau Hinweise darauf, ob sich die Blutzirkulation zwischen Organismus und Maschine weit genug stabilisiert hatte, um mit der Kompression der Lungenarterie voranzuschreiten, oder ob die Förderrate der Blutpumpen nachjustiert werden musste.⁵³ Hierbei ergänzten sich die Kymografie und die elektromagnetische Klemme, deren Zuschnappen ebenfalls visuelle Anhaltspunkte für die manuelle Kontrolle

50 Vgl. Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1111 und 1113f.

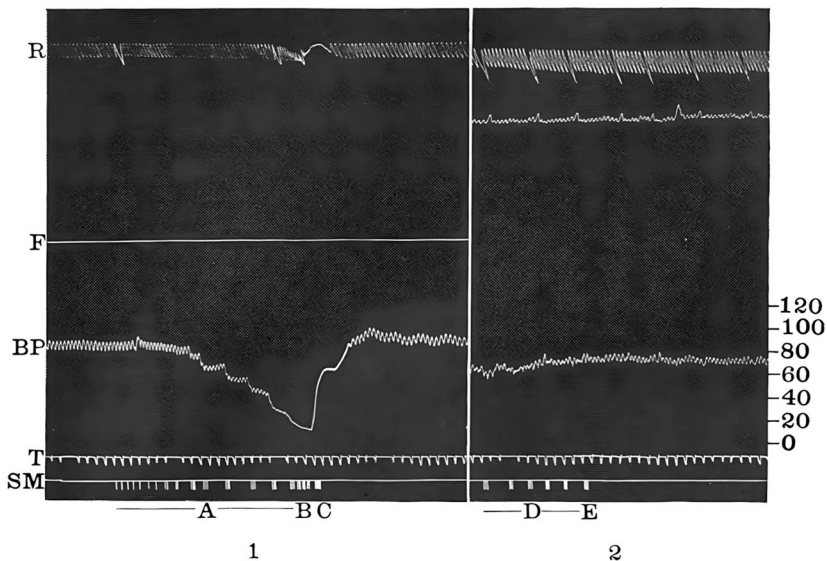
51 Ebd., S. 1111.

52 Übers. B. P., Latour, *Science in Action*, S. 65.

53 Siehe z.B. das Versuchsprotokoll vom 25. Februar 1935, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 6.

lieferte: »Es verhinderte einen plötzlichen, kompletten und relativ permanenten Verschluss der Kanüle durch die Venenwand; und es war auch ein Indikator dafür, wie schnell Blut aus der oberen Hohlvene entzogen werden konnte.«⁵⁴

Abb. 6: Kymografische Aufzeichnungen von zwei vergleichenden Versuchen aus dem Jahr 1935. R: Atembewegungen; F: Leitungsdruck; BP: Blutdruck in der Halsschlagader (mmHg); T: Zeitmarken im 5-Sekunden-Abstand; SM: Signalmarkierungen. Der erste Bereich stellt die Parameter ohne maschinelle Unterstützung dar: Zeitspanne A–B: Beginn der sukzessiven Kompression der Lungenarterie bis zum vollständigen Verschluss; C: Freigeben der Lungenarterie. Der zweite Bereich stellt denselben Vorgang bei maschineller Übernahme der kardiopulmonalen Funktionen dar: Zeitspanne D–E: Letzte Kompressionsstufen bis zum vollständigen Verschluss der Lungenarterie.



Quelle: 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. 1117.

Die Kymografie, die elektromagnetischen Klemmen und die manuellen Eingriffe bildeten im Prozess der Versuchsdurchführung keinen Knotenpunkt zwischen einer Papierwelt und einer technischen Welt. Sie fungierten vielmehr als Teil einer experimentalchirurgischen Laborwelt, die in erster Linie eine Welt beherrschender Kontrolle war. Dementsprechend erschöpfte sich die Rolle der Kymografie eben

54 Übers. B. P., Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1110.

nicht in der »literarischen Produktion« von »wissenschaftlichem Kapital« in Papierform, sondern stellte sich als Verlängerung der auf das Versuchstier applizierten Regelungstechnik dar. Nur durch die vorausgehende Beherrschung der Lebensäußerungen des Versuchstieres konnte es nachträglich gelingen, eine kymografische Aufzeichnung in den Händen zu halten, in der die Blutdruckkurven – anders als bei früheren Versuchen ohne die provisorische Herz-Lungen-Maschine – *nicht* steil nach unten ausschlugen, sondern sich trotz der Gefäßabklemmung auf einem gleichmäßigen Niveau hielten (siehe Abb. 6). Der erste Nachweis, dass es tatsächlich möglich war, die kardiopulmonalen Funktionen einer Katze unter vollständiger Abklemmung der Lungenarterie für »fünfzehn Minuten und mehr« (in Einzelfällen bis zu zwei Stunden) aufrechtzuerhalten, war damit erbracht.⁵⁵

Noch Jahrzehnte später sollte Gibbon in Erinnerungen an diesen Erfolgsmoment in seinem kleinen Versuchsraum an der Harvard Medical School schwelgen:

»Ich werde nie den Tag vergessen, an dem wir in der Lage waren, die Klemme bis zum vollständigen Verschluss der Lungenarterie nach unten zu schrauben, mit dem extrakorporalen Blutkreislauf in Betrieb und mit keiner Veränderung im Blutdruck des Tieres. Meine Frau und ich fielen einander in die Arme, tanzten lachend durch das Laboratorium und riefen ›Hurra!!‹.«⁵⁶

Die perfundierten Katzen dagegen waren im Anschluss an ein gelungenes Perfusionsverfahren höchstens noch wenige Stunden überlebensfähig, bis sie ihrem Leid erlagen oder schlicht der Autopsie geopfert wurden. »Der letzte Atemzug wurde zwei Stunden und einundfünfzig Minuten nach dem vollständigen Verschluss der Lungenarterie genommen«, berichtete Gibbon über eines der langlebigeren Exemplare.⁵⁷

Die kymografischen Abbildungen mögen mit ihrer vereinheitlichenden Darstellung von Vital- und Maschinenfunktionen den Eindruck einer symmetrisch verteilten Handlungsmacht erwecken, exkludieren aus diesem Bild jedoch diejenigen, für deren Zwecke die Maschine ursprünglich arrangiert worden ist.⁵⁸ Symmetrisch waren Katze und Labordinge höchstens in ihrer Unterordnung unter das herrschende Experimentalprinzip von John und Mary Gibbon. Die *Asymmetrie* des Experiments ließe sich jedenfalls in keinem passenderen als jenem Bild zusammenfassen, in dem die einen Freudentänze vollführen und die andere ein ohnmächtiges Dasein als todgeweihtes Maschinenanhängsel fristet.

55 Übers. B. P., ebd., S. 1128.

56 Übers. B. P., Gibbon, »The Gestation and Birth of an Idea«, S. 915.

57 Übers. B. P., Gibbon, »Artificial Maintenance of Circulation«, S. 1119.

58 Genau darin liegt die Tücke eines jeden Versuchs, aus den Experimentalbedingungen des Labors eine verallgemeinerte Ontologie für Politik und Gesellschaft abzuleiten.

II Übergangsstadium: Philadelphia 1936–1941

5 Das chirurgische Experiment im Wandel der technischen Elemente

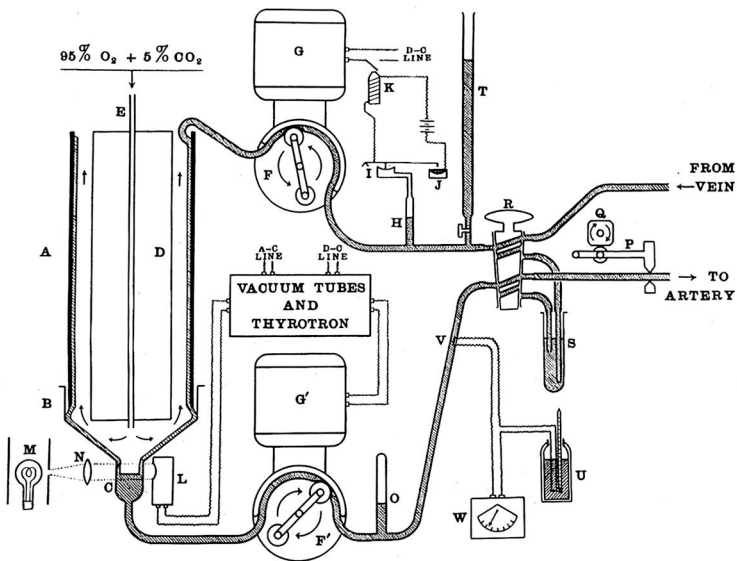
»Es gibt mehrere Merkmale der Apparatur und der Methode, die verbessert werden könnten«, gestand Gibbon in seinem Fachartikel über die 1935 an der Harvard Medical School angestellten Versuche.¹ Zwar hatte die provisorische Herz-Lungen-Maschine genügt, um nachzuweisen, dass sich die kardiopulmonalen Funktionen 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: Bürette; 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 records. (incl. re »Venesection in Massive Pulmonary Embolism«, by Gibbon, Shillitoe 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.

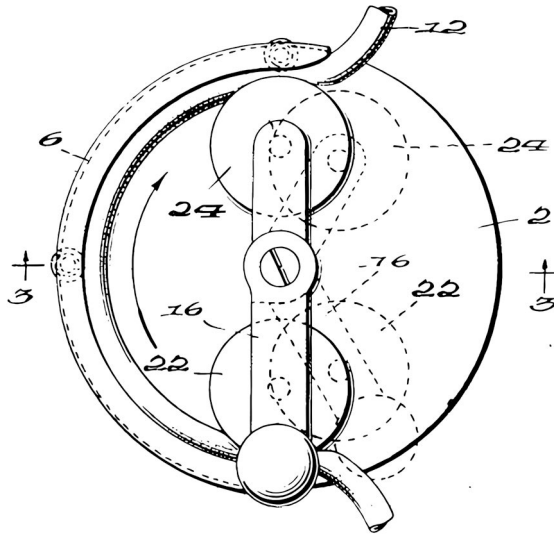
19 So ist in einem Bericht des Harrison Department von 1939 im Rückblick auf Gibbons Versuche zu lesen: »Der neue Apparat, den er entwickelt hat und der in unserem Physiology Machine Shop gebaut wurde, ist, glaube ich, der effizienteste seiner Art, der derzeit verfügbar ist« (übers. B. P., »Reports of 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 vermarktetten.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 Quecksilbernappf, 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 Quecksilbernappf, 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.

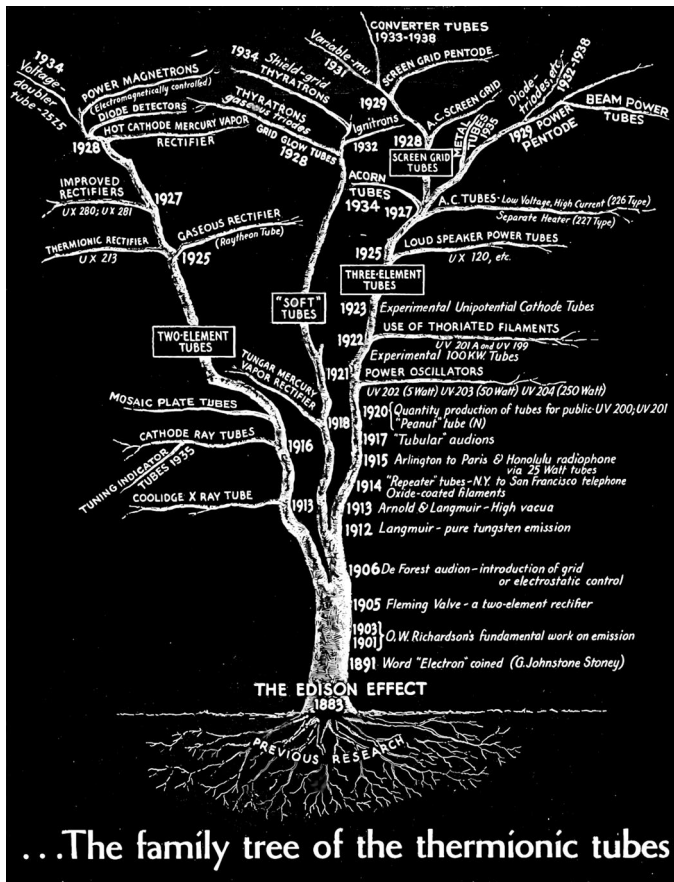
45 Vgl. Simondon, *Die Existenzweise technischer Objekte*, S. 26–32.

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 variierende 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.

6 Überleben in der Laborumgebung: Technik, Norm und Pathologie

Mit neuen Rollerpumpen, elektronischer Regelungstechnik und seinem bewährten Oxygenator ausgestattet, machte sich Gibbon 1938 daran, die in Boston begonnenen Perfusionsversuche unter sterilen Bedingungen zu wiederholen. Überhaupt spielte der technische Charakter der Laborumgebung neuerdings eine größere Rolle, da die Versuchstiere nach Abschluss des Perfusionsvorgangs nicht wie früher umgehend der Autopsie geopfert werden sollten. War das erklärte Ziel der ersten Versuche noch die temporäre Aufrechterhaltung der Blutzirkulation unter Abklemmung der Lungenarterie gewesen, so betitelte Gibbon das neue Unterfangen nun schon wesentlich forschender als »Aufrechterhaltung des Lebens«.¹ Konkret verbarg sich hinter dieser Reformulierung die Absicht, das Überleben der perfundierten Katzen über die Kopplung an die Herz-Lungen-Maschine hinaus sicherzustellen, oder in Gibbons Worten: »die anschließende Wiederherstellung des eigenen Kreislaufs der Tiere und das Überleben dieser Tiere in einem gesunden Zustand«.²

Doch darüber, was gesundes Überleben in einer technisierten Umgebung bedeutet, lässt sich philosophisch trefflich streiten. Zumindest gilt dies, solange man nicht dem relational-performativen Technizismus anheimfällt, der in der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung um sich greift. Wie ein Informationsprozessor definiert dieses Denken »jede Entität nur durch ihre Relationen. Wenn sich die Relationen ändern, ändert sich auch die Definition«, so Latour.³ Da-

-
- 1 Übers. B. P., 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.
 - 2 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Section II. Artificial Heart-Lung-Machines. Chairman's Address«, *Transactions of the American Society for Artificial Internal Organs* 1 (1955), S. 58–62, hier: S. 59.
 - 3 Bruno Latour, »Haben auch Objekte eine Geschichte? Ein Zusammentreffen von Pasteur und Whitehead in einem Milchsäurebad«, übers. von Gustav Roßler, in: ders., *Der Berliner Schlüßel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*, Berlin: Akademie Verlag 1996, S. 87–112, hier: S. 106. Genau eine solche Relationslehre entwickelte Hayek mit seiner marktideologisch inspirierten Kognitionstheorie, deren Absicht es war, »alle Ereignisklassen ausschließ-

mit löst sich zum einen jeder Rest an subjektiver Qualität, die in Gesundheitsfragen bedeutsam sein könnte, in umweltlich »durch Maschinen verteilte Fragmente von Intelligenz, auf Körper verteilte Maschinenfragmente« auf.⁴ Zum anderen unterschlägt die Fokussierung auf die Performativität relational definierter Relata *in situ* die Möglichkeit einer Definitionsmacht *ex situ*, die Körper und Maschinen nach ihr beliebigen Normen in Beziehung zueinander setzt.⁵

Eine solche normative Qualität der technisch vermittelten Beziehung des Organismus zu seiner Umgebung ist Dreh- und Angelpunkt des organologischen Denkens von Marx und Canguilhem. Nicht »wertneutrale« Verbindungen stehen dabei im Vordergrund dieser Beziehung, sondern die Möglichkeiten und Hindernisse willentlicher Bezugnahmen des Lebendigen auf seine Umgebung. Bloßes Überleben, darin sind sich Marx und Canguilhem einig, stellt demzufolge das genaue Gegenteil eines gesunden Zustandes dar: Ein Lebewesen, das sich den Umgebungsbedingungen zum reinen Selbsterhalt fügen muss, anstatt sie selbstbestimmt nach eigenen Normen mitzugestalten, fristet eine entfremdete beziehungsweise pathologische Existenz.

Für Marx erscheint die »Lebenstätigkeit« des Menschen natürlicherweise als »Gegenstand seines Wollens und seines Bewußtseins«, während sie lediglich im Entfremdungszustand auf ein bloßes »Mittel zur [...] Erhaltung der physischen Existenz« reduziert wird.⁶ Der paradigmatische Ort der Entfremdung ist im marx-schen Werk das industrielle Fabrikssystem, das den Lohnarbeitenden »als Autorität des Kapitalisten [...], als Macht eines fremden Willens« gegenübertritt, »systema-

lich durch ihre Beziehungen untereinander und ohne Bezug auf ihre sensorischen Eigenschaften zu definieren« (Friedrich A. von Hayek, »Die sensorische Ordnung. Eine Untersuchung der Grundlagen der theoretischen Psychologie«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. B 5, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2006, S. 167. Zum Kontext dieses Werkes siehe auch Orit Halpern, »The Future Will Not Be Calculated: Neural Nets, Neoliberalism, and Reactionary Politics«, *Critical Inquiry* 48/2 (2022), S. 334–359; sowie Matteo Pasquinelli, *The Eye of the Master. A Social History of Artificial Intelligence*, London: Verso 2023, Kap. 8).

- 4 Bruno Latour, »Sozialtheorie und die Erforschung computerisierter Arbeitsumgebungen«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 529–543, hier: S. 540.
- 5 Zur Ideologiekritik des Performativitätsideals in der Wissenschafts- und Technikforschung siehe auch Philip Mirowski und Edward Nik-Khah, »Markets Made Flesh. Performativity, and a Problem in Science Studies, Augmented with Consideration of the FCC Auctions«, in: Donald MacKenzie, Fabian Muniesa und Lucia Siu (Hg.), *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton: Princeton University Press 2008, S. 190–224.
- 6 Karl Marx, »Ökonomisch-philosophische Manuskripte aus dem Jahre 1844«, in: *Marx-Engels-Werke*, Bd. 40: *Schriften, Manuskripte, Briefe bis 1844. Erster Teil*, Berlin: Dietz 1968, S. 465–588, hier: S. 516 [Herv. i. O.].

tischen Raub an den Lebensbedingungen« begeht und ihnen »gesundheitswidrige Umstände« aufzwingt.⁷

Parallel dazu definiert Canguilhem den medizinischen Begriff des Pathologischen ebenfalls im Sinne einer repressiv erlebten Umweltbeziehung. »Der gesunde Organismus«, unterstreicht der Philosoph und Mediziner, »strebt weniger danach, sich in seinem aktuellen Zustand und seiner gegebenen Umwelt zu erhalten; er strebt nach Verwirklichung seines Wesens.«⁸ Doch ähnlich wie das Fabrikssystem verkörpert das lebenswissenschaftliche Laborexperiment mit seinen »Geräte[n] und Stoffe[n]«, die das Lebewesen »als ungewohnte Welt umgeben«, eine Reduktion des Organismus auf seine rein »funktionellen Normen«.⁹ »Dieser experimentell und objektiv hergestellte Bezug zwischen dem Lebendigen und dem Milieu«, schlussfolgert Canguilhem an anderer Stelle, »ist von allen möglichen Beziehungen diejenige mit dem geringsten biologischen Sinn, es ist ein pathologischer Bezug.«¹⁰

In Vertiefung der Überlegungen zu den Asymmetrien des Experiments (Kapitel 4) beleuchten die folgenden beiden Abschnitte Gibbons Versuchsaufbau als eine gesundheitswidrige Umgebung, welche die Versuchstiere sowohl technisch als auch normativ in pathologische Verhältnisse zwang.¹¹ Der erste Abschnitt befasst sich mit der Umwelt- und Industriegeschichte anästhesiologisch adaptierter Atemgeräte, die nicht nur in Gibbons Labor eine zugleich lebensrettende und repressiv einsetzbare Technik darstellten. Der zweite Abschnitt untersucht am Beispiel der Einführung quantitativer Blutgasanalysen die reduktionistischen Normen des Experiments, mit denen Gibbon Organismus und Maschine in der Laborumgebung miteinander in Beziehung setzte.

6.1 Irrespirable und anästhetische Atmosphären

Es musste nicht gleich eine *Reise zum Mittelpunkt der Erde, Von der Erde zum Mond* oder an Orte 20.000 Meilen unter dem Meer sein, wie sie die Protagonist*innen in Jules

-
- 7 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. 351 bzw. S. 449f.
 - 8 Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 210.
 - 9 Ebd., S. 154 bzw. S. 149 [Herv. i. O.].
 - 10 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 265.
 - 11 Das Kapitel bildet damit das machtanalytische Gegenstück zu Henning Schmidgens epistemologisch gelagerter Untersuchung menschlicher Proband*innen unter Gesichtspunkten des Normalen und Pathologischen; siehe Henning Schmidgen, *Hirn und Zeit. Die Geschichte eines Experiments 1800–1950*, Berlin: Matthes & Seitz 2014, Kap. 4.

Vernes berühmten Science-Fiction-Romanen unternehmen. Dennoch waren Menschen bis in die 1930er-Jahre in beachtliche Höhen und Tiefen vorgedrungen, sei es in die dünne Luft des Hochgebirges, die toxischen Gase unterirdischer Minen oder die Wassermassen von Seen und Meeren. Was diese verschiedenartigen Vorstöße in für Menschen lebensfeindliche Umwelten verband, war ein sowohl physiologischer als auch technologischer Diskurs um das Atmen in »irrespirablen Atmosphären«.¹² Am fiktiven Beispiel einer bemannten Mondkapsel hatte Jules Verne schon 1865 – lange vor der Konjunktur der Cyborg-Literatur – kenntnisreich das involvierte Kernproblem umrissen, »daß in einem umschlossenen Raum nach einer gewissen Zeit aller Sauerstoff der Luft durch Kohlensäure ersetzt wird, ein wesentlich schädlicher Stoff. Die Aufgabe bestand also damals darin: 1) Den verzehrten Sauerstoff zu ersetzen; 2) die ausgeathmete Kohlensäure zu vernichten.«¹³

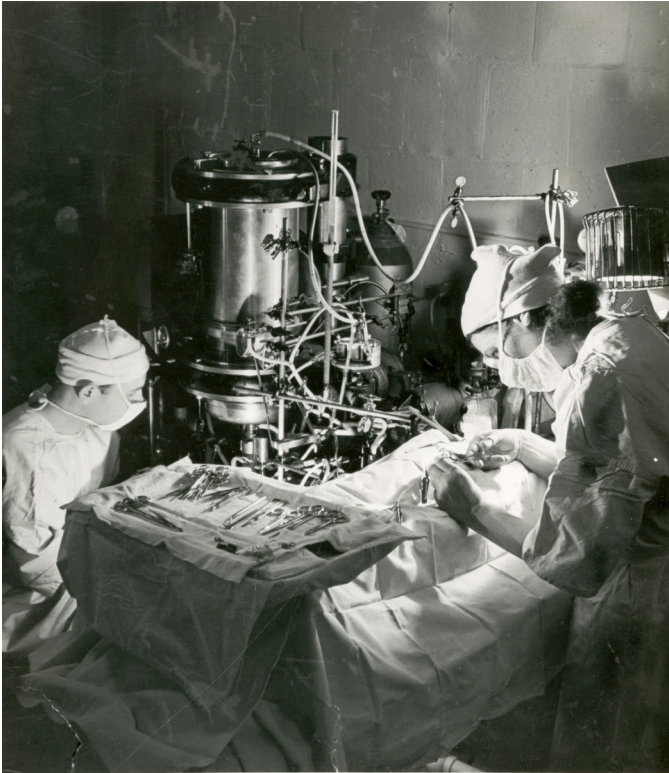
Fernab solch literarischer Expeditionen konfrontierten John und Mary Gibbon 1938 reihenweise Versuchstiere mit der handfesten Wirklichkeit der überarbeiteten Herz-Lungen-Maschine (siehe Abb. 10). Doch den perfundierten Katzen schien das Atmen in der fremdbestimmten und sterilen maschinellen Umgebung, die ihnen buchstäblich auf den Leib rückte, ähnlich schwerzufallen wie in Hochgebirgen, Bergwerksstollen oder unter Wasser. Obwohl die Katzen die Zeitspanne der Abklemmung der Lungenarterie recht zuverlässig überlebten, lasen sich die postoperativen Verlaufsprotokolle verheerend. »Atemzüge 52 – flach. Pupillen mittlere Größe und gleich. Beide Lidschlussreflexe vorhanden, aber träge«, notierte Gibbon beispielsweise am 8. März eine knappe Stunde nach der Abkopplung des Versuchstieres vom extrakorporalen Kreislauf. Weitere eineinhalb Stunden später verschlechterte sich der Zustand dramatisch: »Atemzüge hechelnd (140 pro Minute). [...] Pfoten kalt«. Nach der Marke von »3½-stündigem Überleben eines 10-min. Verschl[usses]« hieß es lediglich noch: »Pupillen erweitert – sieht schlecht aus. – Atemzüge 66«. Kurz darauf blieb nur eines festzuhalten: »Katze tot.«¹⁴

12 Siehe z.B. H. F. Bulman und Frederick P. Mills, *Mine Rescue Work and Organization*, London: Lockwood 1921; Yandell Henderson, *Adventures in Respiration. Modes of Asphyxiation and Methods of Resuscitation*, Baltimore: Williams & Wilkins 1938; sowie Robert H. Davis, *Breathing in Irrespirable Atmospheres and, in Some Cases, Also Under Water*, London: The Saint Catherine Press 1948.

13 Jules Verne, *Von der Erde zum Mond*, Hamburg: Impian 2018, S. 186; zur literarischen Imagination von Druckkabinen siehe auch Alexander von Lünen, *Under Waves, Above the Clouds. A History of the Pressure Suit*, Dissertationsschrift: Technische Universität Darmstadt 2010, S. 10–13.

14 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 8. März 1938, John H. Gibbon Papers. 1930–1981. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; MS C313, Series III: Artificial Circulation, 1934–1947: Box 2, Folder 10: Experiment Series S #1-12, Artificial Circulation, 1938.

Abb. 10: Ein großer Oxygenator, Rollerpumpen und Schläuche kennzeichnen die Laborumgebung, in der John (l.) und Mary Gibbon (r.) einer verhüllten Katze auf den Leib rücken.



Quelle: Thomas Jefferson University Archives, Philadelphia.

Die existenzielle Verschränkung der Katze mit dem sie umgebenden Versuchsaufbau mochte ein faszinierendes Beispiel für die performative Emergenz von Relata aus ihren Relationen abgeben, doch in Canguilhem's Sinne war diese Beziehung eindeutig pathologisch. Zum Zweck der langfristigen Überlebensfähigkeit war es entscheidend, einen fließenden Übergang zwischen natürlicher Atemtätigkeit und maschineller Übernahme der kardiopulmonalen Funktionen zu gewährleisten. Andernfalls drohte das Tier wie im geschilderten Fall – und unabhängig von der Leistungsfähigkeit des Oxygenators – ein schwerwiegendes Sauerstoffdefizit davonzutragen.¹⁵ Die bloße Existenz der perfundierten Katzen hing dabei in einem solchen Maße von Rollerpumpen, Elektronenröhren und Schleudertrommel ab,

15 Siehe Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 608.

dass selbst kleinste eigenständige Bewegungen tödliche Folgen haben konnten. Buchstäblich ohnmächtig waren die Tiere der sie beherrschenden Laborumgebung ausgeliefert. »Es war notwendig, eine gleichmäßige Narkosetiefe aufrechtzuerhalten«, unterstrich Gibbon, »da jegliche Bewegung seitens des Tieres geneigt war, eine Unterbrechung des Blutflusses durch den Kreislauf herbeizuführen.«¹⁶

Bei weiteren Versuchen in den folgenden Tagen und Wochen verdichteten sich die Anzeichen, dass ausgerechnet das Narkoseverfahren maßgeblichen Anteil an den postoperativen Atemproblemen hatte. »Katze in ordentlicher Verfassung, aber 2½ Stunden nach Anhalten des künstlichen Kreislaufs noch nicht aus der Narkose heraus. Tod trat über Nacht ein«, notierte Gibbon und begann angesichts der langen Narkosenachwirkungen Verdacht zu schöpfen.¹⁷ Die letzten Zweifel zerstreuten sich schließlich in der darauffolgenden Woche mit dem schier katastrophalen Erholungsverlauf einer aus der Vollnarkose erwachten Katze: »Postoperativer Verlauf war von Würgen und Erbrechen geprägt. Narkose mit resultierender chemischer Peritonitis zweifellos eine begleitende Todesursache.«¹⁸

Offensichtlich hatte Gibbon unterschätzt, wie schwerwiegend die Nebenwirkungen des verwendeten Anästhetikums ausgerechnet die Atemtätigkeit beeinträchtigten. Das den Katzen intravenös injizierte Präparat lief unter dem Markennamen Nembutal und zählte zu einer Reihe neuer Wirkstoffe aus der Gruppe der Barbiturate, die in den 1930er-Jahren verbreitete klinische Anwendung fanden.¹⁹ Erst später, insbesondere bei der Verwundetenversorgung nach dem japanischen Überraschungsangriff auf Pearl Harbor 1941, sollte die intravenöse Barbituratnarkose in Verruf geraten, eine so schwerwiegende Atemdepression hervorzurufen, dass ein behandelnder Militärarzt sie zynisch als »ideale Methode der Sterbehilfe« bezeichnete.²⁰

Um ihren Versuchstieren nicht weiterhin ungewollt »Sterbehilfe« zu leisten, reduzierten John und Mary Gibbon die Dosis des Barbiturats von Versuch zu Versuch und stellten schließlich gänzlich auf eine Endotrachealnarkose mit Ätherdampf um.²¹ Zunächst wandten sie eine sogenannte halbgeschlossene Verabreichungsmethode an, bei der das Narkosegas über eine Maske in die intubierte Luftröhre

16 Übers. B. P., ebd., S. 610.

17 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 10. März 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 10.

18 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 16. März 1938, ebd.

19 Siehe Francisco López-Muñoz, Ronaldo Ucha-Udabe und Cecilio Alamo, »The History of Barbiturates a Century After Their Clinical Introduction«, *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 1/4 (2005), S. 329–343, hier: S. 333 und 337.

20 Übers. B. P., F. J. Halford, »A Critique of Intravenous Anesthesia in War Surgery«, *Anesthesiology* 4/1 (1943), S. 67–69, hier: S. 69.

21 Vgl. die Versuchsprotokolle vom 16. bis zum 22. März 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 10.

eingeatmet wurde und die ausgeatmete Luft durch ein Ventil in die äußere Atmosphäre entwich. Obwohl inhalierter Ätherdampf tatsächlich eine wesentlich schonendere Narkosewirkung entfaltete als Barbituratinjektionen, handelten sich John und Mary Gibbon die bekannten Nachteile der speziellen Verabreichungsmethode ein – Nachteile, die beim Experimentieren mit der Herz-Lungen-Maschine umso schwerer wogen. Zum einen lag es in der Natur halbgeschlossener Methoden, dass überschüssiges Narkosegas verschwenderisch und – in Anbetracht der funktionserschlagenden Elektromotoren der Herz-Lungen-Maschine – potenziell explosiv in die Laborumgebung entwich. Zum anderen stand es dem angestrebten Ziel einer möglichst physiologischen Atemtätigkeit entgegen, dass es unter der Maske leicht zu einer Restansammlung und folglich einer Rückatmung von abgeatmetem Kohlenstoffdioxid kommen konnte.²²

»Zu erledigen: geschlossenes O₂-Äther-Narkosegerät mit CO₂-Absorption aufbauen«, notierte Gibbon am Ende eines letzten komplikationsreichen Versuchs mit dem halbgeschlossenen Narkoseverfahren.²³ Die neu anvisierte Verabreichungsmethode fiel unter die »geschlossenen« Varianten und konzentrierte die mit Narkosegas versetzte Atmosphäre auf einen Atemkreislauf, der hermetisch von der Umgebung abgekapselt war. Wie in Jules Vernes fiktiver Mondkapsel wurde die Atemluft, die zwischen einem Beutel und der Lunge zirkulierte, fortwährend durch den Zufluss frischen Sauerstoffs und die Absorption von Kohlenstoffdioxid mittels granulierten Atemkalks (Calciumhydroxid und Natriumhydroxid) aufbereitet.²⁴

Mit seiner Abkapselung zur Aufrechterhaltung der physiologischen Atemtätigkeit trug dieses Kreislaufatemgerät noch immer die Züge der eigentümlichen Umweltbeziehung, aus der es ursprünglich hervorgegangen war. Denn lange bevor Anästhesist*innen sie mit Narkosegas füllten, hatten Physiologen und Ingenieure derartige Geräte zum Atemwegsschutz bei der Erschließung hochgefährlicher Industrielandschaften entwickelt. So bewahrten Kreislaufatemgeräte seit dem späten 19. Jahrhundert vor allem Berufstaucher und Bergleute vor den erstickenden Wassermassen überfluteter Eisenbahntunnel beziehungsweise den toxischen Gasen unterirdischer Minen.

-
- 22 Zum Verfahren und zu den Nachteilen »halbgeschlossener« Verabreichungsmethoden vgl. Noel A. Gillespie, *Die Endotrachealnarkose*, übers. von Klaus Mangel, Hannover-Kirchrode: Oppermann 1953, S. 115f., 125–127; John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 612; zur Explosionsgefahr im Labor bzw. Operationsraum siehe weiterführend Kap. 8.3 der vorliegenden Arbeit.
- 23 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 28. April 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 11: Experiment Series S #13–21, Artificial Circulation, 1938.
- 24 Vgl. Ralph M. Waters, »Clinical Scope and Utility of Carbon Dioxid Filtration in Inhalation Anesthesia«, *Current Researches in Anesthesia & Analgesia* 3/1 (1924), S. 20–22, 26; sowie Gillespie, *Die Endotrachealnarkose*, S. 127f.

Anlässlich eines Grubenunglücks nahe des belgischen Dorfes Élouges vertiefte sich zuerst der deutsche Physiologieprofessor Theodor Schwann an der Universität Lüttich ab 1853 in das Entwerfen von Atemgeräten für das Überleben in der toxischen Atmosphäre unter Tage.²⁵ Schwanns Überlegungen stützten sich auf das – später ebenfalls von Jules Verne zitierte – klassische Gaswechselexperiment von Victor Regnault und Jules Reiset, wonach Versuchstiere durch Zuführen von Sauerstoff und Absorption von abgeatmetem Kohlenstoffdioxid unter einer geschlossenen Glocke überleben konnten.²⁶ Die schließlich auf der Pariser Weltausstellung von 1878 präsentierten Versionen des schwannschen Atemgeräts basierten – abgesehen von der Durchströmung mit Äther, Lachgas oder Chloroform – bereits auf den gleichen Grundprinzipien wie die späteren Narkoseapparate. Sie bestanden im Wesentlichen aus einer luftdicht abgeschlossenen Gesichtsmaske, deren Mundstück über Schläuche mit einem über dem Bauch hängenden Atembeutel sowie einer als Rucksack getragenen Kombination aus zwei Sauerstoffflaschen und einem Absorptionskanister in Verbindung stand. Durch Ventile ließ sich die fortwährend mit Sauerstoff und Atemkalk aufbereitete Luft aus dem Beutel ein- und ausatmen.²⁷

Während Schwanns Kreislaufatemgeräte Ausstellungsstücke blieben, trug der britische Ingenieur Henry A. Fleuss wenig später zur verbreiteten Anwendung dergleichen bei. Mit einem selbst gebauten Modell stieg er 1879 publikumswirksam in einen Wassertank der Londoner Royal Polytechnic Institution hinab, verweilte dort eine Stunde und tauchte zur Faszination des anwesenden Arztes und Physiologen Benjamin W. Richardson bei bester Gesundheit wieder auf.²⁸ In den darauffolgenden Jahren stellte das fleussche Kreislaufatemgerät seine vielseitige Praxistauglichkeit aufseherregend bei Konstruktionsarbeiten am überfluteten Severn-Tunnel sowie mehreren Minenrettungsmissionen unter Beweis, woraufhin nach der Jahrhundertwende die britische Firma Siebe Gorman sowie die Lübecker Dräger-Werke die Serienproduktion aufnahmen.²⁹ Das norddeutsche Unterneh-

25 Vgl. Richard Foregger, »Respiratory Apparatus of Theodore Schwann«, *Anesthesiology* 27 (1966), S. 187–194, hier: S. 187.

26 Siehe Victor Regnault und Jules Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes*, Paris: Bachelier 1849; Verweise auf dieses Experiment finden sich in Theodor Schwann, »Note sur deux appareils permettant de vivre dans un milieu irrespirable«, *Revue Universelle des Mines* 7/2 (1880), S. 601–609, hier: S. 605; sowie Verne, *Von der Erde zum Mond*, S. 185f.

27 Vgl. Schwann, »Note sur deux appareils«, S. 601–604.

28 Vgl. Richard Foregger, »Development of Mine Rescue and Underwater Breathing Apparatus: Appliances of Henry Fleuss«, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* XXIX/3 (1974), S. 317–330, hier: S. 318–320.

29 Vgl. Thomas A. Walker, *The Severn Tunnel: Its Construction and Difficulties*. 1872–1887, London: R. Bentley & Son 1888, S. 49f.; Foregger, »Development of Mine Rescue and Underwater Breathing Apparatus«, S. 326–329; sowie Foregger, »Respiratory Apparatus of Theodore Schwann«, S. 192f.

men transferierte die Geräte in den 1900er-Jahren nicht nur in die Vereinigten Staaten, wo sie zur Expansion des Kupferbergbaus im Zuge der Elektrifizierung beitrugen, sondern fertigten dem Kasseler Chirurgen Franz Kuhn auch ein (letztlich nicht praxistaugliches) Modell für anästhesiologische Versuche, das den »modernen Rettungsapparate[n]« direkt entlehnt war.³⁰

Aufbauend auf der umwelt- und industriegeschichtlichen Rolle des Kreislaufattemgeräts lag es an nachfolgenden Experimentator*innen die über Jahrzehnte in irrespirablen Atmosphären erprobte Technik weiter an die spezifischen Erfordernisse der »anästhetischen Atmosphären« in Labor und Operationsraum anzupassen.³¹ Nicht umsonst hielt Gibbon die klinische Einführung des Kreislaufattemsystems zu Narkosezwecken, wie sie Ralph M. Waters 1924 vorschlug, für einen Meilenstein der US-amerikanischen Chirurgiegeschichte.³² Waters vereinfachte den Apparat und minimierte entscheidend den »toten Raum« innerhalb des geschlossenen Systems, um die zirkulierende Luft gleichmäßig mit dem Atemkalk in Kontakt zu bringen.³³ So stand Gibbon und seiner Partnerin 1938 ein Verfahren zur Verfügung, das zwar technisch aufwendiger als die Barbiturat- oder die halbgeschlossene Äthernarkose sein mochte, jedoch ohne Gasaustritt und Kohlenstoffdioxid-Akkumulation »eine einem normal Schlafenden ähnelnde Atemamplitude« sicherstellte.³⁴

Trotzdem musste das Duo einmal mehr feststellen, dass sich das Verfahren im Falle ihrer Perfusionsversuche komplizierter gestaltete als gewöhnlich. »Ich war die Anästhesistin bei diesen Versuchen«, schilderte Mary Gibbon,

»und ich kann mich erinnern, alarmiert und erstaunt gesehen zu haben, wie die Narkose der Katze gefährlich abflachte und sich das Tier sogar auf dem Tisch bewegte, während ich mehr und mehr Äther in die Trachealkanüle leitete. Wir brauchten etwa eine Minute, um zu begreifen, dass die Lunge zwar mit Ätherdampf gesättigt war, aber nichts davon das Gehirn erreichte, weil durch das

-
- 30 Franz Kuhn, »Die perorale Intubation mit und ohne Druck. III. Teil. Apparat zur Lieferung des Druckes für die Überdrucknarkose«, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 81 (1906); siehe auch Gillespie, *Die Endotrachealnarkose*, S. 15; zur Belieferung US-amerikanischer Bergbauunternehmen durch die Dräger-Werke vgl. Timothy J. LeCain, *Mass Destruction. The Men and Giant Mines that Wired America and Scarred the Planet*, New Brunswick, NJ: Rutgers University Press 2009, S. 45.
 - 31 Von »anaesthetic atmospheres« sprach explizit Ralph M. Waters, »Carbon Dioxide Absorption from Anaesthetic Atmospheres«, *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 30/1 (1936), S. 11–22, hier: S. 11.
 - 32 Vgl. S. 13 des Vortragsmanuskripts in John H. Gibbon Papers, Series VII: Writings, 1959–1970: Box 6, Folder 14: The Development of Surgical Research in the U.S., 1959.
 - 33 Vgl. Waters, »Carbon Dioxide Absorption«, S. 17f.; sowie Gillespie, *Die Endotrachealnarkose*, S. 15.
 - 34 Gillespie, *Die Endotrachealnarkose*, S. 116.

fortschreitende Verschließen der Klemme immer weniger Blut durch das eigene Herz und die eigene Lunge des Tieres zirkulierte.«³⁵

Um der Übertragung des Lungenkreislaufs von den tierischen auf die maschinellen Organe im Laufe eines Versuchs Rechnung zu tragen, war zur Aufrechterhaltung der Narkose also einiges Fingerspitzengefühl gefragt. Sobald sich die Klemme um die Lungenarterie zu schließen begann, musste der Strom des Narkosegases rechtzeitig in die Schleudertrommel des Oxygenators umgeleitet werden. Umgekehrt galt es bei der Freigabe des Gefäßes, rechtzeitig wieder eine anästhetische Atmosphäre im Atembeutel des Kreislaufatemgeräts herzustellen.³⁶ Auf diese Weise gelang es der Anästhesistin, eine reibungslose Fortsetzung der Atemtätigkeit im postoperativen Stadium zu gewährleisten und endlich das relativ unbeschadete Erwachen eines Versuchstieres aus der Narkose zu Protokoll zu geben: »Katze aus Äther heraus und miaut.«³⁷

Sowohl in irrespirablen als auch in anästhetischen Atmosphären gewährte das geschlossene Kreislaufatemgerät also das Überleben trotz widriger Umgebungsbedingungen. Doch der Blick über die lokalen Performanzen hinaus offenbart hier wie dort eine Ambivalenz der Technik hinsichtlich einer in Canguilhem's Sinne gesunden, das heißt selbstbestimmten Gestaltung der eigenen Lebensbedingungen. Zum unrühmlichen Teil der Geschichte des Kreislaufatemgeräts in irrespirablen Atmosphären gehörten nämlich auch Minenbetreiber, die aus sicherer Warte fernab der Einsatzgebiete die technischen Möglichkeiten ausnutzten, um ihren Bergleuten noch prekärere Arbeitsbedingungen aufzuzwingen, die Abbauarbeiten auf hochgefährliche Minenabschnitte auszuweiten und sogar im Katastrophenfall umgeben von toxischen Rauchschwaden fortsetzen zu lassen.³⁸ Analog dazu rettete das mit Ätherdampf durchströmte Kreislaufatemgerät Gibbons Versuchstiere über die experimentellen Eingriffe in anästhetischer Atmosphäre hinweg. Doch dieses Überleben war ein buchstäblich ohnmächtiges Existieren, pathologisch festgelegt auf äußere Zwangsbedingungen, denen sich keines der Lebewesen jemals freiwillig ausgesetzt hätte.

Gibbons experimenteller Gestaltungsspielraum hingegen erweiterte sich mithilfe des geschlossenen Narkoseapparats entscheidend in Richtung des anvisier-

35 Übers. B. P., Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers, Series II: Heart-Lung Machine, 1951–1968: Box 2, Folder 3: Memories of the Early Development of the Heart-Lung Machine, Mary Gibbon, 1970.

36 Siehe John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 242.

37 Übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 25. Mai 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 11.

38 Vgl. LeCain, *Mass Destruction*, S. 46f.

ten Ziels: des Nachweises der Überlebensfähigkeit im Anschluss an die maschinelle Übernahme kardiopulmonaler Funktionen. Schon auf der nächsten Tagung der American Association of Thoracic Surgery, die 1939 in Los Angeles stattfand, sah sich Gibbon in der Lage, einen spektakulären Bericht von seiner erfolgreichen Versuchsreihe abzulegen. Dabei krönte er seinen Vortrag mit der Mitteilung, dass eine der mit abgeklemmter Lungenarterie perfundierten Katzen ein knappes Jahr später noch immer am Leben und inzwischen Mutter junger Kätzchen geworden sei.³⁹ Sogar die Anwendung einer Herz-Lungen-Maschine am Menschen stellte Gibbon in Aussicht:

»Soweit uns bekannt ist, stellt dies den ersten Bericht über den erfolgreichen temporären Ersatz der Herz- und Lungenfunktionen eines Tieres durch einen vollständig mechanischen Apparat dar, auf den ein langfristiges Überleben des Tieres gefolgt ist. Es besteht die Hoffnung, dass die Methode letztendlich in einem solchen Ausmaß perfektioniert werden kann, dass sie sicher am Menschen eingesetzt werden darf. Die Schwierigkeiten scheinen im Hinblick auf eine solche Anwendung nicht unüberwindbar zu sein.«⁴⁰

Die Wortmeldungen zu dieser selbst in Kreisen der experimentellen Chirurgie außergewöhnlichen Neuigkeit waren gering in der Zahl, doch gewichtig, was das internationale Ansehen der Kommentatoren betraf. Einhellig attestierten sie Gibbons experimenteller Herz-Lungen-Maschine potenzielle Einsatzmöglichkeiten weit über das ursprüngliche Problem der Trendelenburg-Operation hinaus. Der Schwede Clarence Crafoord, selbst ein ausgewiesener Experte auf dem Gebiet der Thorax- und Gefäßchirurgie, schwärmte: »Diese Methode verspricht eine Erweiterung des gesamten Feldes der Thoraxchirurgie.«⁴¹ Der zweite Kommentator, Leo Eloesser aus San Francisco, schwang sich gar zu großen literarischen Vergleichen auf: Gibbons Arbeit erinnere ihn an die nie für möglich gehaltenen und später doch verwirklichten Visionen Jules Vernes.⁴² Womöglich ahnte er gar nicht, wie nahe die anästhesiologischen Einzelteile von Gibbons Versuchsaufbau den literarischen Expeditionen in irrespirable Atmosphären tatsächlich kamen.

39 Vgl. Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 612.

40 Übers. B. P., ebd.

41 Übers. B. P., Clarence Crafoord, zitiert nach »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.

42 Vgl. Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 128.

6.2 Das neue gasometrische Normal

»Diese Katzen erscheinen in jeder Hinsicht normal und zeigen keine neurologischen Veränderungen oder Abnormalitäten im Verhalten«, befand Gibbon des Weiteren auf der Tagung der American Association of Thoracic Surgery von 1939.⁴³ Zugleich wusste er und verschwieg nicht, dass sich längst nicht alle Versuchstiere an diesen »normalen« Vorzeigexemplaren messen ließen. Trotz der hochgelobten Erfolgsfälle war das experimentelle Verfahren nach wie vor mit einem hohen Sterberisiko behaftet und ging keineswegs spurlos an den Versuchstieren vorbei. Aus unklaren Kausalzusammenhängen heraus gingen rund zwei Drittel der Katzen, welche die Ganzkörperperfusion zunächst überlebt und sich von der Narkose erholt hatten, in den Folgetagen oder -wochen zugrunde.⁴⁴ Offensichtlich war es an der Zeit, die normative Bemessungsgrundlage dessen, was als wiederhergestellter »Normalzustand« galt, auf den Prüfstand zu stellen oder, anders gesagt, ein neues Normal zu etablieren.

Die mit technischen Mitteln eingeschränkten Existenzbedingungen der Laborumgebung fanden ihr normatives Korrelat in der Tatsache, dass sich das Überleben der Versuchstiere nicht an ihrem subjektiven Wohlergehen, sondern an Gibbons reduktionistischer Unterscheidung zwischen dem Normalen und dem Pathologischen bemaß. Bezeichnenderweise beschränkten sich die vonseiten des Experimentators angelegten Normen auf nichts als die basalsten Lebenskennzeichen. So testeten John und Mary Gibbon die perfundierten Katzen auf ihr Bewegungsverhalten im Käfig, die Reizbarkeit anhand des Pupillenreflexes, den Stoffwechsel in Form des respiratorischen Gasaustauschs und stellten in einem glücklichen Einzelfall die Fortpflanzungs- beziehungsweise Gebärfähigkeit zur Schau.⁴⁵

Doch so wie laut Marx bestimmte Arbeitsumgebungen eigene Krankheitsbilder hervorbrachten, zum Beispiel »die Mundsperr[e] [...] als eigentümliche Krankheit der Zündholzmacher«,⁴⁶ so schien auch die Laborexistenz mittels Herz-Lungen-Maschine ihre charakteristischen Syndrome zu produzieren. Wenig überraschend erwies sich unter den genannten Lebenskennzeichen dasjenige des Stoffwechsels, genauer gesagt des Gaswechsels, einmal mehr als das problematischste. Zwar hatte

43 Übers. B. P., Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 612.

44 Vgl. ebd., S. 611f.

45 »Tier in Käfig auf Heizmatte gelegt. Bewegt Kopf und Vorderpfoten. Niesen. Scheint nun eher zu schlafen – keine Bewegung. Gliedmaßen schlaff – Augenreflex vorhanden«, protokollierte Mary Gibbon z. B. am 17. März 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 10. Zum Einzelfall der Katze, die Junge zur Welt brachte, siehe wie bereits oben Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 612. Nähere Ausführungen zum Stoff- bzw. Gaswechsel finden sich nachfolgend.

46 Marx, *Das Kapital*, S. 261.

Gibbon mithilfe des Kreislaufatemgeräts bereits auf ein atmungsschonendes Nar-koseverfahren umgestellt, doch konnte diese Maßnahme nur retten, was zu retten war. Auch die beste postoperative Pflege vermochte es nicht zu kompensieren, wenn das Blut auf seinem Weg durch die Schleudertrommel des Oxygenators zu wenig Sauerstoff aufnahm. »Das Blut, das in die Aorta des Tieres zurückfloss, war häufig nicht hellrot«, gestand Gibbon. »Daher ist es wahrscheinlich, dass über die gesamte Zeitspanne des Verschlusses der Lungenarterie hinweg stets ein gewisser Grad an Anoxämie und Anoxie im Gewebe des Tieres vorlag.«⁴⁷

Dass Gibbon seine Diagnose einer mangelnden Sauerstoffsättigung mit dem Verweis auf die Farbintensität des Blutes untermalte, war keineswegs der Dramaturgie des Vortrags geschuldet. In den Versuchsreihen von 1938 hatte tatsächlich lediglich ein Spektrum von Farbtönen, die das Blut nach Durchlaufen des Oxygenators annahm, zur normativen Unterscheidung von normalen und pathologischen Blutbildern gedient. Im Einzelnen beurteilte Gibbon die Sauerstoffsättigung anhand von vagen Protokollvermerken, die ohne einheitliche Systematik von »durchweg sehr blau« und »sehr, *sehr* blass gefärbt« über Zwischentöne wie »mäßig rot« bis hin zu »recht gutes Rot« und »sehr gutes Rot« reichten.⁴⁸

Dabei mochte die Blutfarbe von Katzen in freier Wildbahn eine biologische Normativität, den Sauerstoffbedarf des Organismus, widerspiegeln. Doch die Bedürfnisse der Versuchstiere, geschweige denn ihre Gefühle, spielten in Gibbons Experiment keine Rolle. Die »emotionale Wende« in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts, in welcher die Experimentalphysiologie das Bild des Modellorganismus als Maschine zunehmend infrage stellte, ging an der experimentellen Chirurgie spurlos vorüber.⁴⁹ Vielmehr fungierte der Farbton des Katzenblutes in der chirurgischen Laborumgebung als eine technische Norm, die das Tier in den Augen der Experimentierenden zum bloßen Indikator für die Leistungsfähigkeit der eigentlichen Maschine herabsetzte: »Wir beurteilten die *Leistung des Oxygenators* anhand der Farbe des Blutes, das von ihm in die Arterie der Katze zurückfloss – wir hatten zu diesem Zeitpunkt weder die Fertigkeit noch die Zeit für Sauerstoffbestimmungen.«⁵⁰

Dementsprechend nahm Gibbon das anoxämische Erscheinungsbild der Katzen auch keineswegs zum Anlass, die reduktionistischen Normen, die das Überleben der

47 Übers. B. P., Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 610.

48 Übers. B. P., Versuchsprotokolle vom 26. Mai, 15. März, 31. Mai, 17. Juni und 6. Juli 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Box 2, Folder 10–13 [Herv. i. O.].

49 Zur »emotionalen Wende« siehe Otniel E. Dror, »Affekte des Experiments. Die emotionale Wende in der angloamerikanischen Physiologie (1900–1940)«, übers. von Burkhardt Wolf, in: Henning Schmidgen, Peter Geimer und Sven Dierig (Hg.), *Kultur im Experiment*, Berlin: Kadmos 2004, S. 338–372.

50 Übers. B. P., Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers, Series II: Box 2, Folder 3 [Herv. B. P.].

Tiere zum Effizienzkriterium des Oxygenators degradierten, grundsätzlich infrage zu stellen – er entschied sich für das Gegenteil. Als technische Norm betrachtet, legte die oft schwächliche Rotfärbung des Blutes den Verdacht nahe, dass der in der Schleudertrommel erzeugte Oberflächenfilm von 2300 Quadratzentimetern im Verhältnis zum zirkulierenden Volumen zu klein sein könnte, um den Gasaustausch mit der sauerstoffreichen Atmosphäre adäquat anzuregen.⁵¹ Die Feststellung, dass sich der Perfusionsvorgang auf Katzen von größerem Körpergewicht und Blutvolumen ungleich desaströser auswirkte, nährte diesen Verdacht zusätzlich, obgleich er sich allein anhand der Farbnuancen kaum näher beziffern ließ.⁵² Folglich entschied sich Gibbon für einen noch tiefgreifenderen Reduktionismus mit Methoden der klinischen Chemie, wofür er eigens einen studentischen Assistenten engagierte. »Sowohl Charles Kraul als auch J[ohn] lernten, Sauerstoffbestimmungen nach der Van-Slyke-Methode durchzuführen (ich hütete mich, diese zeitaufwendige und exakte Technik jemals zu meistern)«, resümierte Mary Gibbon, »und wir arbeiteten nun beharrlich an der Verbesserung der Oxygenierungsverfahren.«⁵³

Tatsächlich hätte der Namensgeber besagter Blutgasanalysemethode, Donald D. Van Slyke, für Gibbons Spekulationen auf Basis von Farbtönen wohl nur ungläubiges Kopfschütteln übriggehabt. Als prominenter Vertreter einer neuen Generation US-amerikanischer Biochemiker, die ihre Disziplin ab den 1910er-Jahren zunehmend im Kontext der Klinik institutionalisierten, verfolgte Van Slyke mit seiner Arbeit am New Yorker Rockefeller Hospital explizit die Reduktion von Krankheitsbildern, insbesondere von Stoffwechselstörungen, auf blutchemische Veränderungen.⁵⁴ Geprägt durch die Zusammenarbeit mit praktizierenden Ärzten, lag das Augenmerk des Biochemikers dabei auf der Entwicklung von quantitativen Analysemethoden, die in klinischer Routineanwendung eindeutige Unterscheidungen zwischen normalen und pathologischen Blutbildern liefern sollten.⁵⁵ Auch wenn der chemische Reduktionismus in der zeitgenössischen Physiologie durchaus auf Kritik stieß, setzten Van Slykes Analysemethoden, nicht zuletzt mit dem breit

51 Vgl. Gibbon, »The Maintenance of Life«, S. 610f.

52 So schlussfolgerte Gibbon etwa unter der Notiz »Blut durchweg sehr blau« bei einem postoperativ tödlichen Verlauf: »Katze zu groß (3,6 kg.) für einen Oxygenator unseres Ausmaßes« (übers. B. P., Versuchsprotokoll vom 26. Mai 1938, John H. Gibbon Papers, Series III: Artificial Circulation, 1934–1947: Box 2, Folder 11).

53 Übers. B. P., Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers, Series II: Box 2, Folder 3.

54 Siehe Olga Amsterdamska, »Chemistry in the Clinic: The Research Career of Donald Dexter Van Slyke«, in: Soraya Chadarevian und Harmke Kamminga (Hg.), *Molecularizing Biology and Medicine. New Practices and Alliances, 1910s–1970s*, Amsterdam: Harwood Academic Publishers 1998, S. 44–77; sowie allgemeiner Robert E. Kohler, *From Medical Chemistry to Biochemistry. The Making of a Biomedical Discipline*, Cambridge: Cambridge University Press 1982, Kap. 9.

55 Vgl. Amsterdamska, »Chemistry in the Clinic«, S. 51.

rezipierten Standardwerk *Quantitative Clinical Chemistry* von 1932, buchstäblich neue Maßstäbe.⁵⁶

Mit dem Einzug von Van Slykes Analyseinstrumentarium in Gibbons Laborumgebung hatten sich Maschine und Organismus also an einem neuen geometrischen Normal zu messen. Van Slykes seit den 1920er-Jahren kommerziell vertriebener, aber leicht nachzubauender Analyseapparat bestand im Wesentlichen aus einer Extraktionskammer, in welcher der Sauerstoffanteil einer Blutprobe durch die Zugabe eines Reagens freigesetzt wurde. Mithilfe eines Manometers ließen sich zunächst ein Messwert für den Gesamtdruck des Stoffgemisches sowie nach der Abführung des freigesetzten Gases ein Messwert für den Partialdruck der verbliebenen Bestandteile registrieren. Die Differenz der beiden Messwerte ergab schließlich den Partialdruck des Sauerstoffs, auf dessen Grundlage sich Kennzahlen wie die Sauerstoffsättigung der Blutprobe berechnen ließen.⁵⁷ Kurzum, Gibbon entschied fortan anhand von Manometerskala und mathematischen Ableitungen, also anhand quantitativer Daten, ob eine Blutprobe als normal oder pathologisch zu klassifizieren war.

Um die Effizienz seines Oxygenators gasometrisch zu beziffern, ließ Gibbon – ähnlich wie schon bei den frühen Testläufen des Pumpsystems von 1934 – zunächst venöses Lammb Blut von einem Schlachthof durch die Schleudertrommel fließen. Bei unterschiedlichen Rotationsgeschwindigkeiten und Förderraten entnahm der Chirurg jeweils vor und nach dem Durchlaufen des Oxygenators Proben und unterzog sie der Blutgasanalyse nach Van Slyke. Das chemische Testverfahren erfasste präzise, was sich anhand der Blutfarbe allenfalls erraten ließ: Die final erreichte Sauerstoffsättigung variierte stark in Abhängigkeit von den maschinellen Einstellungen und lag nur in wenigen Fällen in dem für normal befundenen Bereich oberhalb von 90 Prozent.⁵⁸ »Der Apparat«, schloss Gibbon, »war nicht imstande, Sauerstoff

56 Siehe John P. Peters und Donald D. Van Slyke, *Quantitative Clinical Chemistry*, Bd. 2: Methods, Baltimore: Williams & Wilkins 1932. Die Kritik kam insbesondere von den ebenfalls an Blutgasen forschenden Physiologen Yandell Henderson und John Scott Haldane, die sich mit ihrer Kritik in die Tradition des Organizismus bzw. Claude Bernards Konzept des »milieu intérieur« stellten (vgl. Amsterdamska, »Chemistry in the Clinic«, S. 58). Es bedarf kaum der Erwähnung, dass auch Canguilhem's Philosophie diesem chemischen Reduktionismus diametral entgegenstand.

57 Vgl. Donald D. Van Slyke und J. M. Neill, »The Determination of Gases in Blood and Other Solutions by Vacuum extraction and Manometric Measurement. I«, *The Journal of Biological Chemistry* 61 (1924), S. 523–543; sowie zur Geschichte des Apparates Olga Amsterdamska und Anne Löhnberg, »Van Slyke Gasometric Apparatus«, in: Robert Bud und Deborah Jean Warner (Hg.), *Instruments of Science. An Historical Encyclopedia*, New York: Garland 1998, S. 641–642.

58 Zu diesen Blutgasanalysen vgl. John H. Gibbon Jr., »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 24 (1939), S. 1192–1198, hier: S. 1196f. In wenig später erfolgten Studien ordneten Gibbon und Kraul alle Blutproben, deren Analy-

schnell genug für die experimentellen Zwecke, für die er entwickelt wurde, zuzuführen.«⁵⁹

Umgehend beauftragte Gibbon den Bau einer umfangreicheren Schleudertrommel, die einen fast doppelt so großen Oberflächenfilm von 4000 Quadratzentimetern zu erzeugen vermochte. Um die Auswirkungen des vergrößerten Oberflächenfilms auf die Sauerstoffsättigung des Blutes zu prüfen, schlossen die Experimentierenden nun weitere Katzen und – zum Test größerer Blutvolumina – vereinzelt auch Hunde an die experimentelle Herz-Lungen-Maschine an. Zusammen mit dem studentischen Assistenten Kraul entnahm Gibbon bei diesen Perfusionsversuchen jeweils venöse und arterielle Blutproben aus der zuführenden Leitung beziehungsweise aus dem Auffangbehälter des Oxygenators und unterzog auch sie vergleichenden Blutgasanalysen. Tatsächlich schlug sich der vergrößerte Oberflächenfilm auch bei höheren Förderraten fast durchweg in »normalen« Blutgaswerten nieder: »Bei bis zu 300 c.c. pro Minute wird das Blut, das den Oxygenator verlässt, adäquat mit Sauerstoff gesättigt sein, selbst bei ausgeprägter venöser Untersättigung; und bei Flussraten von bis zu 450 c.c. pro Minute, wenn die venöse Untersättigung innerhalb des Normalbereichs liegt.«⁶⁰

Mit den Methoden der klinischen Chemie reduzierte der Chirurg also das Überleben seiner Versuchstiere auf quantitative Blutgaswerte und brachte anoxämische Krankheitserscheinungen in einen Kausalzusammenhang mit der Sauerstoffexposition des erzeugten Oberflächenfilms. Die Geschichte der Einführung dieser normativen Bemessungsgrundlage verdeutlicht, dass kaum etwas an der gasometrischen Normierung der einst undefinierten Pathologie aus den intrinsischen Performanzen zwischen Organismus und Maschine selbst entsprang. Die vermeintlich wertneutrale Beschreibung in relational-performativen Begriffen – die letztlich technische Funktionsbegriffe des gegenseitigen Austauschs und Verhaltens darstellen – läuft Gefahr, sich implizit die reduktionistischen Normen der Experimentierenden oder, in anderen Kontexten, der jeweilig Machtausübenden zu eigen zu machen.⁶¹ »Der Schlüssel liegt darin«, verallgemeinert Latour unverhohlen, »den Ak-

sen Sauerstoffsättigungen zwischen 92 und 99 Prozent ergaben, als »adäquat mit Sauerstoff gesättigt« ein (übers. B. P., John H. Gibbon Jr. und Charles W. Kraul, »An Efficient Oxygenator for Blood«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 26/11 (1941), S. 1803–1809, hier: S. 1806).

59 Übers. B. P., ebd., S. 1803.

60 Übers. B. P., ebd., S. 1808.

61 Die eindringlichen Warnungen davor, historiografisch den Eigendarstellungen der Forschenden zu folgen, verstricken sich damit in Widersprüche, z.B. bei Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986, S. 44; sowie bei Andrew Pickering, *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*, Chicago: University of Chicago Press 1984, S. 3–8.

teur durch sein Verhalten zu definieren, wenn er Versuchen im Labor unterworfen wird – durch seine Performanzen.«⁶²

Im Gegensatz dazu lässt sich aus organologischer Perspektive deutlich erkennen, dass »[d]ie unter Laborbedingungen untersuchten *funktionellen Normen des Lebewesens* [...] nur Sinn im Rahmen der *operativen Normen des Wissenschaftlers* [haben]«. ⁶³ Tatsächlich war Gibbons neues gasometrisches Normal weder neutraler Maßstab noch performatives Produkt der Beziehung zwischen Organismus und Maschine, sondern eine äußerlich angelegte Norm, an der sich diese Beziehung in der Laborumgebung auszurichten hatte. Als vitale Norm des Organismus hätte der Sauerstoffmangel zweifellos die Flucht aus der gesundheitswidrigen Umgebung bedeutet. Als technische Norm vonseiten der Experimentierenden jedoch richtete das gasometrische Normal das chirurgische Experiment unter Beibehaltung der pathologischen Umweltbeziehung kategorisch auf technologische Kompensationen derselben aus: Der Weg zu Operationen am offenen menschlichen Herzen – das führten die Blutgaswerte Gibbons klarer vor Augen als jedes Blutrot – würde über weitere Effizienzsteigerungen des Oxygenators führen.

Trotz dieser klaren Richtlinie sollten die nächsten »Performanzen« unterworfener Tiere auf sich warten lassen. Denn Schleudertrommeln und blutige Oberflächenfilme traten angesichts der jüngsten Weltereignisse, welche die Grausamkeit des Laborexperiments in den Schatten stellten, schnell in den Hintergrund. Der über Europa heraufziehende Krieg überschattete zusehends das chirurgische Forschungsinteresse, und die Gibbons wandten sich verstärkt politischen Aktivitäten zu. Der Eintritt der Vereinigten Staaten in den Zweiten Weltkrieg, in dem sich der inzwischen vierfache Familienvater zur allseitigen Überraschung freiwillig als Militärarzt verpflichtete, bedeutete für das Projekt der Herz-Lungen-Maschine eine drastische Zäsur.⁶⁴

62 Bruno Latour, *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2002, S. 372.

63 Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, S. 149 [Herv. i. O.].

64 Siehe Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers, Series II: Box 2, Folder 3; sowie Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 129–147.

III Abschlussstadium: Philadelphia/Endicott 1946-1953

7 Der Mythos des freien Forschungswettbewerbs

»Und nun erlangen wir Ärzte unsere individuelle Freiheit zurück. Es wird kein Salutieren mehr geben, keine Notwendigkeit mehr für gedankenlosen Gehorsam gegenüber Befehlen und Vorschriften. Doch wir verlassen die Sicherheit eines geregelten Einkommens bei guten Arbeitszeiten und -bedingungen sowie die Möglichkeit, Medizin um der Medizin willen, von wirtschaftlichen Faktoren ungehindert, zu praktizieren. Und auch dies sind Freiheiten.«¹

Mit einem brisanten Artikel im *Harper's Magazine* meldete sich Gibbon 1946 von seinem Wehrdienst im Südpazifik zurück und nahm offensichtlich Anstoß an der »Abgeschmacktheit, die freie Konkurrenz als die letzte Entwicklung der menschlichen Freiheit zu betrachten«.²

Seine Kritik galt keineswegs der generalstabsmäßig geplanten Krankenversorgung im Militär, sondern dem marktwirtschaftlich organisierten Gesundheits- und Forschungswesen des zivilen US-Amerikas. Der ökonomische Wettbewerb, so Gibbon, verleite Ärzte dazu, Patient*innen außerhalb des eigenen Kompetenzbereichs und abhängig von deren Zahlungsfähigkeit zu behandeln sowie die Literatur zur Wahrung des Anscheins mit minderwertigen Fachartikeln zu überschwemmen.³ Demgegenüber fand Gibbon durchaus Gefallen an der finanziellen Sicherheit, der weitgehenden Kostenunabhängigkeit sowie den hohen Qualitätsstandards in Therapie und Forschung, die es mit sich brachte, im Sold des Staates zu stehen. »Bedeutet dies sozialisierte Medizin?«, fragte der Chirurg rhetorisch:

»Die Antwort hängt von der Definition dieses viel missbrauchten und lose verwendeten Begriffs ab. Falls er als eine Art der medizinischen Versorgung definiert wird, bei der Ärzte von der Bundesregierung angestellt sind, dann haben sich vier-

-
- 1 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Army Doctor Comes Home and Looks at Civilian Practice«, *Harper's Magazine* (Februar 1946), S. 175–180, hier: S. 180.
 - 2 Karl Marx, *Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie* (*Marx-Engels-Werke*, Bd. 42), Berlin: Dietz 1983, S. 551.
 - 3 Vgl. Gibbon, »The Army Doctor Comes Home«, S. 176–179.

zigtausend Ärzte in den vergangenen vier Jahren in einer Form von sozialisierter Medizin engagiert.«⁴

Gibbons Vergleich ziviler und militärischer Organisationsformen stellte eine geschickt verkleidete Kritik der ökonomischen Korruption des medizinischen Ethos dar und spiegelte eine hitzige Nachkriegsdebatte um die Finanzierungsgrundlage des US-amerikanischen Gesundheits- und Forschungswesens wider. Mit Kampfbegriffen wie »sozialisierte Medizin [*socialized medicine*]« versuchten industriennahe Gegner der New-Deal-Politik in den 1940er-Jahren, die Reformvorhaben unter den Präsidenten Roosevelt und Truman – etwa die Einführung einer nationalen Krankenversicherungspflicht – als Pendant zum Sowjetsozialismus zu diskreditieren.⁵

Ebenso galt glühenden Antikommunisten jegliche Forderung nach einer demokratisch kontrollierten »Wissenschaftsplanung« – im Sinne einer gemeinwohlorientierten Grundfinanzierung durch den Staat – als Einfallstor sozialistischer Planwirtschaft in das (anders als in Europa) vorwiegend privat finanzierte Forschungswesen der Vereinigten Staaten. Zunehmend organisiert in teils geheimdienstlich finanzierten transatlantischen Bündnissen wie der Society for Freedom in Science und dem Congress for Cultural Freedom, avancierte besonders der ungarisch-britische Chemiker Michael Polanyi zur intellektuellen Speerspitze dieser antikommunistischen oder besser gesagt frühneoliberalen Wissenschaftspolitik.⁶

Während Gibbon 1946 die Zwänge der ökonomischen Konkurrenz beklagte, philosophierte Polanyi zur selben Zeit über die »freiheitlichen« Vorzüge eines wissenschaftlichen »Gesellschaftsvertrags« nach dem Vorbild des marktwirtschaftlichen Wettbewerbs: »Im Falle der wissenschaftlichen Gemeinschaft besteht der Vertrag aus der Hingabe der eigenen Person – nicht an einen souveränen Herrscher, wie Hobbes dachte, oder an einen abstrakten Gemeinwillen, wie Rousseau postulierte –, sondern im Dienste eines bestimmten Ideals.«⁷ Wie von unsichtbarer Hand würden

4 Übers. B. P., ebd., S. 180.

5 Vgl. Paul Starr, *The Social Transformation of American Medicine*, New York: Basic Books 1982, S. 280–289.

6 Siehe Erik Baker, »From Planning to Entrepreneurship: On the Political Economy of Scientific Pursuit«, *Studies in History and Philosophy of Science* 92 (2022), S. 27–35; sowie Elena Aronova, »The Congress for Cultural Freedom, »Minerva«, and the Quest for Instituting »Science Studies: in the Age of Cold War«, *Minerva* 50/3 (2012), S. 307–337. Philip Mirowski weist darauf hin, dass es solche Bündnisse zur Propagierung marktwirtschaftlicher Vorstellungen von Wissenschaft waren, in denen sich wichtige Protagonisten des frühen Neoliberalismus erstmals zusammenfanden, und dass dieselben (wie Polanyi) 1947 zu den ersten Mitgliedern der von Hayek gegründeten Mont Pèlerin Society gehörten (Philip Mirowski, *Science-Mart. Privatizing American Science*, Cambridge, MA: Harvard University Press 2011, S. 50f.).

7 Übers. B. P., Michael Polanyi, *Science, Faith and Society*, London: Oxford University Press 1946, S. 50.

allein »wissenschaftliche Ideale«, so Polanyi weiter, die »Wettbewerber« innerhalb der Wissenschaft zu »rechtmäßigen« Entscheidungen führen.⁸ Forschungsfreiheit sei daher keinesfalls durch staatliche Interventionen, sondern nur durch eine über unternehmerische Individuen verteilte Handlungsmacht zu gewährleisten:

»Die Souveränität über die Welt der Wissenschaft ist keinem bestimmten Herrscher oder Regierungskörper verliehen, sondern ist in zahlreiche Fragmente aufgeteilt, von denen ein jedes von einem einzelnen Wissenschaftler gehandhabt wird. Jedes Mal, wenn ein Wissenschaftler eine Entscheidung trifft, bei der er sich letzten Endes auf sein eigenes Gewissen oder seine persönlichen Überzeugungen verlässt, gestaltet er die Substanz der Wissenschaft oder die Ordnung des wissenschaftlichen Lebens als einer ihrer souveränen Herrscher.«⁹

Im Angesicht dieses politischen Konflikts konnte leicht in den Hintergrund rücken, dass Gibbons Experiment allmählich ins Abschlusstadium eintrat. Nach dem vor Kriegseintritt geglückten Nachweis der Überlebensfähigkeit perfundierter Katzen bestand der nächste logische Schritt darin, den losen Versuchsaufbau in eine geschlossene Maschine zu verwandeln, deren gesteigerte Kapazität und Effizienz das Blutvolumen größerer Versuchstiere und – eines Tages – menschlicher Patient*innen zu verarbeiten gestatteten. Um dieses kostspielige Vorhaben in die Tat umzusetzen, galt es für Gibbons Experiment nicht weniger als für die Wissenschaft im Allgemeinen, eine Nische in der heiß debattierten Nachkriegsökonomie zu finden.

In diesem Moment holte die Geschichte der Herz-Lungen-Maschine gewissermaßen die Theoriegeschichte der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung ein. Denn die Kampagnen der neoliberalen Planungsgegner um Polanyi zeitigten eine so nachhaltige Diskurshoheit, dass ein gewisser Bruno Latour noch Jahrzehnte später den Wettbewerb ins Zentrum seiner Wissenschafts- und Techniksoziologie stellte. Nicht nur »demontierte« Latour genau wie Polanyi Hobbes' »großen Leviathan« in eigensinnig konkurrierende Fragmente.¹⁰ In einer überzeitlichen Verallgemeinerung des marktwirtschaftlichen Dogmas sah er überall – vom kalifornischen Salk Institute der 1970er-Jahre über Pasteurs bakteriologische Versuche im Frankreich des späten 19. Jahrhunderts bis hin zu La Pérouses Nordwestpa-

8 Übers. B. P., ebd., S. 49.

9 Übers. B. P., ebd.

10 Vgl. 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 (siehe auch Kap. 5 der vorliegenden Arbeit).

zifik-Exploration im späten 18. Jahrhundert – »agonistische Felder«, »Situationen« und »Konkurrenz« als Urgrund jeglichen Forschens.¹¹

Ziel dieses Kapitels ist es, die dogmatische Verknüpfung von Freiheit, Wettbewerb und Wissenschaft am historischen Beispiel von Gibbons Projekt infrage zu stellen. Stattdessen möchte ich mit Canguilhem die Möglichkeit erörtern, dass das Modell des freien Wettbewerbs »nie wirklich angewandt worden ist. Aus dem einfachen Grund, dass diese Doktrin stets eine reine Sachlage – die Aufrechterhaltung einer sozialen Unterdrückung, aus der einige wenige Profit ziehen – als vernünftige Ordnung verschleiert hat.«¹² In diesem Sinne konterkarieren die folgenden Abschnitte den Mythos des freien Forschungswettbewerbs im äußeren wie inneren Rahmen des chirurgischen Experiments: Erstens geht es um die Rolle persönlicher Beziehungsgeflechte, mit denen sich Gibbon im vermeintlich wettbewerblichen Forschungswesen schließlich die finanzielle und personelle Unterstützung von International Business Machines (IBM) sicherte. Zweitens steht zur Debatte, ob sich der konkrete Ideenaustausch zwischen Chirurgen und IBM-Ingenieuren wirklich so frei oder nicht doch innerhalb von patentrechtlich kontrollierten Grenzen vollzog.

7.1 Persönliche Beziehungen im Schatten des Wettbewerbs

»Als medizinische Forscher mit geringem Budget konnten wir bei einem Projekt wie diesem nicht darauf hoffen, finanziell um die Dienste guter Ingenieure zu konkurrieren«, erinnerte sich Gibbon an die frustrierende Ausgangslage im Frühjahr 1946.¹³ Dabei schien sich eigentlich alles zum Guten zu wenden. Der Kriegsrück-

11 Vgl. Bruno Latour und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986, S. 237; Bruno Latour, »Gebt mir ein Laboratorium und ich werde die Welt aus den Angeln heben«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANTHology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 103–134, hier: S. 126f.; Bruno Latour, »Drawing Things Together: Die Macht der unveränderlich mobilen Elemente«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANTHology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 259–307, hier: S. 264f.; sowie übersichtsartig Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987, S. 79–94; zur Marktkonformität des agonistischen Modells siehe auch Jens Schröter, »Money Determines Our Situation«, in: Armin Beverungen et al. (Hg.), *Markets*, Minneapolis, MN: meson press 2019, S. 71–115, hier: S. 101f.

12 Übers. B. P., Georges Canguilhem, »Le fascisme et les paysans«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593, hier: S. 560.

13 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Medicine's Living History«, *Medical World News* (3. November 1972), S. 46–47, 51–53, hier: S. 51f.

kehrer war im Januar einem Ruf an seine Alma Mater, das Jefferson Medical College, gefolgt und bekleidete dort eine Doppelfunktion als Professor für Chirurgie und Direktor einer neuen Abteilung für chirurgische Forschung.¹⁴ Vor dem Krieg hatte er als Fellow noch mit einem kleinen Versuchsraum und einem Jahresbudget von 1500 Dollar auskommen müssen.¹⁵ Nun konnte sich Gibbon über ein jährliches Professorengeloh von 7500 Dollar, zusätzliche 18.000 Dollar Forschungsetat und ein ganzes Stockwerk im Nordostflügel des Collegegebäudes freuen, das speziell für seine Versuche hergerichtet wurde.¹⁶ Und doch war all das nichts im Vergleich zu einem expandierenden Industriekonzern wie IBM, der die besten Elektroingenieure mit satten 25.000 Dollar Jahresgehalt lockte.¹⁷ So drohte die Fertigstellung einer klinisch einsetzbaren Herz-Lungen-Maschine an der mangelnden »Wettbewerbsfähigkeit« der universitären gegenüber den industriellen Forschungsabteilungen zu scheitern.

Dabei lag weder die Wettbewerbsform als solche noch deren Schlagseite zugunsten der Industrie in der Natur des Forschens. Zum einen verstand sich Gibbon für seinen Teil überhaupt nicht als unternehmerischer Experimentator in einem »agonistischen Feld«, auch nicht, als nach dem Zweiten Weltkrieg andere Forschungsabteilungen im In- und Ausland eigene Versuche zum Bau einer Herz-Lungen-Maschine aufnahmen. »Gibbon empfing mich mit offenen Armen, indem er mir buchstäblich einen Arm um die Schultern legte und kommentierte, dass es jetzt noch jemanden auf der Welt gebe, der ihn nicht für einen unverbesserlichen Träumer halte«, schilderte der aufstrebende Chirurg Clarence Dennis von der University of Minnesota den Beginn eines langjährigen Austauschs im Frühjahr

14 »Was für eine Innovation das für Jefferson war«, erinnerte sich ein Mitarbeiter Gibbons an die Eröffnung der neuen Forschungsabteilung an einem College, das der experimentellen Chirurgie bislang reserviert gegenübergestanden hatte (übers. B. P., John Y. Templeton III, »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, *Journal of Cardiac Surgery* 8/3 (1993), S. 396–397, hier: S. 397).

15 Vgl. »Minutes Managing Committee 1936–1937«, 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.

16 Vgl. Brief von William H. Perkins (Dekan) an Gibbon vom 4. Januar 1946, 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 V: Correspondence, 1930–1972: Box 4, Folder 8: Academic Appointments, 1930–1950. Zur Einrichtung der Räumlichkeiten vgl. »Research at Jefferson«, *The Jefferson Medical College Alumni Bulletin* (Juni 1946), S. 1–20, hier: S. 11.

17 Vgl. Emerson W. Pugh, *Building IBM. Shaping an Industry and Its Technology*, 3. Aufl., Cambridge, MA: MIT Press 1996, S. 122.

1946.¹⁸ Genau wie seinen jüngeren Kollegen Dennis weihte Gibbon kurz darauf auch den renommierten Chirurgen Clarence Crafoord, der 1939 Gibbons Vortrag gehört hatte und nun aus Stockholm angereist war, freigiebig in die technischen Details seiner Herz-Lungen-Maschine ein.¹⁹ Er überließ Crafoord beispielsweise ein Schaltdiagramm des Rückkopplungssystems aus Thyatron und Fotozelle, nur um im Jahr darauf bei einem Besuch in Stockholm interessiert festzustellen, dass die von Crafoords Gruppe konstruierte Maschine zwar ein anderes Oxygenierungsverfahren (rotierende Platten statt einer Schleudertrommel) verwendete, aber den Blutstrom ebenfalls fotoelektrisch regulierte.²⁰ Umgekehrt schaute sich Gibbon in Crafoords Labor den Einsatz eines Blutgerinnselfilters, eines automatischen Kreislaufatemgeräts zur Endotrachealnarkose und weitere Einzelheiten ab.²¹ Die Konstruktion von Herz-Lungen-Maschinen an verschiedenen Standorten war also kein rivalisierender Wettlauf um den ersten Operationserfolg, sondern geprägt von kollegialer Zusammenarbeit im Sinne des gemeinsamen Forschungsziels.

Zum anderen – und vor allem – täuschten Apologeten des wissenschaftlichen Wettbewerbs wie Polanyi oder später Latour schlicht darüber hinweg, dass die

18 Übers. B. P., Clarence Dennis, »A Heart-Lung Machine for Open-Heart Operations. How it Came About«, *Transactions of the American Society for Artificial Internal Organs* 35/4 (1989), S. 767–777, hier: S. 770.

19 Vgl. John H. Gibbon Jr., »A Trip to Europe in the Autumn of 1947«, in: Jefferson Medical College (Hg.), *The Clinic 1948. Jefferson Medical College Yearbooks*, Philadelphia: Westbrook 1948, S. 270–271, 300–306, hier: S. 270.

20 Die Weitergabe des Schaltdiagramms thematisiert ein Brief von Gibbon an Crafoord vom 19. Februar 1949, Clarence Crafoord, E1B: 4. Medicinhistoriskt arkiv, Karolinska Institutet, Stockholm. Zu Gibbons Beobachtungen bezüglich Crafoords Herz-Lungen-Maschine vgl. »Notes on Crafoord's Pump Oxygenator«, John H. Gibbon Papers, Series VII: Writings, 1959–1970: Box 7, Folder 2: Misc. Printed Material, 1968–1970 [sic; irreführende Datierung]; Erwähnung findet das Rückkopplungssystem von Crafoords Maschine außerdem in der Beschreibung seines Mitarbeiters Viking O. Björk, *Brain Perfusions in Dogs with Artificially Oxygenated Blood*, Lund: Berlingska Boktryckeriet 1948, S. 26.

21 Vgl. »Notes on Crafoord's Pump Oxygenator«, John H. Gibbon Papers, Series VII: Box 7, Folder 2. Der Filter sollte bald darauf in den Leitungen von Gibbons nächstem Modell zum Einsatz kommen; vgl. Thomas L. Stokes und John H. Gibbon Jr., »Experimental Maintenance of Life by a Mechanical Heart and Lung During Occlusion of the Venae Cavae Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 91/2 (1950), S. 138–156, hier: S. 143. Das automatische Kreislaufatemgerät regte zu umfangreicheren Untersuchungen und eigenen Konstruktionen von Gibbons Mitarbeitern an; vgl. John H. Gibbon Jr. et al., »A Clinical Study of Respiratory Exchange During Prolonged Operations with an Open Thorax«, *Annals of Surgery* 132/4 (1950), S. 611–625; Frank F. Allbritten Jr., George J. Haupt und Jose H. Amadeo, »The Change in Pulmonary Alveolar Ventilation Achieved by Aiding the Deflation Phase of Respiration During Anesthesia For Surgical Operations«, *Annals of Surgery* 140/4 (1954), S. 569–582; sowie Bernard J. Miller, »A Respirator for Laboratory Animals Utilizing Compressed Air and Suction«, *Surgery* 42/4 (1957), S. 722–725.

Bedingungen, unter denen etwa Gibbon in der Nachkriegszeit um die Finanzierung seines Experiments rang, von knapp einem halben Jahrhundert intensiver privatwirtschaftlicher Einflussnahme auf das US-amerikanische Forschungswesen zeugten. Vor, während und nach dem Zweiten Weltkrieg wirkten Industrievertreter in Privatstiftungen, Staatsbehörden und Universitäten gezielt darauf hin, mehr und mehr Forschungsaktivitäten in den Dienst des Industriekapitalismus zu stellen. Zum Beispiel beabsichtigten großindustrielle »Philanthropen« mit der Förderung wissenschaftlicher Medizin explizit die Instandhaltung einer Masse lebendiger Arbeitskräfte auf der Grundlage eines mit industriellen Produktionsverhältnissen kompatiblen, fragmentierten Körperbildes.²² Was diese Einflussnahmen unter dem Deckmantel des Wettbewerbs tatsächlich hervorbrachten, war ein stark interessen geleitetes System sowohl privater als auch staatlicher Fördermittelvergabe, dessen »letzter Schiedsrichter« allzu oft nicht die von Polanyi beschworenen »wissenschaftlichen Ideale«,²³ sondern vielmehr die kleinen Gefälligkeiten innerhalb persönlicher Beziehungsgeflechte waren.

»Die Bundesregierung schüttete damals noch nicht hunderte Millionen Dollar aus, damit Ärzte Forschung betrieben«, erinnerte sich Gibbon an die Prekarität seiner Experimentiertätigkeit in den 1930er-Jahren zurück.²⁴ Anders als an den forschungsstarken Universitäten Europas hatte der Großteil der US-amerikanischen Forschungsförderung zwischen 1900 und 1940 nämlich nicht dem Staat, sondern den privaten Zuwendungen »philanthropischer« Stiftungen unterlegen, allen voran der Rockefeller Foundation und der Carnegie Institution, die im Namen ihrer großindustriellen Mäzene hintergründige Kapitalinteressen verfolgten. Mit seiner auf wenige Privatuniversitäten (Harvard, MIT, Princeton, University of Chicago, Stanford und Caltech) konzentrierten Förderpolitik hatte dieses Mäzenatentum Forschende in einen von vornherein ungleichen Wettbewerb gezwungen und eine schnelllebige, projektförmige, karrieristische Forschungspraxis nach betriebswirtschaftlichen Prinzipien forciert.²⁵

Bis zu seiner Verpflichtung in der Marine hatte der junge Familienvater Gibbon unter diesen Bedingungen mehr Arbeitsverträge als Berufsjahre angesammelt, da er

22 Vgl. E. Richard Brown, *Rockefeller Medicine Men. Medicine and Capitalism in America*, Berkeley: University of California Press 1979, S. 112–122.

23 Übers. B. P., Polanyi, *Science, Faith and Society*, S. 49.

24 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Gestation and Birth of an Idea«, *Philadelphia Medicine* 59/37 (1963), S. 913–916, hier: S. 914f.

25 Zu den Auswirkungen des Mäzenatentums auf die Organisation und Praxis an Forschungsinstitutionen vgl. Robert E. Kohler, *Partners in Science. Foundations and Natural Scientists, 1900–1945*, Chicago: University of Chicago Press 1991, S. 402; sowie Philip Mirowski, *Machine Dreams. Economics Becomes a Cyborg Science*, Cambridge: Cambridge University Press 2002, S. 155.

die spärlichen Einkünfte seiner Forschungstätigkeit stets durch vormittägliche Klinikdienste in lokalen Krankenhäusern hatte aufstocken und sich immer wieder von einem Jahresvertrag zum nächsten hangeln müssen.²⁶ Die Unwägbarkeit und die Langfristigkeit seines Experiments hatten in dieser Zeit wie ein Damoklesschwert über Gibbons Karriere geschwebt und waren skeptischen Kollegen Grund genug gewesen, ihm lieber zur Durchführung mehrerer kleiner Projekte mit ergebnisunabhängig hoher Publikationsrate zu raten.²⁷

Sollte Gibbon bei seiner Rückkehr aus dem Wehrdienst wirklich geglaubt haben, was er im Frühjahr 1946 in seinem *Harper's*-Artikel andeutete – nämlich, dass die im Krieg gewonnenen Erfahrungen mit staatlicher Planung als Vorbild für die Ablösung des ökonomischen Wettbewerbs im Gesundheits- und Forschungswesen dienen könnten –, dann sah er sich gewaltig getäuscht.²⁸ Zwar verteilte der Staat über den Zweiten Weltkrieg hinaus tatsächlich »hunderte Millionen Dollar«²⁹ zur Forschungsförderung, doch genauso wenig nach einem sozialistischen Plan wie von unsichtbarer Hand im »freien« Wettbewerbs. Das im Zuge der staatlichen Mobilmachung etablierte und in den ersten zwei Nachkriegsjahren fortbestehende Office of Scientific Research and Development (OSRD) stand vielmehr für eine beträchtliche Kontinuität der alten Machtstrukturen des Mäzenatentums im neuen Gewand der Bundesbehörde.³⁰

26 Vgl. die Schreiben von den Sekretariaten der Harvard Medical School, des Massachusetts General Hospital, der University of Pennsylvania, des Pennsylvania Hospital und des Jefferson Hospital in Philadelphia zwischen 1930 und 1941, John H. Gibbon Papers, Series V: Correspondence, 1930–1972: Box 4, Folder 8: Academic Appointments, 1930–1950.

27 Letzteren Ratschlag formulierte explizit Walter Bauer, Gibbons Kollege am Massachusetts General Hospital (vgl. John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 233). Edward D. Churchill, der anfangs ähnliche Skepsis empfand, musste in seinem Empfehlungsschreiben vom 10. Oktober 1935 an Isidor S. Ravdin Gibbons geringes Publikationsvolumen rechtfertigen: »Das Ergebnis war in etwa, wie ich es erwartet hatte, aber die Tatsache, dass er für seine Arbeit eines Jahres nicht viel vorzuweisen hatte, lag ausschließlich an dem Problem, das er in Angriff nahm, und keineswegs an einem Mangel an Einfallsreichtum oder Fleiß seinerseits« (übers. B. P., 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 corres and r.m. (incls re »Venesection in Massive Pulmonary Embolism«, by Gibbon, Shillitoe and EDC), 1929–1935).

28 »In dieser Hinsicht hat der Krieg der Nation ein Experiment beschert, das eine große Tragweite für Millionen von Patienten und Tausende von Ärzten hat«, lauteten Gibbons hoffnungsvolle Worte (übers. B. P., »The Army Doctor Comes Home«, S. 180).

29 Übers. B. P., Gibbon, »The Gestation and Birth of an Idea«, S. 915.

30 Siehe auch Mirowski, *Machine Dreams*, S. 156f.

Auf dem Chefsessel des OSRD saß bekanntlich der politisch konservative Elektroingenieur Vannevar Bush, der nicht nur ein höchst einflussreicher Befürworter der durch Polanyi popularisierten Vorstellungen von wissenschaftlicher Selbstverwaltung, sondern zugleich die regelrechte Personifizierung des gelebten Interessenskonfliktes war. In Personalunion fungierte er neben seinem Staatsamt gleichzeitig als Präsident der Carnegie Institution und war überdies Mitbegründer des Elektronik- und Rüstungsunternehmens Raytheon. Auch das technokratische Geflecht handverlesener Naturwissenschaftler und Ingenieure, mit denen Bush wichtige Führungspositionen der Bundesbehörde besetzt hatte, repräsentierte einseitig die Nutznießer des alten Förderregimes. Mit dem Harvard-Präsidenten James B. Conant und dem MIT-Präsidenten Karl T. Compton, dessen Vize Bush von 1932 bis 1938 gewesen war, holte er beispielsweise die industrienahen Administratoren der größten Privatuniversitäten an Bord und mit dem langjährigen Präsidenten der Bell Telephone Laboratories, Frank B. Jewett, einen direkten Vertreter der Industrieforschung; auch die Rockefeller Foundation durfte in Person ihres Abteilungsleiters Warren Weaver nicht fehlen.³¹ Bushs in Kriegszeiten erlangte Machtposition selbst stützte sich auf ein freundschaftliches Verhältnis zu Präsident Roosevelt – beide Männer stammten aus ähnlichen sozialen und akademischen Kreisen –, das politische Differenzen überbrückte und dem New-Deal-Gegner Bush letztlich eine von parlamentarischer Kontrolle weitgehend unbehelligte Verfügungsgewalt gewährte.³²

Die im Vergleich zur Industrieforschung schwache Finanzierungsgrundlage der experimentellen Chirurgie, wie sie Gibbon 1946 am Jefferson Medical College vorfand, hing eng mit diesem technokratischen Interessengeflecht zusammen. Denn Bushs tief sitzende Skepsis gegenüber staatlicher Planung in der Forschungsförderung galt keineswegs der Verwendung von Steuergeldern für industrienahen Zwecke nach seinen *eigenen* Plänen. »Wir wollen reichlich neue, kräftige Unternehmen. Aber neue Produkte und Verfahren kommen nicht ausgewachsen zur Welt. Sie gründen auf neuen Prinzipien und neuen Konzepten, die wiederum das Ergebnis wissenschaftlicher Grundlagenforschung sind«, erklärte Bush und brachte sein wissenschaftspolitisches Credo der Nachkriegszeit auf die heute fast latourianisch anmutende Formel: »Wissenschaftliche Grundlagenforschung ist wissenschaftliches Ka-

31 Abgesehen von Weaver waren diese Männer die ersten, die mit Bush 1940 auf die Einrichtung des vorläufigen National Defense Research Committee (NDRC) hinwirkten und sich allesamt später in einflussreichen Posten der OSRD wiederfanden (vgl. Irvin Stewart, *Organizing Scientific Research for War. The Administrative History of the Office of Scientific Research and Development*, Boston: Little, Brown and Company 1948, S. 4; siehe zudem Mirowski, *Machine Dreams*, S. 156f.).

32 Vgl. Johnny Miri, »The Fall of Vannevar Bush: The Forgotten War for Control of Science Policy in Postwar America«, *Historical Studies in the Natural Sciences* 51/4 (2021), S. 507–541, hier: S. 515f.

pital.«³³ Genau wie Polanyi verknüpfte Bushs Rhetorik dabei Freiheit, Wettbewerb und wissenschaftlichen Fortschritt intrinsisch zu einem marktkonformen Gewand für seine politische Agenda: »Wir müssen die starren Regulierungen, die wir auferlegen mussten, aufheben und die Freiheit der Forschung und diesen gesunden wissenschaftlichen Wettbewerbsgeist zurückerlangen, die für die Erweiterung der Grenzen wissenschaftlichen Wissens so notwendig sind.«³⁴

Was auch immer Bush genau unter einem »gesunden« Wettbewerb verstanden haben mag, demokratische Teilhabe an steuerfinanzierter Forschungsförderung gehörte jedenfalls nicht dazu. Genau darauf drängten nämlich mehrere Gesetzesinitiativen des demokratischen Senators Harvey M. Kilgore. Um die privatwirtschaftliche Dominanz im US-amerikanischen Förder- und Forschungswesen zu brechen, sahen diese Entwürfe unter anderem ein Mitspracherecht diverser zivilgesellschaftlicher Interessengruppen bei Förderzwecken, ein Ende der Fördermittelkonzentration auf wenige Privatuniversitäten und ein öffentliches Eigentumsrecht an Patenten aus öffentlich geförderter Forschung vor.³⁵ Doch Bush und seine Vertrauten trugen letztlich ihren Teil dazu bei, einen eigens mit Kilgores Lager ausgehandelten Kompromiss auf dem Weg durchs Repräsentantenhaus im Keim zu ersticken. So hing die dauerhafte Institutionalisierung der öffentlichen Forschungsförderung in den ersten Nachkriegsjahren zunächst in der Schwebe, was den Einfluss der in Kriegszeiten gewachsenen Beziehungsgeflechte weiter konsolidierte.³⁶

Für Gibbon schienen sich damit die Aussichten auf umfangreiche finanzielle und personelle Unterstützung seines chirurgischen Experiments sogar verschlechtert zu haben. Dabei bewegten sich sowohl er selbst als auch seine Ehefrau Mary mit der Selbstverständlichkeit von Sprösslingen privilegierter Elternhäuser entlang eines Netzwerks einflussreicher Verwandter und Bekannter durch die medizinische Fachwelt.³⁷ Im mäzenatischen Förderwesen der 1930er-Jahre hatte Gibbon entsprechend früh gelernt, wie sehr es in diesem vorgeblichen Wettbewerb auf persönliche Beziehungen zu »philanthropischen« Stiftungen und elitären Privatuniversitäten ankam, wollte man außergewöhnliche Forschungsambitionen am Leben halten.

33 Übers. B. P., Vannevar Bush, *Science. The Endless Frontier*, Washington, D.C.: United States Government Printing Office 1945, S. 2; zu Latours Rede von »wissenschaftlichem Kapital« siehe (wie schon in Kap. 4) Latour/Woolgar, *Laboratory Life*, S. 229.

34 Übers. B. P., Bush, *Science. The Endless Frontier*, S. 7.

35 Vgl. Jessica Wang, *American Science in an Age of Anxiety. Scientists, Anticommunism, and the Cold War*, Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press 1999, S. 26f.

36 Siehe ebd., S. 37; sowie Miri, »The Fall of Vannevar Bush«, S. 530.

37 Gibbon war es von Kindesbeinen an gewohnt, in hoher Gesellschaft zu verkehren, und setzte diese Gepflogenheiten in seinem späteren Leben fort; vgl. Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 37f., 82f.

Dem langen Arm seines Vaters, selbst Professor für Chirurgie, hatte Gibbon unter anderem seine Anstellung bei Edward D. Churchill an der Harvard Medical School zu verdanken.³⁸ Am Harrison Department der University of Pennsylvania wiederum hatte er von seiner Verschwägerung mit Frank Fremont-Smith, dem medizinischen Direktor der Macy Foundation, profitiert, um eine Forschungsförderung von ebendieser Stiftung zu erhalten.³⁹

Kaum verwunderlich versuchte es Gibbon nach dem Weltkrieg also erneut auf dem altbekannten Stiftungsweg. Während die Gründung des staatlichen National Heart Institute noch bis 1948 auf sich warten ließ,⁴⁰ ergatterte er zumindest eine kleinere Förderung aus dem 1945 gegründeten Life Insurance Medical Research Fund, mit dem ein Verband von Versicherungsunternehmen die Erforschung kardiovaskulärer Erkrankungen unterstützte. Im Beirat des Stiftungsfonds saß Gibbons früherer Laborpartner und Freund Eugene M. Landis.⁴¹

Der Zugang zu den großen Geldern, wie sie die Finalisierung der Herz-Lungen-Maschine verschlingen würde, führte seit Bushs Restrukturierungen allerdings nicht über »philanthropische« Stiftungen, sondern über die militär- und industrienahen Beziehungsgeflechte in Bundesbehörden oder direkt über die Vorstandsetagen großer Industriekonzerne. Zu seinem politischen Nachteil bewegte sich Gibbon außerhalb der medizinischen Fachwelt jedoch mittlerweile in weniger industrienahen Kreisen. Wie zahlreiche Mediziner und Physiologen hatte er in den 1930er-Jahren eine wohlwollende Sicht auf das sozialisierte Gesundheitswesen der Sowjetunion geteilt und sich durch die Organisation von Wohltätigkeitsveranstaltungen zugunsten der Loyalisten im Spanischen Bürgerkrieg tiefer im politisch linken

38 John B. Flick, ein langjähriger Mitarbeiter von Gibbons Vater, schrieb seinem Bekannten Churchill am 25. Juli 1929, um ein erstes Treffen in Boston einzufädeln; vgl. Edward Delos Churchill Papers, Series III, Box 18, Folder 17.

39 Fremont-Smith war der Ehemann einer Cousine von Gibbons Frau Mary (vgl. Ada Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991, S. 19). Fremont-Smith (später bekannt als Organisator der berühmten »Macy-Konferenzen«) hatte just 1936, als Gibbon seine Stelle am Harrison Department antrat, in der Macy Foundation den Posten als medizinischer Direktor übernommen (vgl. Christopher Tudico, *The History of the Josiah Macy Jr. Foundation*, New York: Josiah Macy Jr. Foundation 2012, S. 26).

40 Zur Gründung des National Heart Institute und dem Einfluss des Werbemagnaten Albert Lasker und seiner Ehefrau Mary vgl. Starr, *The Social Transformation of American Medicine*, S. 342f. Gibbon profitierte ab September 1949, als die nachfolgend geschilderte Kooperation mit IBM längst im Gange war, von einer Förderung dieses Instituts in Höhe von 26.827 Dollar; vgl. »The Last Field«, *Time. The Weekly Newsmagazine* (26. September 1949), S. 42.

41 Vgl. Francis C. Blake, »Life Insurance Medical Research Fund«, *Science* 102/2660 (1945), S. 640. Mit den Geldern finanzierte Gibbon in Vorbereitung auf potenzielle Einsätze der Herz-Lungen-Maschine erste Tierversuche zur operativen Herzklappenkorrektur; vgl. John Y. Templeton III und John H. Gibbon Jr., »Experimental Reconstruction of Cardiac Valves by Venous and Pericardial Grafts«, *Annals of Surgery* 129/2 (1949), S. 161–176, hier: S. 161.

Spektrum verankert.⁴² In den Jahren vor seinem Wehrdienst hatte sich Gibbon sogar als Vorsitzender der antifaschistischen Philadelphia Friends of Democracy engagiert, regelmäßig einen engen Kreis aus kommunistischen Parteigänger*innen und Linksliberalen in seinem Haus versammelt und die fremdenfeindliche Politik der berüchtigten Konservativen Koalition aus Republikanern und Südstaaten-Demokraten im US-Kongress öffentlich als »reaktionären Angriff auf grundlegende demokratische Rechte des Individuums« verurteilt.⁴³ Später, im Angesicht der antikommunistischen »Säuberungen« der McCarthy-Ära, vernichtete Mary Gibbon zwar sorgsam alle auf dem Dachboden gelagerten Zeugnisse dieses Engagements, doch die Positionierung ihres Ehemannes stand fest.⁴⁴

Als sich Gibbons erstes Jahr als Professor bereits dem Ende zuneigte, bot sich ihm die unverhoffte Gelegenheit, das Blatt aller politischen Dispositionen zum Trotz doch noch zu wenden. Vom Dekan des Jefferson Medical College erfuhr Gibbon,

42 Zu Gibbon im Besonderen vgl. Mary Gibbons Schilderungen in Walter Massey Phillips Oral Histories. Temple University Libraries, Special Collections Research Center; SCRC 128, Series 1: Oral histories, 1974–1980: Box 6, Album 20: Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 1. Zu der unter US-amerikanischen Mediziner*innen und Physiologen verbreiteten Befürwortung des sowjetischen Gesundheitswesens und Unterstützung der Loyalisten vgl. Peter J. Kuznick, *Beyond the Laboratory. Scientists As Political Activists in 1930s America*, Chicago: University of Chicago Press 1987, Kap. 5, insb. S. 167.

43 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Anti-Alien Bills«, *The Philadelphia Inquirer* (28. Juni 1939), S. 10. Zur Gruppe der Philadelphia Friends of Democracy vgl. Walter Massey Phillips Oral Histories. Box 6, Album 20: Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 1–5; zur fremdenfeindlichen Politik der Konservativen Koalition siehe Rebecca Hill, »The History of the Smith Act and the Hatch Act: Anti-Communism and the Rise of the Conservative Coalition in Congress«, in: Robert J. Goldstein (Hg.), *Little »Red Scares«. Anti-Communism and Political Repression in the United States, 1921–1946*, Farnham: Ashgate 2014, S. 315–346.

44 Vgl. Walter Massey Phillips Oral Histories. Box 6, Album 20: Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 3 und 5. Zur Verfolgung und »Säuberung« der Universitäten von angeblich kommunistischen Wissenschaftler*innen und Philosoph*innen siehe George A. Reisch, *How the Cold War Transformed Philosophy of Science. To the Icy Slopes of Logic*, Cambridge: Cambridge University Press 2005; sowie John McCumber, *The Philosophy Scare. The Politics of Reason in the Early Cold War*, Chicago: University of Chicago Press 2016. Eine Reihe von Mitgliedern der Philadelphia Friends of Democracy, allen voran Emily Ehde Jones, John und Ada Lewis, rief nach dem Zweiten Weltkrieg Philadelphias Ortsverband der Americans for Democratic Action (ADA) ins Leben, eine linksliberale Gruppierung, die sich in der Stadt Philadelphia dafür einsetzte, die fast 100-jährige, wegen ausufernder Korruption in der Kritik stehende Regentschaft der Republikanischen Partei zu durchbrechen. Im Jahr 1951 gipfelte dieses Engagement in der Wahl des Demokraten Joseph S. Clark zum Bürgermeister (siehe G. Terry Madonna und John Morrison McLarnon, »Reform in Philadelphia: Joseph S. Clark, Richardson Dilworth and the Women Who Made Reform Possible, 1947–1949«, *The Pennsylvania Magazine of History and Biography* 127/1 (2003), S. 57–88). Gibbon unterstützte Clark, mit dem er Tennis spielte, ebenfalls begeistert und wurde im Gegenzug von ihm in den Gesundheitsausschuss der Stadt berufen (vgl. (wie oben) Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 5f.).

dass es einem »freshman« im Medizinstudiengang gelungen war, IBM für die Konstruktion eines selbst erfundenen Automaten, der Klavieranschläge in Noten transkribierte, zu gewinnen. Wie sich herausstellte, verfügte der Student namens E. J. Clark über genau jene Beziehungen, die Gibbons persönlichem Umfeld bislang gefehlt hatten: Clark war verlobt mit der Tochter des Präsidenten vom Eastoner Lafayette College, Ralph C. Hutchison, der wiederum enge Beziehungen zu seinem einflussreichsten Kuratoriumsmitglied pflegte: dem IBM-Vorsitzenden Thomas J. Watson Sr. Im Gespräch mit Gibbon äußerte Clark seine Zuversicht, dass IBM an einem Projekt wie dem der Herz-Lungen-Maschine durchaus interessiert sein könnte.⁴⁵

Ob Watsons zweifellos großzügiges Interesse an Noten schreibenden Klavieren und Herz-Lungen-Maschinen wirklich so »rein humanitär«⁴⁶ war, wie im Nachhinein beschrieben, ließ Raum für Spekulationen. Zumindest fügte es sich in eine im Laufe der 1940er-Jahre systematisierte Unternehmensstrategie ein. IBM hatte im Zuge der New-Deal-Maßnahmen begonnen, sich vor allen Dingen durch lukrative Staatsaufträge für Tabelliermaschinen zu einem hochprofitablen multinationalen Großkonzern aufzuschwingen, und fürchtete nun angesichts der expansiven Forschungsförderung der OSRD um seine annähernde Monopolstellung.⁴⁷ Durch die Unterstützung ausgewählter Universitätsprojekte auf zunächst nicht kommerzieller Basis erhoffte sich Watson, Beziehungen zu knüpfen, um die im Krieg gewachsene Wissenschaftskultur sukzessive in seine bisher wenig forschungsnahen Unternehmensstrukturen zu integrieren.⁴⁸ Allerdings erschienen Kooperationsprojekte wie der Bau des elektromechanischen Großrechners Mark I mit Harvard in dieser Hinsicht sicherlich vielversprechender als die Konstruktion einer Herz-Lungen-Maschine.⁴⁹

Ob auf Watsons Seite nun strategische oder persönliche Motive überwogen, jedenfalls gelang es Gibbon mit Clarks Hilfe, um Weihnachten 1946 einen Gesprächstermin in der New Yorker IBM-Niederlassung gewährt zu bekommen.⁵⁰ Dort wartete der antifaschistische Chirurg nun im Vorzimmer von Watsons Büro, um sein Projekt bei einem Mann zu bewerben, der sich auch gegen Staatsaufträge aus dem

45 Siehe John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 615f.; sowie Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 153.

46 Übers. B. P., Walter Massey Phillips Oral Histories. Box 6, Album 20: Gibbon, Maly, transcript, October 2, 1978, S. 20.

47 Vgl. Pugh, *Building IBM*, S. 132f.

48 Siehe Atsushi Akera, »IBM's Early Adaptation to Cold War Markets: Cuthbert Hurd and His Applied Science Field Men«, *The Business History Review* 76/4 (2002), S. 767–802, hier: S. 770.

49 Zu Mark I siehe auch James W. Cortada, *IBM. The Rise and Fall and Reinvention of a Global Icon*, Cambridge, MA: MIT Press 2019, S. 127f.

50 Vgl. Gibbon, »The Development of the Heart-Lung Apparatus« (1978), S. 615f.

sogenannten Dritten Reich nicht gesträubt hatte.⁵¹ Aus seinen Vorbehalten gegenüber kommerziellen Interessen im Gesundheitswesen machte Gibbon jedoch keinen Hehl, als Watson ihn empfing und fragte, wie er behilflich sein könne: »Ich erinnere mich, ziemlich unverblümt geantwortet zu haben, dass ich nicht wollte, dass er mit der Idee Geld verdient, ebenso wenig, wie ich damit Geld zu verdienen wünschte.«⁵²

Watsons Entgegenkommen bedeutete für Gibbons Vorhaben einen Durchbruch und untermalte zugleich das enorme Machtgefälle zwischen Industrie- und Universitätsforschung. »Er schob meine Bemerkungen mit einer Handbewegung beiseite und sagte: »Machen Sie sich darüber keine Sorgen«, erinnerte sich Gibbon an Watsons Reaktion.⁵³ Mit einem Handstreich, so schien es, konnte der Konzernvorsitzende die Finanzierungsnöte des chirurgischen Experimentators in Luft auflösen. Er versprach ohne Umschweife, für die nächsten Jahre einige seiner Ingenieure auf die Aufgabe anzusetzen und sämtliche Konstruktionskosten für die Prototypen zu übernehmen.⁵⁴ Schon wenige Monate später liefen die Ingenieurarbeiten an der Maschine auf Hochtouren. »Der neue Apparat«, berichtete Gibbon erwartungsfroh seinem schwedischen Kollegen Clarence Crafoord, »ist nach exakt denselben Prinzipien gebaut wie unser alter, wird aber eine doppelt so große Oberfläche für die Ausbreitung des Blutfilms haben und hoffentlich mindestens doppelt so effizient sein.«⁵⁵

Auf das Freiheitsversprechen des wissenschaftlichen Wettbewerbsmodells warf das Zustandekommen der Kooperation zwischen Gibbon und IBM jedoch ein fragwürdiges Licht. Im Gegensatz zu dem, was Planungsgegner wie Polanyi oder Bush nach außen vortrugen, waren es unter finanziellen Gesichtspunkten weder wissenschaftliche Integrität noch Autorität, die primär über Erfolg oder Scheitern von Gibbons Projekt entschieden, sondern ein verschlungenes Geflecht aus Verwandtschafts- und Bekanntschaftsbeziehungen, in denen sich Klassenverhältnisse widerspiegeln und reproduzierten. Sollten dies die viel beschworenen Selbstregulationskräfte und Freiheitspotenziale des Forschungswettbewerbs nach marktwirtschaftlichem Vorbild gewesen sein, dann sahen sie einer Vetternwirtschaft verdächtig ähnlich.

51 Siehe Götz Aly und Karl Heinz Roth, *Die restlose Erfassung. Volkszählen, Identifizieren, Aussondern im Nationalsozialismus*, Berlin: Rotbuch 1984, S. 16–20; sowie Cortada, *IBM*, S. 140f.

52 Übers. B. P., Gibbon, »The Development of the Heart-Lung Apparatus« (1970), S. 236.

53 Übers. B. P., ebd.

54 Vgl. ebd.

55 Übers. B. P., Brief von Gibbon an Clarence Crafoord vom 26. Mai 1947, Clarence Crafoord, E1B: 1. Medicinhistoriskt arkiv, Karolinska Institutet, Stockholm.

7.2 Bastler, Ingenieure und patenthaltende Dritte

»Ich [...] verkaufe, übertrage und übereigne hiermit dem vorgenannten THE JEFFERSON MEDICAL COLLEGE OF PHILADELPHIA, dessen Rechtsnachfolgern und Bevollmächtigten, meine gesamten Rechte und Ansprüche an der besagten Patentanmeldung [EXTRAKORPORALES KREISLAUFGERÄT] und der darin bekannt gegebenen Erfindung für die Vereinigten Staaten und das Ausland.«⁵⁶

Watson hatte alle seine Versprechen gehalten. Im März 1948 stand die fortan als »Model I« bezeichnete Herz-Lungen-Maschine kurz vor der Fertigstellung, sodass Vertreter von IBM und dem Jefferson Medical College die Bedingungen einer baldigen Auslieferung besprechen konnten.⁵⁷ Gemäß der früheren Übereinkunft zwischen Gibbon und Watson traten sowohl Gibbon als auch die beteiligten Ingenieure ihre Patentrechte für den symbolischen Preis von einem Dollar an das Jefferson Medical College ab.⁵⁸

Insofern beugte sich Gibbon zwar einerseits dem allgemeinen Trend der Nachkriegszeit, dass sich ehemals inneruniversitäre Kooperationen zur Entwicklung von Medizintechnik zunehmend auf kommerzielle Industrieforschungsabteilungen verlagerten.⁵⁹ Andererseits schien es ihm aber mit der Abtretung der Patentrechte an das nicht profitorientierte Jefferson Medical College gelungen zu sein, seine Herz-Lungen-Maschine im Großen und Ganzen vor der Kommerzialisierung im ökonomischen Wettbewerb zu bewahren. Doch im Kleinen hatte Gibbon die Rechnung ohne die längst verbauten technischen Elemente gemacht.

56 So (übers. B. P.) unter Eintragung des jeweiligen Namens in den am 16. bzw. 26. Mai unterzeichneten Abtretungserklärungen von Gibbon, Gustav V. A. Malmros, Edmund A. Barber Jr. und John R. Engstrom in John H. Gibbon, Jr. Collection 1946–1987. MS-001. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia, Folder: Gibbon H-L Machine Letters Patent 1949–1952.

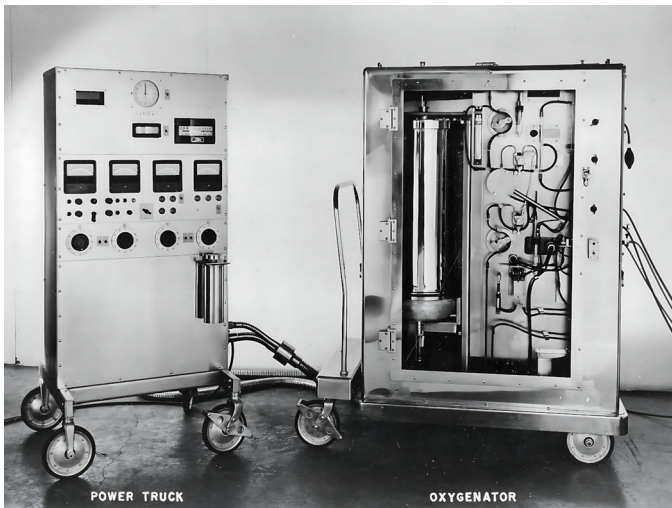
57 IBM befürchtete rechtliche Haftbarkeit und negative Presse, sollte Gibbon die Herz-Lungen-Maschine zum Schaden von Patient*innen anwenden. Entsprechend einigten sich die Parteien schriftlich, IBM von jeder Haftbarkeit freizusprechen und der Presse gegenüber vorerst Stillschweigen bezüglich Auslieferung und Einsatz der Maschine zu bewahren (vgl. Brief von J. Warren Brock (IBM-Anwalt) an Robert P. Hooper (Kuratoriumsvorsitzender des Jefferson Medical College) vom 17. März 1948, John H. Gibbon, Jr. Collection 1946–1987, Box 1, Folder: Agreement (IBM-Jefferson)).

58 Vgl. Abtretungserklärungen (s.o.).

59 Siehe auch Angela N. H. Creager, *The Life of a Virus. Tobacco Mosaic Virus as an Experimental Model, 1930–1965*, Chicago: University of Chicago Press 2002, S. 80. In Gibbons Fall lässt sich diese Entwicklung verdeutlichen: In den Jahren 1936/1937 hatte er noch an der Moore School der University of Pennsylvania und damit schlicht an einer anderen Abteilung der eigenen Universität Rat in Fragen der Elektrotechnik eingeholt (siehe Kap. 5.2 dieser Arbeit). Nach dem Krieg verlagerte sich diese Rolle wie nachfolgend dargestellt auf IBM.

Model I entsprach im Prinzip einer vergrößerten Version seines Versuchsaufbaus von 1938, der nun in zwei miteinander verkabelten Edelstahlschränken untergebracht war (siehe Abb. 11). Im ersten beförderten zwei Rollerpumpen das Blut durch die Schläuche und den zylindrischen Oxygenator, im zweiten regulierten dutzende kommerziell patentierte Elektronenröhren die Funktionsabläufe. Ob diese kommerziellen Patentstrukturen allerdings wettbewerbliche Anreize für »neue und aktive Kleinunternehmen« und »gesunde wissenschaftliche Forschung« lieferten, wie Vannevar Bush insinuierte, erschien mehr als fraglich.⁶⁰ Tatsächlich sollte sich bei der Weiterentwicklung der Herz-Lungen-Maschine jede im Ansatz »agonistische Situation«⁶¹ zwischen Chirurgen und Ingenieuren in nichts als gegensätzliche Präferenzen für gleichermaßen von Dritten, und zwar Großkonzernen, kapitalisierte Alternativen auflösen.

Abb. 11: Die zwei Edelstahlschränke von IBM Model I



Quelle: Techworks! Archive. Center for Technology & Innovation, Binghamton, NY.

In Philadelphia koordinierte Gibbon als Direktor der neuen Abteilung für chirurgische Forschung inzwischen eine wachsende Gruppe von Mitarbeitenden; seine Ehe- und frühere Laborpartnerin Mary zog sich aufgrund einer begonnenen Ausbildung zur Eheberaterin zunehmend aus dem Laboralltag zurück. Stattdessen

60 Übers. B. P. Bush, *Science. The Endless Frontier*, S. 103.

61 Latour, »Drawing Things Together«, S. 264.

überantwortete Gibbon die konkrete Versuchsdurchführung seinen jüngeren Fellows und Assistenzärzten Thomas L. Stokes, John B. Flick Jr., John Y. Templeton III und Bernard J. Miller.⁶² Diese standen mit den Ingenieuren von IBM in regem Austausch und begleiteten Gibbon von Zeit zu Zeit auf Reisen zum IBM-Hauptquartier in Endicott, New York. »Er arbeitete mit Leichtigkeit mit den Ingenieuren zusammen und überwand ziemlich wirkungsvoll Unterschiede in Fachrichtung und -sprache«, beurteilte Templeton Gibbons Rolle bei diesen Treffen.⁶³

In Endicott arbeitete unterdessen eine Gruppe von Ingenieuren aus dem IBM Sound Laboratory, das eigentlich mit der Geräuschdämmung von Schreibmaschinen und Lochkartenstanzern zu tun hatte, an einem für sie höchst ungewöhnlichen Projekt. Unter Aufsicht des erfahrenen Physikers Gustav V. A. Malmros versuchten sich die jungen Maschinenbau- beziehungsweise Elektroingenieure Edmund A. Barber Jr., John R. Engstrom sowie die später hinzustoßenden Donald K. Rex und Leo E. Farr Jr. an der Optimierung der blutverarbeitenden Maschine.⁶⁴ Trotz Gibbons Moderationsfähigkeiten funktionierte die Zusammenarbeit zwischen Chirurgen und Ingenieuren nicht immer so reibungslos, wie Templeton glaubte. »Sie waren keine guten Techniker«, urteilte Rex rückblickend über Gibbon und seine Mitarbeiter. »Sie hatten bei allem Probleme, es zum Laufen zu kriegen. Man konnte es gar nicht simpel genug machen.«⁶⁵

Die Differenzen zwischen Chirurgen und Ingenieuren verschärften sich mit dem Fortschreiten der chirurgischen Tierversuche mit Model I. Kaum waren die ersten Liter Blut durch das neue Hochglanzmodell geströmt – manche Hunde überlebten das Prozedere, andere starben –, standen etliche Funktionen der Maschine schon wieder infrage.⁶⁶ Eines der offensichtlichen Probleme betraf die elektronische Regulation des Blutflusses, die Gibbon schon in den 1930er-Jahren zu schaffen gemacht hatte. Um potenziell tödliche Unregelmäßigkeiten auszugleichen, durchleuchtete in Model I jeweils eine Glühlampe einen Auffangbehälter am

62 Vgl. Mary H. Gibbon, »Tentative Outline of Projected Book on the Development of the Heart-Lung Machine«, John H. Gibbon Papers, Series II: Heart-Lung Machine, 1951–1968: Box 2, Folder 3: Memories of the Early Development of the Heart-Lung Machine, Mary Gibbon, 1970; sowie Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, S. 110f. Flick Jr. war der Sohn des gleichnamigen Mitarbeiters von Gibbons Vater, genauer gesagt desjenigen Mitarbeiters, der 1930 Gibbons Anstellung bei Churchill eingefädelt hatte (vgl. Gibbon, »Medicine's Living History«, S. 52). Hier zeigt sich erneut die Bedeutung persönlicher Beziehungsgeflechte.

63 Übers. B. P., Templeton III, »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, S. 397.

64 Zum Sound Laboratory, intern auch »Acoustics Lab«, vgl. das Interview mit Donald K. Rex, durchgeführt von Susan Sherwood, Kassette, D Rex 9–21-2008 B, 00:18; IBM Heart-Lung Machine. Techworks! Archive. Center for Technology & Innovation, Binghamton, NY. Vgl. außerdem Jack Dann, »Today's Heart Surgery Made Possible by Endicott Contributions 40 Years Ago«, *Endicott Heritage* (August 1988), S. 17–19, hier: S. 18.

65 Übers. B. P., Interview mit Donald K. Rex, Kassette, D Rex 9–21-2008 D, 00:14.

66 Siehe Stokes/Gibbon, »Experimental Maintenance of Life«.

unteren Ende des Oxygenators beziehungsweise einen senkrechten Seitenarm der von der kanülierten Vene ausgehenden Blutleitung. Je nach Füllstand des Blutes fiel mehr oder weniger Licht auf eine Fotozelle, deren entsprechend variierende Ausgangsspannung über weitere Elektronenröhren die Geschwindigkeit der venösen beziehungsweise arteriellen Rollerpumpe anpasste.⁶⁷

Die Ingenieure vermuteten als Ursache der beobachteten Fehleranfälligkeit dieses Rückkopplungssystems, dass sich signifikante Volumenänderungen unterproportional im Blutpegel niederschlugen und so die Präzision des Regelkreises beeinträchtigten. Zu den diskutierten Vorschlägen von Ingenieursseite zählte unter anderem der Einsatz eines Dehnungsmessstreifens, der seinen elektrischen Widerstand dem Gewicht des Blutes entsprechend änderte. Eine andere Idee beruhte darauf, das Verhältnis von Volumen und Füllstand durch eine Verschmälerung des Auffangbehälters für die fotoelektrische Erfassung zu optimieren und zusätzlich die Geschwindigkeit der Rollerpumpen mittels Durchflusssensoren auf der venösen und arteriellen Seite des extrakorporalen Kreislaufs gegeneinander auszusteuern.⁶⁸

Doch zur Überraschung der Ingenieure wartete die chirurgische Seite im Laufe des Jahres 1950 immer häufiger mit Gegenvorschlägen auf. Dass Gibbon im Verlauf der Tierversuche mit Model I immer wieder Änderungen des genauen Anforderungsprofils für das Nachfolgemodell verkündete, waren die Ingenieure inzwischen leidlich gewohnt.⁶⁹ Plötzlich aber mischte sich der kürzlich zum Versuchsleiter in Gibbons Labor beförderte Bernard J. Miller mit eigenen Konstruktionsplänen

67 Vgl. ebd., S. 141. Nähere Erläuterungen dieses Regulationsproblems finden sich in den Kapiteln 4.2 und 5.2 der vorliegenden Arbeit.

68 Vgl. die Notizbucheinträge vom 13. Februar und 16. März 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Oxygenator, 1947–1958: Box 3, Folder 4: Notes from Don Rex's Notebook, 1949–1951 (Transkript von Ada Romaine-Davis). Das Original des Notizbuchs befindet sich in folgender Sammlung: IBM Heart-Lung Machine. Techworks! Archive. Center for Technology & Innovation, Binghamton, NY.

69 Rex' spätere Beschreibung der Arbeitsweise der Chirurgen stellt ungewollt eine so formidable Charakterisierung des chirurgischen Experimentierens dar, dass sie es wert ist, hier wiedergegeben zu werden: »Sieh mal, eine der Sachen bei Mod' I und Mod' II war: Die hatten keine Ahnung, was sie eigentlich machen mussten. Muss man die Temperatur echt genau kontrollieren, muss man all diese Sachen machen? Wir machen's mal lieber, weil wir jemanden umbringen könnten, wenn nicht. Aber als sie die Maschine dann am Laufen hatten – die sind also mitten in der Operation und irgendwas geht schief und sie merken: Gott, diese Sache ist schiefgegangen und es hat kein bisschen Unterschied gemacht! Nächstes Mal schalten wir's aus! Weißt du, beim nächsten Hund, den wir durchlaufen lassen, schalten wir das Teil gar nicht erst an. Und Stück für Stück findet man heraus: Das hier ist wichtig und das hier nicht« (übers. B. P., Interview mit Donald K. Rex, Kassette, D Rex 9–21-2008 D, 02:45).

unmittelbar in die laufenden Ingenieurarbeiten ein.⁷⁰ Der Chirurg vermutete die Schwachstelle der fotoelektrischen Regelungstechnik hauptsächlich in der veränderlichen Lichtdurchlässigkeit des Blutes bei unterschiedlicher Dicke und versuchte penetrant, seine eigenen Vorstellungen eines adäquaten Rückkopplungssystems durchzusetzen: »Die Ingenieure und ich standen in ständigem telefonischen Austausch«, berichtete Miller. »Sie kamen ins Labor, wenn ich eine neue Komponente zur Vorführung entworfen hatte. Üblicherweise kam dies zweimal im Monat vor.«⁷¹

Die studierten Ingenieure waren gelinde gesagt wenig begeistert, sich von dem als überheblich und aufdringlich empfundenen Chirurgen Miller ihre Arbeit erklären zu lassen.⁷² In Gibbons Labor quittierten die Kollegen Millers Beförderung unterdessen mit humoristischen Kommentaren über seine elektrotechnischen Vorstöße. Eines Tages im April 1950 klebte in einem von der Laborbelegschaft geführten Scrapbook beispielsweise folgende Notiz: »Vermöge seiner Vielseitigkeit wird Dr. Bernard J. Miller hiermit auf Empfehlung seines bewundernden Kollegen Dr. John B. Flick Jr. zum Forschungsberater für chirurgische Elektronik im Department of Surgical Research am Jefferson Medical College ernannt.«⁷³

Seine bewunderte Vielseitigkeit verdankte Miller insbesondere einer damals nicht unüblichen Freizeitbeschäftigung. Als Kind der arbeitenden Klasse war der Chirurg mit der Maschinenwerkstatt seines Vaters aufgewachsen und »experimentierte« hobbymäßig mit Radioelektronik.⁷⁴ Überhaupt erlebte das Radioamateur-

70 Zur Beförderung siehe Tyler M. Bauer et al., »Bernard J. Miller, M.D., Sc.D. (Hon.) (1918–2007): The Life and Scientific Contributions of a Crucial Figure in the Development of the Heart-Lung Machine«, *The American Surgeon* 84/11 (2018), S. E472–E474, hier: S. E473.

71 Übers. B. P., »Recollections of My Research in Developing the Heart-Lung Machine at Jefferson Medical College« (2005), Miller, Bernard J. MS-113. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia; hier: S. 7; zur Frage der Blutdicke vgl. »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. 4.

72 So Rex mir, B. P., gegenüber in einem Telefongespräch am 16. Januar 2018.

73 Übers. B. P., Eintrag von April 1950, John H. Gibbon, Jr. Collection, Scrapbook JMCH-JMC Dept. of Surgical Research 1949–1951.

74 Zum Familienhintergrund und der Maschinenwerkstatt des Vaters vgl. »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), hier: S. 10; sowie Bauer et al., »Bernard J. Miller, M.D., Sc.D. (Hon.) (1918–2007)«, S. E472. Donald K. Rex bezeichnete Miller mir, B. P., gegenüber in einem Telefongespräch am 16. Januar 2018 als »ham radio operator«. Ob Miller wirklich lizenzierter Radioamateur war und auf Sendung ging oder sich vorwiegend auf rein technischer Ebene mit Radioelektronik befasste, ist unklar. Letzteres scheint wahrscheinlicher.

wesen im Nachkriegsamerika einen gewaltigen Aufschwung. Großkonzerne wie die Radio Corporation of America (RCA) oder General Electric (GE) befeuerten den blühenden Einzelhandel mit den von ihnen patentierten Radiobauteilen, indem sie spezielle Produktsparren für Tüftler entwickelten, zu Werbezwecken Bastelanleitungen bereitstellten und auf dem Markt für Amateurbedarf zumindest einen Teil des Gewinneinbruchs infolge der sinkenden Nachfrage von militärischer Seite wettmachten.⁷⁵ Die technischen Elemente der Radioelektronik waren deswegen so omnipräsent verfügbar, dass sich selbst die Inventarliste der ersten Herz-Lungen-Maschine aus dem IBM Sound Laboratory für Radioamateure wie eine Einladung las. Unter jedem zweiten elektronischen Bauteil stand dort geschrieben: »Erhältlich in jedem Laden für Radiozubehör.«⁷⁶

Millers Gegenvorschlag zur Lösung des Regulationsproblems basierte entsprechend auf einfachstem Grundlagenwissen für Radioamateure. So ließ sich etwa das Prinzip des variablen Kondensators in jedem Amateurhandbuch nachlesen: Ein Kondensator bestand aus mindestens zwei unterschiedlich geladenen Platten, die sich getrennt durch eine nicht leitfähige Substanz (das Dielektrikum) gegenüberlagerten und dadurch eine elektrische Kapazität erzeugten.⁷⁷ Variierte man das räumliche Verhältnis der Platten zueinander, sei es wie vorgesehen mithilfe eines Drehgewindes oder aber durch bastlerische Eingriffe, so veränderten sich die elektrische Kapazität des Kondensators und entsprechend die Empfangsfrequenz des Radiogeräts. Amateurhandbücher scheuten sich nicht, auf den Spaß hinzuweisen, den ein wenig technisches Fingerspitzengefühl im Umgang mit den Kondensatorplatten bereiten konnte: »Der mit ein paar einfachen Kniffen ausgestattete Experimentator kann einen regulären Rundfunkempfänger oftmals abändern, um die Abenteuer von Polizei-, Flugverkehr- und Amateurfunkfrequenzen hereinzubekommen.«⁷⁸

Als chirurgischer Experimentator stellte Miller mit dem variablen Kondensator jedoch Dinge an, die selbst für Amateurhandbücher zu abenteuerlich waren. Zunächst ließ er eine kleine rechteckige Platte in die Außenwand des Plexiglasbehälters am unteren Ende des Oxygenators ein. Gefertigt aus leitfähigem Messing stellte sie eine typische Kondensatorplatte dar. Ihr Gegenstück jedoch hätte in Material und Ausführung kaum unkonventioneller sein können. Denn als zweite »Platte« des eigentümlichen Kondensators fungierte eine elektrisch leitfähige Flüssigkeit, und

75 Siehe Kristen Haring, *Ham Radio's Technical Culture*, Cambridge, MA: MIT Press 2007, S. 52–66.

76 Übers. B. P., »Electrical Bill of Materials«, John H. Gibbon Papers, Series IV: Oxygenator, 1947–1958: Box 3, Folder 6: Operating Instructions, Diagrams, Parts & Designator Lists, 1945.

77 Siehe Headquarters Staff of The American Radio Relay League, *The Radio Amateur's Handbook*, 14. Aufl., West Hartford, CT: The American Radio Relay League 1936, S. 25f.

78 Übers. B. P., *Everybody's Radio Manual. How to Build and Repair Radio Receivers*, 3. Aufl., New York: Grosset & Dunlap 1943, S. 180.

zwar das Blut im Inneren des Auffangbehälters. Getrennt durch die Plexiglaswand als Dielektrikum unterhielten die Messingplatte und das Blut eine elektrische Kapazität, die sich der schwankenden Flüssigkeitsmenge hochpräzise anpasste. Parallel geschaltet mit einer Doppeltriode glied dieser unkonventionelle Sensor letztlich der Oszillatorschaltung eines Radioempfängers, der seine Frequenz entsprechend dem Blutvolumen modulierte und damit über weitere Elektronenröhren die Drehzahl des Pumpmotors regulierte.⁷⁹

Die Ingenieure kamen nicht umhin, die Eignung dieses Rückkopplungssystems auf der arteriellen Seite des extrakorporalen Kreislaufs anzuerkennen. Auf der venösen Seite versuchte Miller jedoch erfolglos, dasselbe Prinzip durchzusetzen. In den Tierversuchen hatten die Chirurgen beobachtet, dass Unregelmäßigkeiten im Blutfluss den Gummischlauch, der von der kanülierten Vene ausging, stets zum Flattern brachten, kurz bevor der wachsende Unterdruck so stark wurde, dass er die Venenwand blockierend in die Kanüle saugte. Miller glaubte, dieses Flattern ebenfalls durch ein am Schlauch angebrachtes Kondensatorplättchen in Frequenzmodulationen umwandeln zu können. Doch hier setzten sich schließlich die Ingenieure durch, die einwarfen, dass ein leicht gegen die Schlauchwand gespannter Federbolzen im Magnetfeld zweier Spulen dasselbe einfacher bewerkstelligen könnte.⁸⁰ Mit einiger Überredungskunst gelang es ihnen schließlich, Miller von dieser Lösung zu überzeugen: »Leo [Farr] rief Dr. Miller an und verkaufte ihm die Idee, das Flattern im weichen Gummischlauch mithilfe eines federbelasteten, mechanisch beweglichen Kerns zu erfassen, der einen Differenzialtransformator beeinflusst.«⁸¹

Die Geschichte des bastelnden Chirurgen und seiner Gegenspieler mag leicht als Anlass erscheinen, einmal mehr die Offenheit des Forschens in seinen »agonistischen Begegnungen«⁸² oder »unerhörten Verknüpfung[en] des Möglichen«⁸³ zu bewundern. Doch blickt man über das lokale Hantieren und Diskutieren hinaus, stellen sich die Fragen: Was waren überhaupt die konkurrierenden Möglichkeiten und

79 Vgl. John R. Engstrom, Leo E. Farr Jr. und Bernard J. Miller, »Electronic Control Circuits in the Mechanical Heart and Lung«, *Transactions of the IRE Professional Group on Industrial Electronics* 1/1 (1953), S. 31–40, hier: S. 32f.; sowie Bernard J. Miller, John H. Gibbon Jr. und Mary H. Gibbon, »Recent Advances in the Development of a Mechanical Heart and Lung Apparatus«, *Annals of Surgery* 134/4 (1951), S. 694–708, hier: S. 701f.

80 Siehe »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), hier: S. 4; Engstrom/Farr/Miller, »Electronic Control Circuits in the Mechanical Heart and Lung«, S. 34f.; sowie Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 697f.

81 Übers. B. P., Notizbucheintrag vom 4. Mai 1951, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4: Notes from Don Rex's Notebook, 1949–1951 (Transkript von Ada Romaine-Davis).

82 Latour, »Drawing Things Together«, S. 264.

83 Hans-Jörg Rheinberger, *Experiment, Differenz, Schrift: Zur Geschichte epistemischer Dinge*, Marburg an der Lahn: Basiliken-Presse 1992, S. 65.

was war dem Bastler definitionsgemäß »zur Hand«?⁸⁴ Die Ironie der Geschichte lag darin, dass sich sowohl die Vorschläge Millers als auch die der IBM-Ingenieure in den engen Grenzen des von einem einzigen Konglomerat kontrollierten Marktes für Elektronenröhren bewegten. »Als Bastler« wurde Miller, wie sein Zeitgenosse Theodor W. Adorno im US-amerikanischen Exil längst beobachtet hatte, »zum Entdecker eben der industriellen Erzeugnisse, die daran interessiert sind, von ihm entdeckt zu werden«.⁸⁵ Für die Ingenieure galt dies nicht weniger. Denn die Elektronenröhren, welche dieser wie jener vorgeschlagene Schaltkreis als Oszillator, Verstärker, Frequenzdetektor oder Steuerelement zum Einsatz brachte, stammten allesamt aus dem patentierten Repertoire der RCA beziehungsweise ihres einstigen Mutterkonzerns GE.⁸⁶

Gibbons Herz-Lungen-Maschine mochte dank der Patentrechtsabtretung im Ganzen eine nicht kommerzielle Maschine im Eigentum des Jefferson Medical College sein. Trotzdem bestand die Elektronik in ihrem Inneren aus kommerziellen Elementen, die sehr wohl den Zwängen kapitalistischer Märkte und dem Einfluss patenthaltender Dritter preisgegeben waren. So wie sich der vorgeblich freie Wettbewerb um Fördermittel maßgeblich als ein System persönlicher Gefälligkeiten entpuppte, so hegte das marktbeherrschende Oligopol um die RCA und GE die Freiheitsgrade der experimentellen Auseinandersetzung in den Grenzen seines Produktsortiments ein. All den Nachkriegserzählungen von Freiheit, Wettbewerb und Wissenschaft zum Trotz war die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine diesbezüglich, mit Marx gesprochen, »nur die freie Entwicklung auf einer bornierten Grundlage – der Grundlage der Herrschaft des Kapitals«.⁸⁷

84 Claude Lévi-Strauss, *Das wilde Denken*, übers. von Hans Naumann, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1973, S. 30.

85 Theodor W. Adorno, »Über den Fetischcharakter in der Musik und die Regression des Hörens«, in: ders., *Gesammelte Schriften*, Bd. 14, hg. von Rolf Tiedemann, 3. Aufl., Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1990, S. 15–50, hier: S. 43.

86 Vgl. die Produktnummern in Engstrom/Farr/Miller, »Electronic Control Circuits in the Mechanical Heart and Lung«, S. 38; mit den entsprechenden Herstellerangaben in »3C23 ID4325, Thyatron«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_3c23.html [abgerufen am 1. Juli 2024]; »6AL5 ID2973, Zweifach-Diode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6al5.html [abgerufen am 1. Juli 2024]; »6AU6 ID2115, Vacuum Pentode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6au6.html [abgerufen am 1. Juli 2024]; »6C4 ID2842, Triode (Hoch-)Vakuum«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6c4.html [abgerufen am 1. Juli 2024]; »12AT7 ID3539, Zweifach-Triode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_12at7.html [abgerufen am 1. Juli 2024]; sowie »12AV7 ID5289, Zweifach-Triode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_12av7.html [abgerufen am 1. Juli 2024].

87 Marx, *Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie*, S. 551.

8 Chemische Reaktionen: Die Behälter der Herz-Lungen-Maschine

Im Laufe der Versuche mit Model I trat immer deutlicher zutage, dass eine Herz-Lungen-Maschine stets mehr als ein automatisierter Mechanismus aus beweglichen Teilen war. Nicht minder war ihr Funktionieren auf ein zielgerichtetes Arrangement spezieller Behälter angewiesen: Die Leitungen beinhalteten und kanalisieren das Blut, der Oxygenator bot dessen Kontakt mit Sauerstoff Raum und schließlich schirmte das ummantelnde Gehäuse innere Funktionsabläufe vor äußeren Einflüssen ab.

In Anbetracht der »Roboterherzen und -lungen«, von denen die sensationsheischende Presse mittlerweile schrieb,¹ mochte die Bedeutung der scheinbar schlichten Behälter leicht in Vergessenheit geraten. Die Geringschätzung der Technizität von Behältern ist ein allgegenwärtiges Muster in der modernen Techniktheorie. Gibbons Landsmann und Zeitgenosse Lewis Mumford sieht darin die Fortsetzung »einer im neunzehnten Jahrhundert übliche[n] Praxis, technischen Fortschritt ausschließlich mit kraftbetriebenen, zunehmend automatisierten Maschinen gleichzusetzen«.² Tatsächlich bildet die Ignoranz gegenüber der »nicht minder wichtigen Rolle der Behälter« den Ausgangspunkt von Mumfords organologisch grundierter Kritik am *Mythos der Maschine*:

»[A]nfangs Herde, Höhlen, Fallen, Seilwerk; später Körbe, Schränke, Ställe und Häuser, gar nicht zu reden von noch späteren kollektiven Behältern, wie Reservoirs, Kanäle und Städte. Diese statischen Komponenten spielen eine wichtige Rolle in jeder Technologie, nicht zuletzt in unserer heutigen, mit ihren Hochspannungstransformatoren, ihren gigantischen chemischen Retorten und ihren Atomreaktoren.«³

-
- 1 Übers. B. P., »Life from Robot Hearts and Lungs Outside Your Body During Repairs«, *Pittsburgh Sun-Telegraph* (26. Februar 1939), S. 49.
 - 2 Lewis Mumford, *Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht*, übers. von Liesl Nürnberger und Arpad Hälbig, Frankfurt a.M.: Fischer 1977, S. 499.
 - 3 Ebd., S. 15.

Auch die marx'sche Analyse des Wandels vom Manufaktur- zum Fabrikwesen bildet keine vollkommene Ausnahme von Mumfords Kritik und achtet »die mechanischen Arbeitsmittel, deren Gesamtheit man das Knochen- und Muskelsystem der Produktion nennen kann«, höher als das »Gefäßsystem der Produktion [...] wie z.B. Röhren, Fässer, Körbe, Krüge usw.«.⁴ Doch wie Mumford hebt Marx explizit die »bedeutungsvolle Rolle« von Behältern in der »chemischen Fabrikation« hervor.⁵

Umgekehrt spielen Behälter wenig verwunderlich eine ausgesprochen negative Rolle im kritikfeindlichen Posthumanismus, wenn auch vornehmlich im metaphorischen Sinne. In seiner Geringschätzung von Behältern ist dieser Theoriezweig somit trotz gegenteiliger Bekundungen immer schon modern gewesen.⁶ Abgesehen von seinem statischen Geschichtsverständnis, das keinerlei Umbrüche oder Revolutionen kennt, basiert die posthumanistische Ontologie im Einklang mit ökonomischem Automatisierungs- und Flexibilisierungsstreben auf Prinzipien der Eigendynamik und Performativität.⁷ Insofern passt es ins Bild, dass Latours postkritische Polemik die Metapher des »mysteriösen Container[s]« gebraucht, um sozialwissenschaftliche Kategorien von Herrschaft, Kapitalismus und Gesellschaft als prinzipiell substanzlosen Reduktionismus zu delegitimieren.⁸ In geradezu verschwörungsgläubiger Manier wittert er in solchen Kategorien »Container«, die eine differenziertere Wirklichkeit zugunsten linker Pauschalkritik verbergen:

»Die Idee der Gesellschaft ist in den Händen ›sozialer Erklärer‹ der jüngsten Zeit gewissermaßen zu einem riesigen Containerschiff geworden, das kein Inspektor betreten darf und mit dessen Hilfe Sozialwissenschaftler Güter über Grenzen schmuggeln, ohne sie öffentlicher Überprüfung zugänglich zu machen.«⁹

Auf beiden Ebenen, der technisch-konkreten wie der metaphorischen, will ich in den folgenden Abschnitten Argumente gegen die Abwertung des Behälters vorbringen. Dafür gilt es zu zeigen, wie sich die Entwicklung von technischen Behältern der Herz-Lungen-Maschine keineswegs undifferenziert in die rahmende Geschichte des Industriekapitalismus einschreiben lässt. Den Gegenstand der Untersuchung bilden weitere Probleme, die bei den Versuchen mit Model I auftraten und schließlich zum Bau eines generalüberholten zweiten Modells aus dem Hause IBM führten.

4 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. 195.

5 Ebd.

6 Im Widerspruch zu Bruno Latour, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008.

7 Siehe auch die Theoriediskussionen in den Kapiteln 5 und 6 der vorliegenden Arbeit.

8 Bruno Latour, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2007, S. 143.

9 Ebd., S. 117f.

Dabei überlagerten und ergänzten Entwicklungen der chemischen Industrie nach dem Zweiten Weltkrieg die agrarindustriellen Grundlagen, auf die das chirurgische Experiment der 1930er-Jahre materiell gefußt hatte, und zwar im selben Zuge, in dem die Chirurgen und Ingenieure begannen, Teile der Herz-Lungen-Maschine im Sinne eines Behälters zu problematisierten.

Der erste Abschnitt des Kapitels widmet sich der Zersetzung roter Blutkörperchen aufgrund der Benetzungseigenschaften von Gummischläuchen und Glasröhren, die das Leitungssystem der Herz-Lungen-Maschine bildeten. Vor dem kontrastreichen Hintergrund marginalisierter Reinigungsarbeiten und hochprofitabler Industrieforschung zeichnete sich die Lösung ab, das Anhaften von Blutbestandteilen durch kommerzielle Silikonbeschichtungen zu vermeiden. Der zweite Abschnitt erläutert daraufhin den schrittweisen Wandel des Oxygenators von einer dynamischen Maschine, ähnlich der landwirtschaftlichen Milchscheider, zu einem statischen Behälter nach dem Vorbild eines chemischen Reaktors. Als entscheidend erwies sich dabei der Rückgriff auf Verfahrenstechniken des Chemieingenieurwesens, das sich im Zuge der industriellen Rationalisierung in der Zwischenkriegszeit herausgebildet hatte. Wie der dritte Abschnitt zeigt, machten sich die IBM-Ingenieure abschließend ans Werk, die elektronischen Komponenten der Maschine in einem Schutzbehälter vor dem Kontakt mit explosivem Narkosegas zu bewahren. Frachtbehälter und Motorgehäuse der petrochemischen Industrie dienten dabei einem Explosionsschutzkonzept für den Operationsraum als Vorbild.

In der Gesamtschau verdeutlichen all die Übernahmen außermedizinischer Materialien, Verfahrenstechniken und Sicherheitsvorkehrungen, dass die Wirtschafts- und Gesellschaftsform des Industriekapitalismus alles andere als eine inhaltsleere Hülse der Sozialkritik darstellt.

8.1 Silikonschichten zwischen marginalisierter Arbeit und Konzernprofiten

»Die Hämolyserate war hoch, so hoch, dass sie in einigen Fällen 500 und 600 Milligramm-Prozent erreichte.«¹⁰ Das neue Evelyn-Kolorimeter in Gibbons Labor sprach eine deutliche Sprache. Mittels fotoelektrischen Farbabgleichs wies das Analyseinstrument die Existenz von Hämoglobin dort nach, wo es in solch hohen Konzentrationen nichts verloren hatte: im Blutplasma der perfundierten Hunde. Physiologisch kam der Blutfarbstoff in den roten Blutkörperchen vor, wo er atmosphärischen Sauerstoff band und durch die Gefäße des Körpers transportierte. Doch irgendetwas im Inneren der IBM-gefertigten Herz-Lungen-Maschine wirkte

10 Übers. B. P., Bernard J. Miller, »The Development of Heart Lung Machines«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 154/3 (1982), S. 403–414, hier: S. 405.

sich zersetzend auf die fragilen Zellwände aus, setzte das Hämoglobin frei und tauchte das eigentlich gelblich-klare Plasma in ein unheilvolles Rot.¹¹

Das Problem der Hämolyse begleitete Gibbons Experimente seit den frühen Bostoner Tagen. Schon bei den ersten Versuchsaufbauten hatten John und Mary Gibbon deshalb probiert, die mechanische Fortbewegung des Blutes durch die Maschine möglichst schonend zu gestalten: Sie hatten darauf geachtet, schädliches Schäumen und Spritzen im Oxygenator zu vermeiden, die Strömungsintensität zu dämpfen und die Blutgerinnung mit Heparin zu hemmen, und spätestens mit dem Einbau der Rollerpumpen geglaubt, die Zellauflösung weitgehend unter Kontrolle zu haben.¹² Allerdings gaben sowohl der schon damals bestimmte Hämatokritwert als auch das neue Kolorimeter lediglich Aufschluss über das Ausmaß, nicht aber über die genaue Ursache des Problems. Entsprechend summarisch formulierte Gibbon in einem unveröffentlichten Aufsatzmanuskript um 1950: »Erythrozyten sind bei der Zirkulation durch jedweden extrakorporalen Kreislauf einem gewissen Maß an Trauma ausgesetzt. Der Grad der auftretenden Hämolyse ist direkt proportional zum Ausmaß des durch Schläuche, Pumpen, Ventile und Oxygenator verursachten Traumas.«¹³

Auf der Suche nach der Ursache der zellulären Auflösungserscheinungen zogen die mechanischen unter den fraglichen Bauteilen als Erstes die Aufmerksamkeit der Chirurgen in Philadelphia auf sich. Die motorbetriebenen Rollerpumpen zum Beispiel standen umgehend im Verdacht, die Blutzellen unter den walzenden Rollen zu zerreiben. Gibbons Forschungsgruppe fixierte die Rollen folglich mit größerem Abstand zu den gewalzten Schläuchen, auf dass diese nicht vollständig zusammengedrückt würden, bewirkten damit jedoch lediglich Schwankungen des

11 Siehe auch Thomas L. Stokes und John H. Gibbon Jr., »Experimental Maintenance of Life by a Mechanical Heart and Lung During Occlusion of the Venae Cavae Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 91/2 (1950), S. 138–156, hier: S. 146; sowie Kenneth A. Evelyn, »A Stabilized Photoelectric Colorimeter with Light Filters«, *Journal of Biological Chemistry* 115/1 (1936), S. 63–75.

12 So schilderte Gibbon im Bericht seiner Bostoner Versuche bereits einige Schwierigkeiten mit Hämolyse, behandelte diese im Bericht zu seinen Versuchsreihen von 1938 aber nur noch als Nebensächlichkeit (vgl. 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. 1127f.; 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. 611). Zu den getroffenen Maßnahmen siehe auch Kap. 4.1 und 5.1 der vorliegenden Arbeit.

13 Übers. B. P., titelloses Aufsatzmanuskript in 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 VII: Writings, 1959–1970: Box 6, Folder 8: Unpublished Heart-Lung Manuscripts, [undated].

Leitungsdrucks, die umso mehr Blutzellen das Leben kosteten.¹⁴ Seltener verirrt sich der Blick der Chirurgen hingegen ins Innere des Leitungssystems, das scheinbar nichts weiter tat, als das Blut zu beinhalten. Dabei waren die Gummischläuche und Glasröhren keineswegs unzugänglich im Maschineninneren verbaut, wie IBM-Ingenieur John R. Engstrom unterstrich: »Die Maschine musste so konstruiert sein, dass sie sich leicht auseinandernehmen ließ, weil die Ärzte – die normalerweise keine Ingenieure sind – sie demontieren und alle Oberflächen reinigen und sterilisieren mussten.«¹⁵

Der Grund für die ungleiche Beachtung von mechanischen Bauteilen und Behältern, die sich in der Praxis offenbar genau wie in der Theoriegeschichte der Technik niederschlug, lag also keineswegs in technischen Notwendigkeiten. Mit Mumford lassen sich vielmehr gesellschaftliche, genauer gesagt genderspezifische Hintergründe dieser Unwucht vermuten:

»Viele Gelehrte, die unschwer erkennen, daß Werkzeuge mechanische Nachbildungen der Muskeln und Glieder des männlichen Körpers sind – der Hammer ist eine Faust, der Speer ein verlängerter Arm, die Zange menschliche Finger –, scheinen sich schamhaft gegen die Einsicht zu Sperren [sic!], daß auch der weibliche Körper extrapoliert werden kann. Sie wollen nicht sehen, daß der Mutterleib ein schützender Behälter und die Brust ein Milchkrug ist; deshalb erkennen sie nicht die volle Bedeutung des Umstands, daß eine Vielfalt von Gefäßen genau zu dem Zeitpunkt in Erscheinung trat, da die Frau erwiesenermaßen in der Nahrungsversorgung und in der Gemeinschaftsführung eine wichtigere Rolle zu spielen begann als in den früheren Sammler- und Jägerwirtschaften.«¹⁶

Sicherlich stellen Mumfords genderspezifische Konnotationen von Werkzeugen und Behältern keine überzeitlichen oder überkulturellen Universalien dar.¹⁷ Doch falsch ist der Grundgedanke nicht, dass zumindest die kapitalistisch-patriarchale Arbeitsteilung europäisch-angloamerikanischer Tradition häusliche Arbeiten mit Behältern (wie Kochen, Vorratshaltung, Reinigung) systematisch an Frauen übertrug und marginalisierte.¹⁸

-
- 14 Siehe John H. Gibbon Jr., »Medicine's Living History«, *Medical World News* (3. November 1972), S. 46–47, 51–53, hier: S. 53.
 - 15 Übers. B. P., Engstrom, zitiert nach Jack Dann, »Today's Heart Surgery Made Possible by Endicott Contributions 40 Years Ago«, *Endicott Heritage* (August 1988), S. 17–19, hier: S. 18.
 - 16 Mumford, *Mythos der Maschine*, S. 167.
 - 17 Siehe auch Erhard Schüttelpelz, »Vom Werkzeug zum Behälter, vom Behälter zum Medium. Die Ausweitungen des Körpers«, in: Nina Engelhardt und Johannes F. M. Schick (Hg.), *Erfinden, Schöpfen, Machen. Körper- und Imaginationstechniken*, Bielefeld: transcript 2021, S. 25–72, hier: S. 34.
 - 18 Siehe z.B. Gisela Bock und Barbara Duden, »Arbeit aus Liebe – Liebe als Arbeit: Zur Entsteuerung der Hausarbeit im Kapitalismus«, in: Gruppe Berliner Dozentinnen (Hg.), *Frauen und*

In Gibbons Labor jedenfalls bekamen die Herren Doktoren das Innere der Blutbehälter deshalb selten zu Gesicht, weil sie lästige Routinearbeiten wie die Reinigung der Gummischläuche und Glasröhren konsequent an den weiblichen Teil der Belegschaft um die Labortechnikerin Joanne Crothers delegierten.¹⁹ »Die Laborbelegschaft bestand aus sechs technischen Assistentinnen, die die Maschine warteten und vorbereiteten«, erinnerte sich Gibbons Versuchsleiter Bernard J. Miller.²⁰ »Jo Ann Cruthers [sic!], die oberste technische Assistentin im Labor, war bereits zwei oder drei Jahre vor meiner Einbindung im Projekt. Sie kümmerte sich um die Vorbereitung der Hunde, die Bestimmung und Kreuzprobe von Blutgruppen sowie viele andere Pflichten.«²¹ Aufgrund dieser genderspezifischen Arbeitsteilung waren die Labortechnikerinnen zweifellos auch für jene Entdeckung verantwortlich, welche die Blutbehälter endlich von ihrer technisch-materiellen Seite ins Blickfeld der Chirurgen rückte: Rückstände feiner Fibrinfasern hafteten an den Innenwänden der Leitungen.²²

Dass die Oberflächenmaterialien von Behältern bei Benetzung mit Blut gerinnungsfördernd und traumatisch auf die zellulären Bestandteile wirken konnten, war im Allgemeinen keine neue Erkenntnis. Schon die Kontaktflächen von Transfusions- und Perfusionsapparaturen des späten 19. und frühen 20. Jahrhunderts waren aus genau diesem Grund nur aus sorgfältig ausgewählten Materialien gefertigt und in Ermangelung von Heparin manchmal mit einer gerinnungsverzögernden Schutzschicht aus Paraffin oder Vaseline bestrichen worden. Die glatten, che-

Wissenschaft. Beiträge zur Berliner Sommeruniversität für Frauen, Juli 1976, Berlin: Courage 1977, S. 118–199.

- 19 Namentlich erwähnt in der Filmaufnahme »The Extracorporeal Diversion of Systemic and Coronary Venous Blood Flow During Auriculotomy and Ventriculotomy« (1952) by Bernard J. Miller, Charles Fineberg, John H. Gibbon; Kopie auf Videokassette (11 min.); Films and Videos Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; WG 168 VC no. 39 1952. Das einzige erhaltene Zeugnis über die Reinigungsarbeiten an Gibbons Herz-Lungen-Maschine legte die Krankenschwester Joeann G. T. Fraser bezüglich eines Nachfolgemodells in den frühen 1960er-Jahren ab: »Dieser Vorgang dauerte mehrere Stunden, sogar über Nacht. Bevor eine Lösung namens Hemosol daherkam, musste jedes Teil separat in Plastikwannen eingeweicht werden, um jegliche Beschädigung der hochglanzpolierten Oberflächen zu vermeiden, die zur Übertragung von Blutaggregaten auf den nächsten Patienten führen konnte. Einige Teile mussten zuerst mit großen Pfeifenreinigern gereinigt werden. [...] Wir befanden uns noch nicht im Zeitalter der Einwegartikel« (übers. B. P., Joeann G. T. Fraser, »Retrospective on Dr Gibbon and His Heart-Lung Machine«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76/6 (2003), S. S2197–S2198, hier: S. S2197).
- 20 Übers. B. P., »Recollections of My Research in Developing the Heart-Lung Machine at Jefferson Medical College« (2005), Miller, Bernard J. MS-113. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia; hier: S. 6.
- 21 Übers. B. P., Miller, »The Development of Heart Lung Machines«, S. 412.
- 22 Vgl. Stokes/Gibbon, »Experimental Maintenance of Life«, S. 141.

misch inerten Oberflächen von Gummi und Glas galten allerdings nach jahrzehntelanger Praxiserfahrung als die am wenigsten traumatisierenden unter den verfügbaren Materialien.²³ Neuerdings schien einzig Edelstahl, wie er in der Schleudertrommel von Gibbons Oxygenator verbaut war, ähnlich kompatibel mit Blut zu sein, jedoch nicht mit den peristaltischen Pumpen der Herz-Lungen-Maschine, deren Rollen über elastisches Schlauchmaterial walzen mussten.

Seit der Zäsur für Gibbons Forschungsprojekt durch den Zweiten Weltkrieg hatte sich das traditionelle Repertoire verfügbarer Materialien allerdings beträchtlich erweitert, und zwar um Produkte aus der Klasse der siliciumorganischen Verbindungen, genauer gesagt um Silikone. In diesem profitversprechenden Metier waren sich Männer keineswegs zu schade, sich mit spezifischen Ummantelungen oder Schutzschichten für Behälter auseinanderzusetzen. Auch wenn die chemische Fachwelt einhellig den Nottinghamer Universitätsprofessor Frederic S. Kipping für seine 1904 geglückte Laborsynthese als »Vater der siliciumorganischen Chemie« pries, waren es Industriechemiker wie Eugene G. Rochow von General Electric (GE) und J. Franklin Hyde von Corning Glass Works, welche die einstige akademische Kuriosität in Konzernprofite umzumünzen wussten. In den 1930er-Jahren hatten sie sich bei der Suche nach hitzebeständigen elektrischen Isoliermaterialien auf dem Gebiet der siliciumorganischen Chemie wiedergefunden und ihren jeweiligen Konzernen zahlreiche Schlüsselpatente auf dem noch jungen Forschungsgebiet beschert.²⁴ GE und Dow Corning, ein 1943 von Corning Glass Works und der Dow Chemical Company gemeinsam gegründetes Tochterunternehmen, schlossen zum Kriegsende gegenseitige Lizenzabkommen über besagte Patente und trieben die

-
- 23 Vgl. Pierre M. Galletti und Gerhard A. Brecher, *Heart-Lung Bypass. Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*, New York: Grune & Stratton 1962, S. 34; sowie Stefan Schulz, »Vom Paraffin zum Bernstein: Die ›Evolution‹ von Bluttransfusionsapparaten aus gerinnungsverzögernden Materialien im frühen 20. Jahrhundert«, *Jahrbuch des Deutschen Medizinhistorischen Museums* 10 (1999), S. 221–255.
- 24 Siehe Margaret B. W. Graham und Alec T. Shuldiner, *Corning and the Craft of Innovation*, Oxford: Oxford University Press 2001, S. 125–127, 133f.; sowie Herman A. Liebhafsky, *Silicones under the Monogram. A Story of Industrial Research*, New York: Wiley 1978, S. 67–70, 94–98. Ironischerweise hatte sich der Glasproduzent aus Corning, New York in den 1930er-Jahren strategisch gegen den umsatzstarken, aber von übermächtiger Konkurrenz dominierten Absatzmarkt für Glasbehälter entschieden, um auf dem Gebiet der siliciumorganischen Chemie nach Verbesserungsmöglichkeiten von Isolierband aus Glasfaser zu forschen und letztlich, wie im Folgenden gezeigt, Schutzfilme u.a. für Glasbehälter zu entwickeln. Da sowohl Glas als auch Silikone auf der chemischen Verbindung von Silicium mit Sauerstoff bzw. Kohlenstoff beruhen, war das Interesse eines Glasproduzenten an der siliciumorganischen Chemie kein so großer Sprung, wie es auf den ersten Blick erscheinen mag.

Massenproduktion von künstlichen Ölen, Harzen und Elastomeren tatkräftig voran.²⁵

Zu den ersten Produkten aus der Klasse der siliciumorganischen Verbindungen, die nach dem Zweiten Weltkrieg auf den Markt kamen, gehörten Dow Corning Silikonöl »DC 200« und das Pendant »Dri-Film« aus dem Hause GE. Bereits bei Rochows Entwicklung eines zur Massenproduktion tauglichen Syntheseverfahrens für gasförmige Silikonzwischenprodukte (heute bekannt als Müller-Rochow-Synthese) von 1940 hatten sich die außergewöhnlichen Oberflächeneffekte siliciumorganischer Verbindungen auf Glasgefäßen, Filterpapieren und anderen Laborgegenständen in Form eines unbenetzbaren Filmes niedergeschlagen, von dem Wasser einfach abperlte.²⁶ Um in der Nachkriegszeit neue zivile Absatzmärkte zu erschließen, bewarben die Unternehmen die flüssigkeitsabweisenden Eigenschaften ihrer Silikone nun mit proaktivem Vertretermarketing in unterschiedlichsten Branchen. Dow Corning schickte beispielsweise Vertreter zu Automobilzulieferern und in Großbäckereien, wo Schutzfilme aus ausgehärtetem Silikonöl bald Reifengussformen beziehungsweise Backpfannen gegen das Anhaften unliebsamer Rückstände imprägnierten.²⁷ Noch unkonventionellere Pfade schlug GE ein: Auf den initialen Hinweis einer Krankenschwester, die mit der Reinigung von gläsernen Blutbehältern betraut war, stellte GE das Silikonöl einer Torontoer Forschungsgruppe unter Charles H. Best bereit, um damit Blutgerinnungsstudien durchzuführen.²⁸

So trugen die marginalisierten Reinigungsarbeiten von Krankenschwestern und Labortechnikerinnen ihren Teil dazu bei, dass die flüssigkeitsabweisenden Qualitäten von silikonbeschichteten Blutbehältern bereits Ende der 1940er-Jahre in medizinischen Fachkreisen diskutiert und erprobt wurden.²⁹ Während die Ersetzung

25 Vgl. Graham/Shuldiner, *Corning and the Craft of Innovation*, S. 133–139; sowie Earl L. Warrick, *Forty Years of Firsts. The Recollections of a Dow Corning Pioneer*, New York: McGraw-Hill 1990, S. 74.

26 Vgl. Eugene G. Rochow, *Silicium und Silicone. Über steinzeitliche Werkzeuge, antike Töpfereien, moderne Keramik, Computer, Werkstoffe für die Raumfahrt und wie es dazu kam*, übers. von Eduard Krahé, Berlin: Springer 1991, S. 93, 149f.; sowie Liebhafsky, *Silicones under the Monogram*, S. 128–130.

27 Vgl. Warrick, *Forty Years of Firsts*, S. 88–94.

28 Zum initialen Hinweis vgl. Liebhafsky, *Silicones under the Monogram*, S. 166; zu den Blutgerinnungsstudien von Bests Forschungsgruppe vgl. Louis B. Jaques et al., »Silicones and Blood Coagulation«, *Canadian Medical Association Journal* 55/1 (1946), S. 26–31, hier: S. 31.

29 Siehe z.B. ebd.; Björk, *Brain Perfusions in Dogs*, S. 80f.; Thomas B. Patton, Arnold G. Ware und Walter H. Seegers, »Clotting of Plasma and Silicone Surfaces«, *Blood* 3/6 (1948), S. 656–659; Kenneth M. Brinkhouse und Charles P. Emmerson, »Use of Protective Interfaces in Blood Collection and Storage«, in: Carl J. Potthoff (Hg.), *The Preservation of the Formed Elements and of the Proteins of the Blood*, Boston: American National Red Cross 1949, S. 303–304; Eugene G. Rochow, Louis B. Jaques und Ivan Brown, »Silicone«, in: Carl J. Potthoff (Hg.), *The Preservation of the Formed Elements and of the Proteins of the Blood*, Boston: American National Red Cross 1949,

altbewährter Gummi- und Glaskomponenten durch Kunststoffe in der Medizin der Nachkriegszeit nur zögerlich voranschritt, schickten sich die patentgeschützten Silikonöle an, reguläre Verbrauchsmaterialien bei der Handhabung von Blut zu werden.³⁰ »Es ist ratsam, neue Glasgefäße mit drei Anwendungen zu behandeln, um einen gleichmäßigen Film zu gewährleisten«, instruierte der GE-Chemiker Rochow in einer Publikation des Roten Kreuzes. »Für kritische Verwendungen ist es ebenso ratsam, die Ausrüstung vor jedem Gebrauch neu zu beschichten.«³¹

Die Chirurgen in Gibbons Labor stuften ihre experimentellen Einsätze der Herz-Lungen-Maschine zweifellos als »kritische Verwendungen« ein. Seit der Entdeckung der Fibrinrückstände in den Gummischläuchen und Glasröhren lag es in ihrem ureigenen Forschungsinteresse, weitere Evidenz für die Hämostatizität von Silikonbeschichtungen zu liefern. Und tatsächlich wussten Gibbon und Miller bald darauf von ersten Erfolgen zu berichten: »Im Experiment wurde festgestellt, dass es während der Zirkulation des Blutes durch den Apparat zu weniger Hämolyse kam, wenn das Blut in Kontakt mit nicht benetzbaren Oberflächen war. Deshalb wurden die in den drei Pumpen verwendeten Gummischläuche und alle Glasverbindungen mit DC 200 silikonisiert.«³²

Mit der Einführung des Silikonöls in Gibbons Labor gingen nicht zu unterschätzende Veränderungen der inneren und äußeren Verhältnisse des chirurgischen Experiments einher. Innerhalb des Labors steigerte sich mit der Zeit der Arbeitsaufwand für die Vorbereitung und Wartung der Herz-Lungen-Maschine

S. 305–309; sowie Harold Margulies und Nelson W. Barker, »The Coagulation Time of Blood in Silicone Tubes«, *The American Journal of the Medical Sciences* 218/1 (1949), S. 42–51.

- 30 IBM Model II illustriert diesen Ersetzungsprozess gut. Teile der Blutleitungen bestanden bereits aus noch heute gängigen Tygon-Schläuchen, bestehend aus einer Kunststoffmischung, während Verbindungsstücke weiterhin aus Glas und das Schlauchmaterial der von den Rollen gewalzten Leitungsabschnitte noch immer Gummi, also Naturkautschuk, war (vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 702). Ein Grund für diese zögerliche Ersetzung dürfte neben Unsicherheiten bezüglich der Biokompatibilität vor allem im noch fragmentarischen Wissen über Weichmacher gelegen haben (siehe Reginald L. Wakeman, *The Chemistry of Commercial Plastics*, New York: Reinhold 1947, S. 84f.). Dort, wo besonders elastisches Material vonnöten war, bestanden deshalb mindestens bis in die 1960er-Jahre Gummischläuche fort (vgl. Galletti/Brecher, *Heart-Lung Bypass*, S. 41).

- 31 Übers. B. P. Rochow/Jaques/Brown, »Silicone«, S. 306.

- 32 Übers. B. P. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 702. Von insgesamt drei Pumpen war die Rede, weil in der Apparatur, auf die sich der Artikel bezog, neben der venösen und arteriellen Rollerpumpe eine zusätzliche Rollerpumpe Blut zum Ausgleich von Volumenschwankungen von der arteriellen Leitung zurück in den Oxygenator beförderte. Mary Gibbon wurde auf Drängen ihres Ehemanns als Koautorin gelistet, war aber tatsächlich nicht mehr direkt in die Versuchsdurchführungen involviert (vgl. »Recollections of My Research in Developing the Heart-Lung Machine at Jefferson Medical College« (2005), Miller, Bernard J. MS-113. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia; hier: S. 24).

beträchtlich. Sobald die männlichen Industriechemiker und Chirurgen ihre profit-beziehungsweise prestigeträchtigen Forschungen abgeschlossen hatten, delegierten sie die routinemäßige Behandlung der Blutbehälter wieder zurück an den weiblichen Teil der Laborbelegschaft. Zur Reinigung der mit Silikonöl veredelten Oberflächen oblag es letztlich den Labortechnikerinnen, alle blutführenden Leitungen in ihre Einzelteile zerlegt mit Seifenlauge zu putzen und die wieder zusammengesetzte Herz-Lungen-Maschine im Anschluss mehrfach mit Desinfektionsmittel, Kochsalz- beziehungsweise Natriumchloridlösung durchzuspülen.³³

Gänzlich vermeiden ließ sich die Hämolyse in Anbetracht der körperfremden Behälter, die das Blut in der Herz-Lungen-Maschine durchströmte, auch mit der aufwendigsten Oberflächenbehandlung nie. Wohl oder übel musste sich Gibbon damit abfinden, dass die Auflösung der roten Blutkörperchen eine chirurgisch produzierte Krankheitserscheinung der extrakorporalen Zirkulation darstellte. Doch durch die Auskleidung der Maschineninnenräume mit chemisch inerten und flüssigkeitsabweisenden Kontaktflächen, wie sie die penibel gesäuberten Silikon-schichten boten, ließ sich die Freisetzung von Hämoglobin im Regelfall auf deutlich unter 100 Milligramm pro 100 Kubikzentimeter Plasma eindämmen.³⁴

Was die Nische des chirurgischen Experiments in den Industrielandschaften der Nachkriegszeit betraf, so stand die Beschichtung der Blutbehälter mit Silikonöl stellvertretend für die wachsende Abhängigkeit in der medizinischen Handhabung des Blutes von der chemischen Industrie. Während die Verabreichung des Gerinnungshemmers Heparin im landwirtschaftlichen Sektor der Fleischindustrie verankert blieb, unterlag der Schutz zellulärer Bestandteile beim Transport des Blutes durch körperfremde Behälter neuerdings der Belieferung durch einen Chemiekonzern wie Dow Corning. Als einen von vielen technischen Anwendungsbereichen verwickelte das Unternehmen die Herzchirurgie in eine langfristige Abhängigkeit von seinen patentgeschützten Kunststoffen. Dies war der Preis, wollte man das unheilvolle Rot des Plasmas im Evelyn-Kolorimeter in einen unbedenklichen Hauch von Orange verwandeln.

8.2 Turbulenz im statischen Behälter: Der Oxygenator als chemischer Reaktor

»Wenn er zwei Stockwerke hoch sein muss, dann legen Sie los und machen ihn zwei Stockwerke hoch. Machen Sie sich um die Größe keine Sorgen, wenn es den Zweck

33 Vgl. Bernard J. Miller, John H. Gibbon Jr. und Charles Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus. Its Use during Open Cardiomy in Experimental Animals«, *Medical Clinics of North America* 37/6 (1953), S. 1603–1624, hier: S. 1610.

34 Vgl. ebd., S. 1612–1614.

erfüllt.«³⁵ Solch ironische Kommentare musste Gibbon ertragen, wenn er Kollegen wie dem erfahrenen Physiologen und Pharmakologen Alfred N. Richards von dem zentralen Dilemma seines Experiments erzählte. Je länger die Versuche mit IBM Model I in Philadelphia andauerten, desto klarer wurde Gibbon, dass sein in der Theorie plausibles Konzept des zentrifugalen Filmoxygenators zusehends an praktische Grenzen stieß. Seit den frühen Tierversuchen in Boston hatte sich die innere Oberfläche der zylindrischen Schleudertrommel bereits mehr als verdreifacht. Auf nunmehr 7100 Quadratzentimetern breitete sich das Blut in einem dünnen Film aus, um den Gasaustausch anzuregen.³⁶ Trotz dieser Kapazitätssteigerung zeugten die Blutgasanalysen nach Van Slyke oft nur von einer grenzwertigen Sauerstoffsättigung – und das bei kleinen Hunden.³⁷ Um das ungleich größere Blutvolumen eines Menschen adäquat mit Sauerstoff anzureichern, hätten die Dimensionen der Schleudertrommel nach Gibbons Schätzungen tatsächlich in die unrealistische Höhe von besagten zwei Stockwerken vorstoßen müssen.

Ungeachtet ironischer Kommentare plante Gibbon in seinem chirurgischen Forschungslabor keine Deckendurchbrüche oder Ähnliches, um eine haushohe Schleudertrommel unterzubringen. Stattdessen suchte er mit seiner Forschungsgruppe nach möglichen Effizienzverlusten des bisherigen Oxygenierungsverfahrens. Immerhin basierte der Mechanismus der künstlichen Lunge auf mehreren Übersetzungsschritten von Motorkraft in Bewegung: Ein Elektromotor versetzte die in Kugellagern aufgehängte Trommel über Triebriemen in schnelle Rotation um die eigene Vertikalachse, sodass die entfachte Zentrifugalkraft das herabfließende Blut in einem dünnen Film gegen die innere Trommelwand drängte.³⁸ Nicht ahnen konnte Gibbon zu diesem Zeitpunkt, dass am Ende der Suche keines dieser beweglichen Maschinenteile mehr übrig bleiben würde. Denn zwischen 1949 und 1951 durchlief der Oxygenator einen schrittweisen Wandel von einem dynamischen Mechanismus nach dem Vorbild einer landwirtschaftlichen Maschine zu einem statischen Behälter, konzipiert als chemischer Reaktor.

Erste Hinweise darauf, dass die erzeugten Bewegungskräfte Effizienzverluste mit sich brachten, erhielt Gibbon von seinen schwedischen Kollegen aus Stockholm.

35 Übers. B. P., Alfred N. Richards, zitiert nach John H. Gibbon Jr., »Development of the Artificial Heart and Lung Extracorporeal Blood Circuit«, *The Journal of the American Medical Association* 206/9 (1968), S. 1983–1986, hier: S. 1984.

36 Vgl. Thomas L. Stokes und John B. Flick Jr., »An Improved Vertical Cylinder Oxygenator«, *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 73/3 (1950), S. 528–529, hier: S. 528.

37 Vgl. Stokes/Gibbon, »Experimental Maintenance of Life«, S. 148f.; sowie Bernard J. Miller, »The Laboratory Work Preceding the First Clinical Application of Cardiopulmonary Bypass«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76 (2003), S. 2203–2209, hier: S. 2203.

38 Vgl. »Oxygenator. Construction and Operation«, Sound Laboratory International Business Machines Corporation, Endicott, New York; John H. Gibbon Papers, Series IV: Oxygenator, 1947–1958: Box 3, Folder 7: Oxygenator Construction and Operation Manual, [undated].

Clarence Crafoords Doktorand, Viking O. Björk, erinnerte zurecht daran, dass der ursprüngliche Zweck einer Milchscheuder, deren zentrifugales Funktionsprinzip Gibbon bei der Konstruktion seines Oxygenators adaptiert hatte, nicht etwa im Gasaustausch, sondern in der massenspezifischen Abscheidung der in Flüssigkeit suspendierten Feststoffe (des Rahmes von Magermilch) lag. Auch wenn die Schleudertrommel des Oxygenators mit erheblich niedrigerer Rotationsgeschwindigkeit lief als bei Milchscheudern oder gar Ultrazentrifugen, reichte die erzeugte Zentrifugalkraft zumindest aus, um die sauerstoffaufnehmenden Zellen innerhalb des dünnen Blutfilmes hin zur Innenwand der Schleudertrommel und weg von der Oberfläche zu bewegen, die in direkten Kontakt mit eingeleitetem Sauerstoff kam.³⁹ »Indem wir den Zylinder mitsamt seinem Film rotieren lassen«, fasste Gibbon die Kritik zusammen, »sedimentieren wir die roten Blutkörperchen direkt am Zylinder, sodass nur eine Plasmaschicht (die ziemlich dick sein kann) dem Sauerstoff ausgesetzt bleibt.«⁴⁰

Weder die experimentierenden Chirurgen in Philadelphia noch die Maschinenbau- und Elektroingenieure im IBM-Hauptquartier in Endicott, New York wussten den Sauerstoffmolekülen einen Weg durch die entstehende Plasmabarriere zu bahnen. Doch eine Mischung aus industriekapitalistischen Entwicklungen und persönlichen Beziehungen brachte Fachleute, die es konnten, in Gibbons unmittelbare Reichweite. Denn knapp 40 Kilometer von Philadelphia entfernt hatte sich bereits in der Zwischenkriegszeit eine neue Berufsgruppe ausdifferenziert, die sich bestens auf die effiziente Absorption von Gasen in Flüssigkeiten verstand. Dort, in der Stadt Wilmington im Staat Delaware, betrieb der Chemiekonzern Du Pont eine wachsende Abteilung für Chemieingenieurwesen, die Chemical Engineering Section, der mittlerweile ein Ruf als »die Nummer eins der Forschungseinrichtungen im Chemieingenieurwesen der US-amerikanischen Chemieindustrie« vorausseilte.⁴¹ Ebenfalls in Delaware wohnte Gibbons Fellow Thomas L. Stokes, dessen Nachbar Jack R. Caddell seit 1947 als Experte für Fluidmechanik und Reaktordesign in der Chemical Engineering Section arbeitete. Das gute Nachbarschaftsverhältnis verschaffte den Chirurgen ein offenes Ohr in der renommierten Industrieforschungsabteilung.⁴²

39 Zu Björks Hinweis auf die Milchscheuder, speziell den »Alfa Laval separator«, und seiner experimentellen Evaluation von Gibbons Oxygenationsverfahren siehe Björk, *Brain Perfusions in Dogs*, S. 18f.

40 Übers. B. P., »Notes on Crafoord's Pump Oxygenator«, John H. Gibbon Papers, Series VII: Writings, 1959–1970: Box 7, Folder 2: Misc. Printed Material, 1968–1970 [sic; irreführende Datierung].

41 Übers. B. P., Edwin Baker, zitiert nach Donald F. Boucher, *History of the Engineering Technology Laboratory. Part I: The First 25 Years, 1929–1953*, Wilmington, DE: E. I. du Pont de Nemours & Company 1980, S. 49.

42 Zu Caddells Einstellung in der Chemical Engineering Section vgl. ebd., S. 68; exemplarisch für Caddells Expertise siehe Jack R. Caddell (Hg.), *Fluid Flow in Practice*, New York: Reinhold 1956;

Mit der Sauerstoffanreicherung von Blut hatte Caddell bei Du Pont, das seit dem 19. Jahrhundert für Schießpulver, Sprengstoffe und neuerdings für synthetische Polymere wie Nylon bekannt war, rein gar nichts zu tun. Doch Du Ponts Produktionsanlagen, deren Reaktortürme die Industrielandschaften von New Jersey über West Virginia bis South Carolina säumten, waren nicht auf dem Boden des Wissens um einzelne Chemikalien gewachsen.⁴³ Vielmehr lag Du Ponts Expansion ab den 1920er-Jahren eine prozessorientierte Rationalisierung der Anlagenplanung nach fordistischen und tayloristischen Kriterien zugrunde. Das Chemieingenieurwesen hatte sich im Zuge dessen gerade durch die Abstraktion verfahrenstechnischer Grundprinzipien von den klassischen Disziplinen der Laborchemie und des Maschinenbaus emanzipiert.⁴⁴ Während in der Zwischenkriegszeit die Anlagenplanung als Sequenz kombinierbarer Standardverfahren, sogenannter *Unit Operations*, die Maxime gewesen war, erforschten Caddell und seine Kollegen in der Chemical Engineering Section um 1950 Optimierungsprinzipien des Reaktordesigns für verschiedene Reaktionsklassen:

»Die hoch kompetitive Wirtschaft heutzutage verlangt für den Ausbau auf Fabrikkapazität weit mehr als eine bloße Vervielfachung von Laboratoriumseinheiten. Das Reaktordesign im weitesten Sinne muss daher die Ermittlung – durch verglei-

sowie Jack R. Caddell und David M. Hurt, »Principles of Reactor Design. Homogeneous Reactions«, *Chemical Engineering Progress* 47/7 (1951), S. 333–338. Zur Zusammenarbeit von Caddell mit Stokes und anderen Mitgliedern der Forschungsgruppe vgl. V. Zehl, »IBM Heart Lung Machine«, 3. Juni 2017 (Entwurf eines Artikels mit Erinnerungen von John R. Engstrom und Donald K. Rex), IBM Heart-Lung Machine. Techworks! Archive. Center for Technology & Innovation, Binghamton, NY; sowie Interview mit Donald K. Rex, durchgeführt von Susan Sherwood, Kassette, B Rex 9–21-2008 B, 28:10; IBM Heart-Lung Machine. Techworks! Archive.

43 In Deepwater, New Jersey ging 1919 eine Farbstofffabrik in Betrieb und baute ihre Produktionskapazität in den Folgejahren aus; in den späten 1920er-Jahren errichtete Du Pont eine Ammoniakfabrik in Belle, West Virginia; 1950 erhielt das Unternehmen den Staatsauftrag zu Planung, Errichtung und Betrieb einer Fabrik für die Verarbeitung nuklearer Rohstoffe am Savannah River nahe Aiken, South Carolina (vgl. Vance E. Senecal, »Du Pont and Chemical Engineering in the Twentieth Century«, in: William F. Furter (Hg.), *History of Chemical Engineering*, Washington, D.C.: American Chemical Society 1980, S. 283–301, hier: S. 287f., S. 288 bzw. S. 295f.).

44 Siehe hierzu ausführlicher und mit Schwerpunkt auf das Konzept der *Unit-Operations*: David A. Hounshell und John K. Smith, *Science and Corporate Strategy. Du Pont R&D, 1902–1980*, Cambridge: Cambridge University Press 1988, S. 275–281; sowie Pap A. Ndiaye, *Nylon and Bombs. DuPont and the March of Modern America*, übers. von Elborg Forster, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2007, S. 31–35.

chende Auswertungen – der wirtschaftlich optimalen Bauart, Größe und Form von Anlagen für *jede vorgegebene Kapazität und Leistung* einschließen.«⁴⁵

So brachte der industriekapitalistische Übergang von der Produkt- zur Prozessorientierung ein verfahrenstechnisches Wissen hervor, das sich flexibel auf neue oder unkonventionelle Substanzen übertragen ließ. Ob nun Stickstoffdioxid in Wasser oder aber Sauerstoff in Blut absorbiert werden sollte, spielte aus der Warte des Chemieingenieurwesens eine nachgeordnete Rolle.⁴⁶ Beide Vorgänge waren in Caddells Begriffen heterogene Reaktionen zwischen Flüssigkeits- und Gasphase – und ein Oxygenator nichts anderes als ein chemischer Reaktor vom Typ einer Absorptionskolonne.⁴⁷

Erwartungsgemäß bot die Schleudertrommel des Oxygenators gemessen an den Ansprüchen des Reaktordesigns suboptimale Reaktionsbedingungen. Das soll nicht heißen, dass Gibbons Modell nicht gewisse Charakteristika einer typischen Absorptionskolonne aufwies. Genau wie die industriechemischen Reaktoren dieses Typs funktionierte der Oxygenator nach dem Gegenstromprinzip mit einem herabfließenden Flüssigkeitsfilm und aufsteigendem Gas, das sich durch Verengung des Hohlraums um die Flüssigkeit herum konzentrierte.⁴⁸ Zu bemängeln hatte Caddell allerdings, dass das Blut – gerade weil es in der Schleudertrommel beträchtlichen Kräften ausgesetzt war – laminar über die glatte Edelstahloberfläche strömte. Ein effizientes Reaktordesign, klärte Caddell auf, zielte jedoch auf die Erzeugung von Turbulenz.⁴⁹

Unter Turbulenz verstand der Chemieingenieur im Sinne der Fluidmechanik eine Verwirbelung des Flüssigkeitsfilms, die ein Untermischen des Gases bewirkte

45 Übers. B. P. Caddell/Hurt, »Principles of Reactor Design«, S. 333 [Herv. B. P.]. Zum Wandel des Schwerpunkts nach dem Zweiten Weltkrieg siehe zudem Hounshell/Smith, *Science and Corporate Strategy*, S. 285.

46 Die Absorption von Stickstoffdioxid in Wasser bildete die abschließende *Unit Operation* der Produktion von Salpetersäure (eine Zutat für Dynamit), die Du Pont in den 1920er-Jahren mithilfe seiner Chemieingenieure hochfuhr (vgl. ebd., S. 277).

47 Zur Klassifikation von Reaktionen nach den involvierten Phasen (Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase) vgl. Caddell/Hurt, »Principles of Reactor Design«, S. 333. Zur Einordnung eines Oxygenators als Absorptionskolonne siehe zudem »Engineering, Surgery Combine To Develop Heart-Lung Machine«, *Chemical and Engineering News* 29/15 (1951), S. 1412, 1414, hier: S. 1412 (hier am Beispiel von parallel zu Gibbon aufgenommenen Versuchen am Hahnemann Hospital und dem Drexel Institute of Technology in Philadelphia).

48 Vgl. Thomas K. Sherwood, *Absorption and Extraction*, New York: McGraw-Hill 1937, S. 127; sowie »Oxygenator. Construction and Operation«, Sound Laboratory International Business Machines Corporation, Endicott, New York; John H. Gibbon Papers, Series IV: Oxygenator, 1947–1958: Box 3, Folder 7.

49 Vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 708; sowie Interview mit Donald K. Rex, durchgeführt von Susan Sherwood, Kassette, B Rex 9–21–2008 B, 28:50.

und so die reaktiven Kontakte der Bestandteile vervielfältigte. Auf das Problem des Oxygenators übertragen bedeutete dies, dass die bei laminarer Strömung unter der Plasmaschicht verschwindenden Zellen aufgewirbelt und gleichzeitig die Oberfläche des Blutfilms fortwährend von der sauerstoffreichen Atmosphäre durchdrungen werden konnte, was einen deutlich effizienteren Gasaustausch versprach.⁵⁰

Wer geglaubt hatte, zur Erzeugung eines turbulenten Blutfilms gelte es nun, die Zahl der beweglichen Maschinenteile weiter aufzustocken, sah sich eines Besseren belehrt. Die chemische Ingenieurskunst bestand im Gegenteil darin, den Reaktionsbehälter mit statischen Einbauten, sogenannten Packungen, auszustatten, deren unregelmäßige Oberflächenstruktur Strömungswiderstände bot. Während die frühesten solcher Packungen einfach aus Gesteins- oder Koksbrocken bestanden hatten, mehrte sich seit der Zwischenkriegszeit die Vielfalt zweckmäßig hergestellter Packungen.⁵¹ Konkret riet Caddell seinem Nachbarn Stokes zu Packungen aus engmaschigem Drahtgitter, ähnlich denen, die der kanadische Chemieingenieur Donald F. Stedman in den späten 1930er-Jahren eingeführt hatte.⁵² Abschüssig im Reaktor angeordnet, boten die siebartigen Drahtgitter der herabfließenden Flüssigkeit reichlich Fläche, um sich kraft ihrer Oberflächenspannung über die feinen Öffnungen im Maschenwerk hinweg auszubreiten. Völlig bewegungslos ragten die einzelnen Maschen dabei aus dem Flüssigkeitsfilm heraus, um ihn zu verwirbeln wie Steine das Wasser in einem Bachlauf.⁵³

Unter all den ausgeklügelten Mechanismen der Herz-Lungen-Maschine bildete somit ein einfaches Stück Maschendraht das entscheidende Puzzleteil chemischer Verfahrenstechnik, welches den Oxygenator in der Folge binnen dreier Entwicklungsschritte grundlegend umkrempelte. Trotz der fachkundigen Nachbarschaftshilfe gaben die Chirurgen ihre dynamische Maschine zunächst nur zögerlich auf. In einem ersten Schritt kleideten Stokes und sein Kollege John B. Flick Jr. einfach

50 Zur Turbulenz im zeitgenössischen Anwendungskontext der chemischen Industrie siehe z.B. Georg C. Brown, *Unit Operations*, New York: Wiley 1950, S. 517f.; zum Funktionsprinzip im Falle des Oxygenators siehe auch R. Taylor, »A Mechanical Heart-Lung Apparatus«, *IBM Journal of Research and Development* 1/4 (1957), S. 330–340, hier: S. 335; zur allgemeinen Forschungsgeschichte des Problems der Turbulenz siehe Michael Eckert, *The Turbulence Problem. A Persistent Riddle in Historical Perspective*, Cham: Springer 2019.

51 Vgl. Sherwood, *Absorption and Extraction*, S. 131.

52 Zur Einführung der Stedman-Packung siehe Norbert Kockmann, »200 Jahre Entwicklung in der kontinuierlichen Destillation«, *Chemie Ingenieur Technik* 85/12 (2013), S. 1815–1823, hier: S. 1820; zur Erwähnung der Stedman-Packung in direktem Zusammenhang mit der Sauerstoffanreicherung von Blut siehe außerdem »Engineering, Surgery Combine To Develop Heart-Lung Machine«, S. 1412.

53 Vgl. Donald F. Stedman, *Liquid and Vapor Contacting Device*, US2227164A, United States Patent Office 1940.

die Innenwände der vorhandenen Schleudertrommel von IBM Model I mit engmaschigem Drahtgitter [*screen*] aus und brachten Blut auf die gewohnte Art und Weise zum Schleudern.⁵⁴ Die gasometrischen Analysen im Nachgang deuteten an, dass der Chemieingenieur nicht zu viel versprochen hatte. Die veränderte Oberflächenstruktur zeigte Wirkung:

»Vor der Einführung des Drahtgitters führte die fortlaufende Steigerung der Flussrate oberhalb von 1 Liter pro Minute zu einer fortlaufenden Abnahme der Blutsauerstoffsättigung. Mit dem Drahtgitter jedoch lässt sich die Flussrate auf das 8-Fache dieser Menge steigern – mit zufriedenstellender Blutoxygenierung.«⁵⁵

Angespornt durch diesen Durchbruch unternahm Gibbons Forschungsgruppe sogleich weitere Testläufe, bei denen Blut in einer sauerstoffgefüllten Kolonne über einen Streifen aus Drahtgitter floss. Zum Vergleich verwendeten die Chirurgen Geflechte unterschiedlicher Drahtstärke und Maschenenge, um den jeweiligen Einfluss der Oberflächenstruktur auf die Sauerstoffaufnahme des Blutes zu studieren. Unter Abwägung der Oxygenierungsleistung gegen die zur Benetzung nötige Blutmenge fiel die Wahl schließlich auf ein Drahtgitter aus Edelstahl, das die Cleveland Tyler Wire Company standardisiert für industriechemische Verfahren herstellte.⁵⁶

Von diesem Moment an entfernte sich das Reaktordesign des Oxygenators Stück für Stück von der Ursprungsform der Milchscheuder und gab mehr und mehr seiner beweglichen Teile auf. In einem zweiten Schritt wandte sich Gibbon auf Basis der neuen Erkenntnisse wieder an die Ingenieure von IBM, um einen neuen Oxygenator entwerfen zu lassen, der den Turbulenzeffekten gezielt Rechnung trug. Ende Januar 1950 begann der Maschinenbauingenieur Donald K. Rex folglich, an einer Trommel mit patronenförmig zulaufender Kappe zu feilen (siehe Abb. 12).⁵⁷ Die Trommelwände bestanden nun direkt aus dem erlesenen Drahtgitter und verharrten regungslos in einem mit Sauerstoff durchströmten Kunststoffgehäuse. Das einzige bewegliche Teil der Konstruktion war eine rotierende Düse, die das Blut über die Kappe verteilte, von wo aus der Flüssigkeitsfilm das Drahtgitter innen wie außen benetzte.⁵⁸

Mit dem zunehmenden Verschwinden beweglicher Teile waren auch die Tage der altbewährten zylindrischen Trommelform gezählt. Diese verkörperte ein evolu-

54 Vgl. Stokes/Flick, »An Improved Vertical Cylinder Oxygenator«, S. 528.

55 Übers. B. P., ebd., S. 529.

56 Vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 695f.; sowie Albert E. Reed, »Screens in the Process Industries«, *Industrial and Engineering Chemistry* 30/12 (1938), S. 1369–1371.

57 Vgl. den Eintrag in Rex' Notizbuch vom 27. Januar 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

58 Vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 696f.

tionäres Überbleibsel der Rahmabscheidung in der Milchscheider und entpuppte sich unter Verzicht auf Rotationskräfte zusehends als funktionsloses Effizienzhindernis. Dass die Kapazität des neuen Oxygenators noch nicht dem Blutvolumen größerer Hunde oder gar Menschen genügte, war von vornherein klar gewesen. Doch Durchläufe der Drahtgittertrommel mit Rinderblut von einem Schlachthof lieferten Caddell, der den Konstruktionsprozess weiterhin begleitete, zumindest eine Datengrundlage zur Berechnung der für spezifisch anvisierte Oxygenierungsleistungen aufzubietenden Fläche an Drahtgitter.⁵⁹ Um die errechneten 8000 Quadratzentimeter und mehr in zylindrischer Anordnung unterzubringen, hätte der Oxygenator zwar nicht mehr zwei Stockwerke in die Höhe wachsen, aber noch immer »sperrige und unpraktische« Dimensionen annehmen müssen.⁶⁰ »Nachdem wir törichterweise an der geometrischen Form eines senkrechten Zylinders festgehalten hatten, wurde ersichtlich, dass es effizienter war, eine Anzahl senkrechter Drahtgitterplatten zu verwenden«, erinnerte sich Gibbon.⁶¹

Genau genommen war es Gustav V. A. Malmros, Leiter der Ingenieurgruppe von IBM, der im Juni 1950 mit der Idee aufwartete, mehrere Platten aus Drahtgitter senkrecht hintereinander zu montieren wie Zellen einer Autobatterie (siehe Abb. 13).⁶² Bei diesem grundlegend veränderten Design verschwand in einem dritten Schritt nicht nur die zylindrische Trommelform, sondern mit der rotierenden Drüse auch das letzte bewegliche Maschinenteil. Stattdessen wurden die Drahtgitterplatten in einem Plexiglasgehäuse aufgehängt und durch schmale Schlitzze am Boden einer Verteilerkammer direkt oberhalb der Aufhängungen mit herabfließendem Blut benetzt.⁶³ Die Dimensionen der Drahtgitterplatten änderten sich im Laufe des Konstruktionsprozesses noch mehrmals, da die Chirurgen bei menschlichen Patient*innen letztlich von einer geringeren Ausgangssättigung des venösen Blutes mit Sauerstoff ausgingen als ursprünglich angenommen und dementsprechend zusätzliche Fläche veranschlagten.⁶⁴ Das finale Design sah

59 Vgl. ebd., S. 696 und 708; sowie Bernard J. Miller, »Development of the Heart-Lung Machine at Jefferson and Its First Application in the Surgery of the Heart«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 452–465, hier: S. 454.

60 Übers. B. P., Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 696.

61 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619, hier: S. 616.

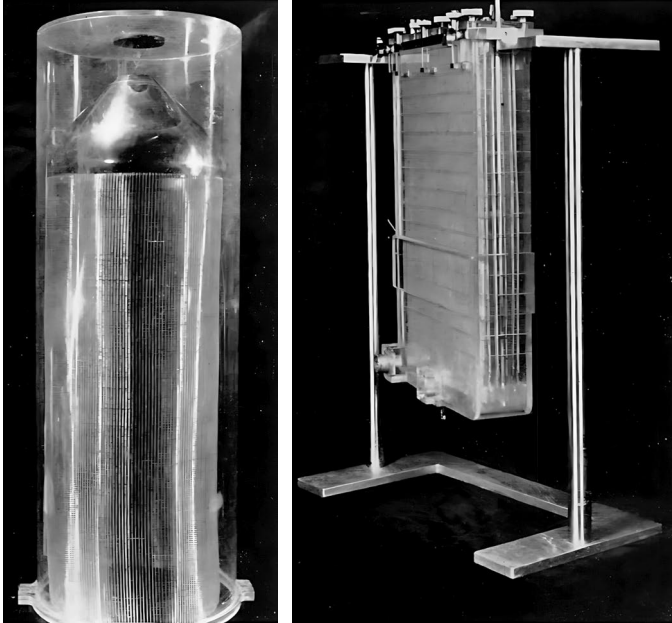
62 Vgl. Miller, »The Development of Heart Lung Machines«, S. 406. Arbeiten an einem »batterieplattenartigen Oxygenator« (übers. B. P.) finden in Rex' Notizbuch erstmals am 19. Juni 1950 Erwähnung; John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

63 Vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 699f.

64 Vgl. Eintrag in Rex' Notizbuch vom 21. Juli 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

schließlich Platz für bis zu acht Drahtgitterplatten mit einer Größe von jeweils 30 mal 60 Zentimetern vor.⁶⁵

Abb. 12/13: Entwicklungsschritt des Oxygenators von der Trommel mit patronenförmiger Kappe (l.) zum batterieförmigen Reaktor (r.)



Quelle: Bernard J. Miller, John H. Gibbon Jr. und Mary H. Gibbon, »Recent Advances in the Development of a Mechanical Heart and Lung Apparatus«, *Annals of Surgery* 134/4 (1951), S. 694–708, hier: 697 und 698.

Mit diesem letzten Entwicklungsschritt konkretisierte sich der Oxygenator zu einem hocheffizienten Behälter bar jeglichen Mechanismus aus beweglichen Teilen. Das Statische des Behälters bedeutete jedoch keinesfalls, dass es wenig technischer Finesse zur adäquaten Durchführung der Sauerstoffanreicherung bedurfte. Die Schwierigkeit bestand in der gleichmäßigen Benetzung des Drahtgitters mit einem Blutfilm ohne Rinnsalbildung. Zunächst probierten die Chirurgen und Ingenieure, die Benetzbarkeit des Drahtgitters durch Bestreichen mit Gelatine oder Proteinlösungen zu verbessern.⁶⁶ Doch zuverlässige Ergebnisse erzielte erst eine Technik,

65 Vgl. Miller/Gibbon/Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus«, S. 1608.

66 Vgl. Eintrag in Rex' Notizbuch vom 20. April 1951, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4; sowie Miller, »Development of the Heart-Lung Machine at Jefferson«, S. 455.

die einmal mehr dem industriechemischen Umgang mit Stedman-Packungen entstammte und als »Vorflutung [*preflooding*]« Eingang in die Fachliteratur gefunden hatte.⁶⁷ Demnach fluteten die Chirurgen das Plexiglasgehäuse vor dem Gebrauch bis zum Rand mit physiologischer Kochsalzlösung und ließen diese im selben Moment ab, in dem das erste Blut durch die Schlitze der Verteilerkammer floss. Der fallenden Flüssigkeitssäule aus Kochsalzlösung unmittelbar nachfolgend, strömte das Blut über die bereits befeuchteten und von Lufteinschlüssen befreiten Maschen und bildete endlich den gewünschten Film.⁶⁸

Die im Tierversuch mit dem neuen Oxygenator erzielten Ergebnisse gaben Anlass, ihn zum Prunkstück eines generalüberholten Modells der Herz-Lungen-Maschine, IBM Model II, zu machen.⁶⁹ Die einzelnen Entwicklungsschritte der künstlichen Lunge auf dem Weg von der dynamischen Schleudertrommel zum statischen Reaktorbehälter illustrieren die mühsame Abkehr einer Maschine von ihren technologischen Vorbildern der Vergangenheit. Selbst als bereits feststand, dass sich die Sauerstoffanreicherung des Blutes nicht durch Zentrifugalkraft, sondern durch die Oberflächenstruktur des Drahtgitters steigern lassen würde, brauchte es mehrere Schritte, um die einst von der landwirtschaftlichen Milchscheider entlehnten Rotationsbewegungen und die zylindrische Trommelform endgültig abzustreifen.

Bemerkenswert ist dabei, wie eng die Geschichte dieses medizintechnischen Wandlungsprozesses mit der Geschichte der chemischen Industrie zusammenhing. Personell wie materiell fußte der Wandel des Oxygenators zu einem Reaktorbehälter auf der Rationalisierung industriechemischer Produktionsanlagen, die beginnend in der Zwischenkriegszeit sowohl zur Ausdifferenzierung des Chemieingenieurwesens als auch zur Entwicklung prozessorientierter Verfahrenstechniken beitrug. Ohne beides hätte der Chemieingenieur Caddell den experimentellen Chirurgen niemals aufzeigen können, wie sich eine statische Reaktorpackung aus Drahtgitter zur Verwirbelung von Blut adaptieren ließ.

So aber stand Gibbon endlich ein Oxygenator zur Verfügung, der eine klinische Anwendung der Herz-Lungen-Maschine in greifbare Nähe rückte. Bei Durchflussraten, für welche die ursprüngliche Schleudertrommel zwei Stockwerke beansprucht hätte, verwandelte der bewegungslose Behälter vom Ausmaß eines

67 Siehe A. L. Glasebrook und F. E. Williams, »Ordinary Fractional Distillation. Part I. Apparatus«, in: Arnold Weissberger (Hg.), *Technique Of Organic Chemistry*, Bd. 4: *Distillation*, New York: Interscience Publishers 1951, S. 175–294, hier: S. 211.

68 Vgl. Miller/Gibbon/Gibbon, »Recent Advances«, S. 701; sowie Glasebrook/Williams, »Ordinary Fractional Distillation. Part I. Apparatus«, S. 211. Die Technik wird vorgeführt zu Beginn der Filmaufnahme »The Extracorporeal Diversion of Systemic and Coronary Venous Blood Flow During Auriculotomy and Ventriculotomy« (1952) by Bernard J. Miller, Charles Fineberg, John H. Gibbon; Films and Videos Collection, WG 168 VC no. 39 1952.

69 Siehe auch Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 156f.

kleinen Koffers zuverlässig bläuliches in sattrotes Blut. Angesichts dieser enormen Effizienzsteigerung verfiel in Gibbons Labor wohl kaum jemand mehr der von Mumford angeprangerten »moderne[n] Unsitte, das Statische geringer zu werten als das Dynamische«. ⁷⁰ Gibbon selbst war in den 1930er-Jahren lange genug der Ruf eines eigenwilligen Tüftlers an absonderlichen Mechanismen, als »dieser Fellow, der glaubt, er baut eine mechanische Lunge«, vorausgeeilt. ⁷¹ Im Nachhinein würdigte Gibbon sicherlich nicht ohne Genugtuung das Statische seines neuen Oxygenators explizit: »Die künstliche Lunge vom Drahtgittertyp hat den zusätzlichen Vorteil, keinerlei bewegliche Teile zu haben.« ⁷²

8.3 Funkenschlag und Ätherdampf: Schutzbehälter in explosiver Atmosphäre

Während ein Behälter wie der Oxygenator der Intensivierung des Kontakts zwischen Blut und Gas diente, gehörten zur Infrastruktur eines Operationsraums zahlreiche Behälter mit der gegenteiligen Funktion, ihr Inneres vor dem Kontakt mit Gas abzuschirmen. Auf besonders dramatische Weise unterstrich dies der Aufmacher einer Werbeanzeige für hoch spezialisierte Lampenfassungen, Steckdosen und Schalter, die 1947 in der Zeitschrift der amerikanischen Krankenhausgesellschaft erschien:

»Schützen Sie Ihre ÄRZTE, SCHWESTERN, PATIENTEN vor den Gefahren explosiver Anästhetika, indem Sie in Ihren Operationsräumen Crouse-Hinds explosionsgeschützte Condulet-Elektrik installieren.

Die Verwendung explosiver Anästhetika bereitet Krankenhaus- und Kommunalbehörden sowie Brandschutz- und Unfallversicherern große Sorgen. Die Gefahrenbereiche beschränken sich nicht nur auf die Räume, in denen die Anästhetika gelagert oder verwendet werden, sondern können sich laut Bestimmung der National Fire Association horizontal auf zehn Fuß Entfernung von den Türen, die zu solchen Räumen führen, und bis zu einer Höhe von sieben Fuß über dem Fußboden erstrecken.« ⁷³

70 Mumford, *Mythos der Maschine*, S. 168.

71 Übers. B. P., John Lear, »Science May Give You a Second Heart«, *Collier's* (27. September 1952), S. 22–24.

72 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Normal Heart and Temporary Substitutes for the Heart and Lungs«, *Proceedings of the American Philosophical Society* 109/3 (1965), S. 112–116, hier: S. 116.

73 Übers. B. P., Crouse-Hinds Company, »Protect your Doctors, Nurses, Patients«, *Hospitals. The Journal of the American Hospital Association* 21/12 (1947), S. 31. Das Wort »condulet« war ein Kofferwort, das »conduit« und »outlet« zu einem Markennamen für Kabelschutzgehäuse amalgierte (vgl. David N. Keller, *Cooper Industries, 1833–1983*, Athens, OH: Ohio University Press 1983, S. 297).

Wer glauben mochte, bei den von der Crouse-Hinds Company heraufbeschworenen Katastrophen handle es sich um bloße Angstmacherei als Verkaufsargument, sollte sich seiner Sache nicht zu sicher sein. Nur ein Jahr später erschütterte eine aufsehenerregende Serie von Explosionen in Operationsräumen die Staaten der Ostküste und rief eine Untersuchungskommission des Innenministeriums auf den Plan.⁷⁴ Doch neu war das Phänomen keineswegs. Meldungen über Brände und Explosionen in Operationsräumen datierten mindestens bis zur frühen Anwendung von Narkosegasen in der Mitte des 19. Jahrhunderts zurück und erhielten mit der Elektrifizierung der Krankenhäuser um 1900 sowie dem vermehrten Einsatz von komprimiertem Sauerstoff ab den 1930er-Jahren neue Nahrung.⁷⁵ »Es gab eine Zeit, da suchte die Angst vor Wundinfektion den Chirurgen heim«, bemühte der renommierte Anästhesiologe Ralph M. Waters einen historischen Vergleich: »Heute liefert die Angst vor Explosion einen dramatischeren Ersatz.«⁷⁶

Angesichts der Katastrophenmeldungen der vergangenen Jahre konnte sich die Belegschaft des Jefferson Hospital in Philadelphia glücklich schätzen, dass die Elektrik des örtlichen Operationsraumes bereits mit Explosionssicherungen von Crouse-Hinds ausgestattet war.⁷⁷ Doch in den frühen 1950er-Jahren schickte sich ein neuer Gefahrenherd an, auf das Herzstück des Krankenhauses zuzurollen. Zusätzlich zu dem entzündlichen Narkosegas, das in der Luft lag, brachte dieses »leblose Monster«⁷⁸ vom Ausmaß eines Klaviers eine unheilvolle Kombination aus komprimiertem Sauerstoff und funkenschlagnenden Elektromotoren mit in den Operationsraum. Das »Monster« war die Herz-Lungen-Maschine.

Die Erkenntnis, dass von der Herz-Lungen-Maschine eine potenzielle Explosionsgefahr ausging, markierte den Auftakt der finalen Episode in der Konstruktionsgeschichte von IBM Model II. Gibbon selbst lief es eiskalt den Rücken herunter, als er realisierte, bereits seit den 1930er-Jahren in der Nähe von ungeschützten Elektromotoren, die seine Pumpen antrieben, mit entzündlichen Gasen experimentiert zu haben. »Mir schaudert heute«, gestand er rückblickend, »wenn ich an diese Mischung aus Ätherdampf und Sauerstoff denke, doch wir hatten nie eine Explosion.

74 Siehe Paul G. Guest, V. W. Sikora und Bernard Lewis, *Static Electricity in Hospital Operating Suites: Direct and Related Hazards and Pertinent Remedies*, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines 1952, S. 1f.

75 Siehe A. G. MacDonald, »A Short History of Fires and Explosions Caused by Anaesthetic Agents«, *British Journal of Anaesthesia* 72/6 (1994), S. 710–722.

76 Übers. B. P., Ralph M. Waters, »Explosion Jitters«, in: ders., *Holding Court With the Ghost of Gilman Terrace: Selected Writings of Ralph Milton Waters, M.D.*, hg. von David C. Lai, Park Ridge, IL: Wood Library-Museum of Anesthesiology 2002, S. 111.

77 Vgl. Eintrag in Rex' Notizbuch vom 28. November 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

78 Übers. B. P., Lear, »Science May Give You a Second Heart«, S. 24.

Ich nehme an, Gott wacht über junge chirurgische Forscher ebenso wie über Narren und Kinder!«⁷⁹

Bei der Explosionssicherheit der Herz-Lungen-Maschine weiterhin allein auf Gott zu vertrauen, wäre der Fahrlässigkeit jedoch zu viel gewesen. Deshalb beratschlagten die IBM-Ingenieure 1950 in Endicott über ein geeignetes Maschinengehäuse, das die Elektromotoren samt der vielen elektronischen Bauteile wie ein Schutzbehälter vor dem Kontakt mit explosivem Narkosegas bewahren konnte. »Ich entwerfe die allgemeine Anordnung wie Rahmen, Abdeckungen usw.«, notierte Rex. »Das Problem des Explosionsschutzes der Maschine wird gerade geprüft.«⁸⁰

Trivial war der Explosionsschutz einer klaviergroßen Maschine, durch die sowohl elektrischer Strom als auch Blut floss, keineswegs. Das Prädikat »explosionsschutz [explosion-proof]« galt nach der Definition des National Electric Codes im engeren Sinne für ein Gehäuse, das einer Explosion im Inneren standhielt, entstehende Flammen undurchdringlich einschloss und so die Entzündung von Gasen und Dämpfen in der äußeren Atmosphäre verhinderte.⁸¹ Die Ummantelung einer Lampenfassung oder Steckdose nach dieser Norm war eine Sache. Aber ein explosionsschutztes Gehäuse für große Maschinen oder Motoren erforderte schwere Stahlwände, verschweißte oder penibel versiegelte Fugen und zu allem Überfluss ein ausgeklügeltes Kühlungssystem, um die eingeschlossene Abwärme unter Kontrolle zu halten.⁸² Bei mancher Industriemaschine mochte diese kostspielige und materialaufwendige Lösung gangbar sein. Ein künstliches, blutdurchströmtes Organsystem, das im Klinikalltag hin- und herbewegt und zwecks Reinigung nach jeder Anwendung zerlegt werden musste, wäre unter solchen Schutzmaßnahmen jedoch an die Grenzen der Praktikabilität gestoßen.

Neue Hinweise hofften die Ingenieure in der rund 100 Kilometer nördlich gelegenen Stadt Syracuse zu finden. Dort besuchten John R. Engstrom und sein Vorgesetzter Malmros im August 1950 den Hauptsitz der Crouse-Hinds Company.⁸³ Die Ausstattung von Operationsräumen war eigentlich nicht das Kerngeschäft des 1897

79 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Gestation and Birth of an Idea«, *Philadelphia Medicine* 59/37 (1963), S. 913–916, hier: S. 915. Allen Verfechter*innen des Zufallsprinzips in der Geschichte der Wissenschaft, Medizin und Technik (siehe Kap. 3) sei an dieser Stelle zugestanden, dass die Tatsache, dass Gibbon sein Labor nie in die Luft sprengte, tatsächlich reiner Zufall war.

80 Übers. B. P., Einträge in Rex' Notizbuch vom 8. und 9. August 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

81 Vgl. Arthur L. Abbott, *National Electrical Code Handbook*, 6. Aufl., New York: McGraw-Hill 1947, S. 8.

82 Vgl. »Get the Right Enclosure for Large Motors in Hazardous Areas«, *Power* 100/3 (1956), S. 82–84, hier: S. 84.

83 Siehe Eintrag in Rex' Notizbuch vom 9. August 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

gegründeten Unternehmens. In der Anfangszeit hatten Huntington B. Crouse und Jesse L. Hinds mit der Produktion spezieller Kabelgehäuse und Leuchtmittel moderat vom US-amerikanischen Netzausbau nach Wechselstromstandard profitiert. Doch im Windschatten der rasant expandierenden Ölindustrie hatte sich ihr Unternehmen ab den 1920er-Jahren zu einem Weltmarktführer im wachsenden Geschäftsfeld explosionsgeschützter Gehäuse aufgeschwungen.⁸⁴

Dass der französische Schriftsteller und Philosoph Georges Bataille die vom Erdöl befeuerte Überflusswirtschaft der Vereinigten Staaten 1949 als »größte Explosivkraft, die es jemals auf der Welt gegeben hat«, bezeichnete, war eine durchaus wörtlich zu nehmende Diagnose.⁸⁵ Katastrophale Explosionen zählten tatsächlich zu den inhärenten Problemen der von petrochemischen Produktionsstätten und Infrastrukturen durchzogenen Industrielandschaften. Schon im frühen 20. Jahrhundert stellten hohe Verdampfungsverluste auf dem Transportweg des Erdöls durch Pipelines und Tanks – von offenen Ölfeldern ganz zu schweigen – nicht die Ausnahme, sondern die Regel dar.⁸⁶ Doch mit der Durchsetzung petrochemischer Produkte als elementare Brennstoffe in Automobil- und Flugzeugantrieben sowie als Rohmaterial der Kunststoffindustrie vervielfachten sich die Orte, an denen explosive Öldämpfe die Atmosphäre schwängerten, noch einmal beträchtlich.⁸⁷ So stufte Crouse-Hinds Operationsräume nach den Sicherheitsnormen des National Electric Codes in einer Gruppe mit Tankstellen, Chemiewerken, Erdölraffinerien und anderen als Orte der Gefahrenklasse I ein.⁸⁸

Vor diesem Hintergrund war es kaum verwunderlich, dass Engstrom und Malmros mit einem Explosionssicherheitskonzept nach Endicott zurückkehrten, das in der Ölindustrie bereits wohl erprobt war. Genau genommen lagen die historischen Ursprünge des Konzepts in der Tankschiffahrt der späten 1930er-Jahre. Damals hatten erste Ölkonzerne begonnen, ihre Flotten mit sogenannten Inertgasanlagen auszustatten, um dem erhöhten Explosionsrisiko entleerter Öltanks beizukommen. Je weiter der Füllstand eines Frachtbehälters sank, desto mehr Sauerstoff konnte sich wie ein Brandbeschleuniger darin ausbreiten und mit den verbliebenen Öldämpfen zu einem hochexplosiven Gemisch konzentrieren.⁸⁹

84 Vgl. Keller, *Cooper Industries*, S. 294–302.

85 Georges Bataille, *Die Aufhebung der Ökonomie*, übers. von Traugott König, Heinz Abosch und Gerd Bergfleth, 3., erw. Aufl., München: Matthes & Seitz 2001, S. 209; siehe auch Benjamin Steininger und Alexander Klose, *Erdöl. Ein Atlas der Petromoderne*, Berlin: Matthes & Seitz 2020, S. 103f.

86 Vgl. Hugh S. Gorman, *Redefining Efficiency. Pollution Concerns, Regulatory Mechanisms, and Technological Change in the U.S. Petroleum Industry*, Akron, OH: University of Akron Press 2001, S. 79.

87 Vgl. Keller, *Cooper Industries*, S. 300–302.

88 Vgl. C. W. Gustafson, *Manual of Electrical Requirements for Hazardous Locations. An Analysis of Article 500 of the National Electric Code*, Syracuse, NY: Crouse-Hinds Company 1941, S. 8–13.

89 Vgl. Gorman, *Redefining Efficiency*, S. 123 und 252.

Zur Verdrängung von Sauerstoff leiteten Inertgasanlagen ein nicht entzündliches Gasgemisch aus gefilterten Schiffsabgasen (hauptsächlich Kohlenstoffdioxid und Stickstoff) in den frei werdenden Raum des Frachtbehälters. Die Aufrechterhaltung eines geringfügigen Überdrucks gegenüber der Außenatmosphäre stellte dabei sicher, dass im Falle eines Lecks das Inertgas ausströmte, anstatt dass sauerstoffhaltige Außenluft einströmte, wodurch die Entstehung explosiver Konzentrationen im Keim erstickt wurde.⁹⁰

Als die IBM-Ingenieure 1950 am Gehäuse von Model II arbeiteten, war es in der Industrie bereits Praxis, auch Motoren, deren Ausmaße die Kapazitätsgrenzen explosionsgeschützter Gehäuse überschritten, mit Inertgas gegen Öldämpfe abzusichern. Genau wie in Operationsräumen ließ sich nämlich in Industriestätten, die petrochemische Rohstoffe und Produkte im großen Stil verarbeiteten, die Entstehung explosiver Gasgemische in der Atmosphäre kaum mit Sicherheit ausschließen. Doch ein mit Inertgas unter Druck gesetztes Motorgehäuse konnte gefährliche Gasgemische effektiv und relativ kostengünstig am Vordringen zu einem potenziellen Explosionsherd hindern.⁹¹ »Anstatt die Maschine explosionsgeschützt abzusichern«, resümierte Rex mit Blick auf die Herz-Lungen-Maschine, »wäre es wohl möglich, die elektronischen Bauteile, Schalter, Registrier- und Messgeräte usw. in Gehäusen unterzubringen, die mit CO₂ oder N₂ unter Druck gesetzt werden können, und dadurch Explosionen zu verhindern.«⁹²

Über Umwege waren es also Tankerunglücke und Raffinerieunfälle, welche die Gehäusearchitektur der Herz-Lungen-Maschine inspirierten. Das Grundgerüst von Model II bildete ein dreistöckiger Metallrahmen, den aufpolierte Edelstahlbleche ummantelten. Über die Decke des Gehäuses verliefen freiliegende Blutleitungen zwischen Einlassungen für die Rollerpumpen, während am querseitigen Rand auf einem Gestänge der batterieformige Oxygenator thronte. Die Front- und Außenwände, gespickt mit Bedienelementen und Kontrollanzeigen, ließen die Elektronik im Inneren des Gehäuses erahnen. Dort verschwanden unter anderem die Steckplätze für zahlreiche Elektronenröhren sowie ein separates Motorgehäuse hinter den abgedichteten Edelstahlblechen (siehe Abb. 14).⁹³

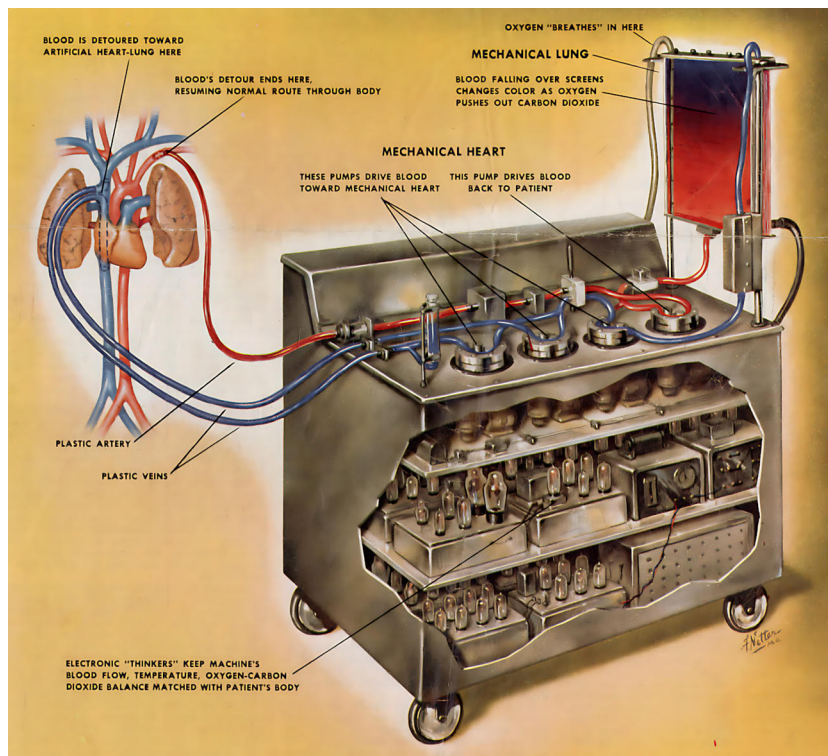
90 Siehe »Cargocare Tanker System Cuts Maintenance Costs 80 %«, *The Log of America's Maritime Industries* 43/18 (1948), S. 33–35, 58; sowie U.S. Navy Department, Bureau of Ships, *Bureau of Ships Manual*, Bd. 15: *Gasoline Stowage and Equipment*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1951.

91 Siehe J. C. Linsenmeyer, »Motor Selection for Hazardous Locations«, *The Petroleum Engineer* 23/1 (1951), S. C20–C24, hier: S. C24; sowie »Get the Right Enclosure for Large Motors in Hazardous Areas«.

92 Übers. B. P., Eintrag in Rex' Notizbuch vom 10. August 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

93 Siehe auch Miller/Gibbon/Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus«, S. 1605f.

Abb. 14: Zeichnung von IBM Model II mit Innenansicht des Maschinengehäuses



Quelle: John Lear, »Science May Give You a Second Heart«, *Collier's* (27. September 1952), S. 22–24, hier S. 23.

Das schützende Inertgas, Stickstoff, strömte aus einer Gasflasche zuerst in besagtes Motorgehäuse und zirkulierte unter leichtem Überdruck gegenüber der potenziell explosiven Außenatmosphäre durch die weiteren Abteilungen innerhalb des Gesamtgehäuses. Als zusätzliche Absicherung statteten die Ingenieure das Gehäuse auf Malmros' Vorschlag hin mit einem Sensor aus, der im Falle eines außergewöhnlichen Druckabfalls optische und akustische Warnsignale auslöste.⁹⁴ »Das gesamte Gehäuse war mit Stickstoff gefüllt«, erklärte Rex, »und sollte es irgendeine undichte Stelle geben, kam der Stickstoff raus – nichts konnte reinkommen.«⁹⁵

94 Übers. B. P., Eintrag in Rex' Notizbuch vom 15. August 1950, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4; sowie Miller/Gibbon/Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus«, S. 1606.

95 Interview mit Donald K. Rex, durchgeführt von Susan Sherwood, Kassette, B Rex 9–21-2008 B, 19:20.

Mit diesen letzten Sicherheitsvorkehrungen war die auf das Jefferson Hospital zurollende Gefahr schlussendlich in einem unter Druck gesetzten Behälter gebannt. Dabei unterstreicht der Weg der schützenden Inertgasbehälter, der von Öltankern über die Motorgehäuse der petrochemischen Industrie bis zum Explosionsschutz der Herz-Lungen-Maschine führte, mehr als nur die technikhistorische Bedeutung von Unfällen, Katastrophen und den Strategien zu ihrer Vermeidung.⁹⁶ Die finale Episode in der Konstruktion von IBM Model II entlarvt aufs Neue, wie haltlos die Implikationen der postkritischen Behältermetapher sind. »Der Kapitalismus existiert nicht [...]«, behauptet Latour in Anspielung auf den angeblichen Reduktionismus sozialkritischer Kategorien.⁹⁷ Doch nichts ist reduktionistisch an der klaren Feststellung, dass die Herz-Lungen-Maschine in ihren materiellen Bestandteilen die sie umfassenden Produktionsverhältnisse des Industriekapitalismus widerspiegeln.

Der experimentellen Chirurgie war zweifellos die Eigenheit zuzusprechen, durch den Versuch der maschinellen Beherrschung von Organfunktionen vielen ungewöhnlichen Kombinationen technischer Mittel Raum zu bieten. Doch genau wie die Beschichtungen aus Silikonöl und die Verfahrenstechniken der Gasabsorption im turbulenten Flüssigkeitsfilm leitete sich auch die Explosionssicherung der Herz-Lungen-Maschine mit Inertgas historisch aus jüngeren Entwicklungen der chemischen Industrie ab. Es waren sogar jeweils direkte Kontakte mit Angestellten von Industriekonzernen, welche der chirurgischen Adaption außermedizinischer Mittel den Weg bereiteten: General Electric stellte Silikonöl für Blutgerinnungsstudien bereit, ein Chemieingenieur von Du Pont konzipierte den Oxygenator als Reaktor und IBM-Ingenieure besuchten die Crouse-Hinds Company auf der Suche nach Explosionsschutzkonzepten für die Herz-Lungen-Maschine. All den postkritischen Relativierungsversuchen zum Trotz war die Wirtschafts- und Gesellschaftsform des Industriekapitalismus offensichtlich und ohne jeden Restzweifel das Gebilde, in dessen Grenzen sich die Medizin des 20. Jahrhunderts, insbesondere die US-amerikanische Chirurgie der Nachkriegszeit, nischenartig zu entfalten hatte.

Am 19. Juni 1951 waren schließlich alle Einzelteile zu einer geschlossenen Maschine zusammengefügt und IBM Model II konnte auf einen Lastwagen mit Fahrtziel Philadelphia verladen werden.⁹⁸ Es war die letzte Reise eines Bündels von Ma-

96 Siehe auch Roger Cooter und Bill Luckin (Hg.), *Accidents in History: Injuries, Fatalities and Social Relations*, Amsterdam: Rodopi 1997; sowie Christian Kassung (Hg.), *Die Unordnung der Dinge. Eine Wissens- und Mediengeschichte des Unfalls*, Bielefeld: transcript 2009.

97 Übers. B. P., Bruno Latour, *Les microbes. Guerre et paix suivi de Irréductions*, Paris: Métailié 1984, S. 194.

98 Vgl. Eintrag in Rex' Notizbuch vom 19. Juni 1951, John H. Gibbon Papers, Series IV: Box 3, Folder 4.

terialien und Bauteilen, die aus unterschiedlichen Gefilden der Industrielandschaften stammten, auf dem Weg in die Chirurgie des Herzens. Am Jefferson Medical College angekommen, unterzog Gibbons Forschungsgruppe die neue Maschine so- gleich ausgiebigen Untersuchungen. Tatsächlich sank die Mortalitätsrate der per- fundierten Hunde im Vergleich zu den Versuchen mit Model I aus dem Jahr 1949 von damals 79 Prozent auf nunmehr 12 Prozent – und das, obwohl bei den jüns- ten Versuchsreihen zusätzlich die rechte Herzkammer beziehungsweise der Vorhof der Tiere temporär offengelegt wurde.⁹⁹ Voller Selbstbewusstsein konnte die chir- urgische Forschungsgruppe daher ein aussichtsreiches Fazit ziehen: »[D]er Zugang zu den blutleeren Herzkammern bei Überleben der Versuchstiere erweist sich als gänzlich durchführbares Verfahren.«¹⁰⁰

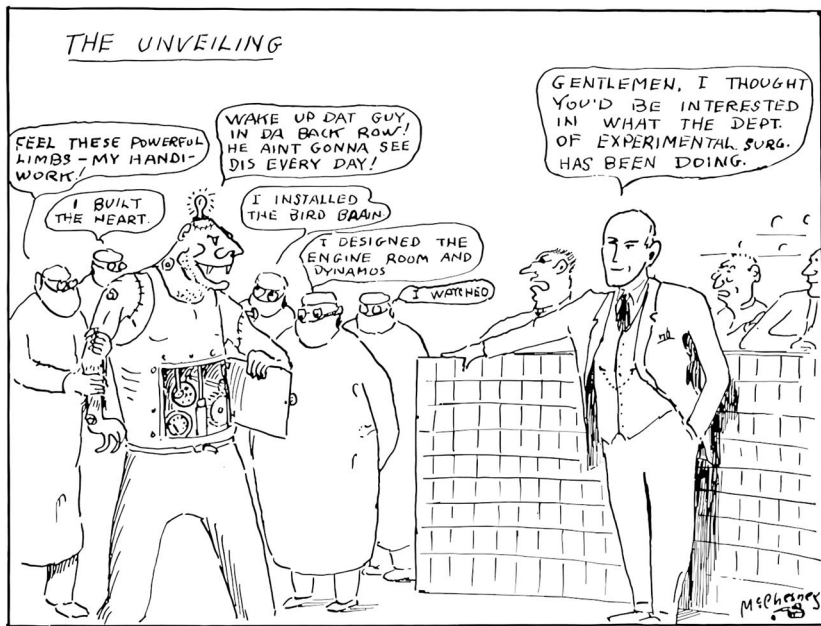
Mehr als 20 Jahre, nachdem Gibbon in Boston den tödlichen Ausgang einer Trendelenburg-Operation miterlebt und sich zu seinem gewagten Experiment entschlossen hatte, war die Herz-Lungen-Maschine endlich bereit für den Operati- onsraum. Die Frage lautete nur: Waren es auch die Chirurgen?

99 Vgl. Miller/Gibbon/Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus«, S. 1621.

100 Übers. B. P., ebd., S. 1604.

9 Der Sinn der Maschine in der chirurgischen Arbeit

Abb. 15: Karikatur von Gibbon und seiner Forschungsgruppe bei einer Ergebnispräsentation



Quelle: Jefferson Medical College (Hg.), *The Clinic* 1948. *Jefferson Medical College Yearbooks*, Philadelphia Westbrook 1948, S. 290 (Thomas Jefferson University Archives, Philadelphia).

»Meine Herren, ich dachte, es würde Sie interessieren, was die Abt. für experimentelle Chirurgie so gemacht hat«, verkündet eine Gibbon-Karikatur im Jahrbuch des Jefferson Medical College von 1948 (siehe Abb. 15). Was der lässig gegen den untersten Rang eines Hörsaals gelehnte Gibbon dem entsetzten Publikum hier präsentiert, ist eine grobschlächtige Menschengestalt mit Zahnrädern unter der Bauchdecke, einer aus dem Kopf ragenden Glühlampe sowie Nähten und Schrauben, die unverkennbar an Frankenssteins Monster erinnern. Ringsherum tummeln sich mehrere maskierte Chirurgen, die einzelne Organe des Monsters als das Werk ihrer Arbeit

benennen. »Ich habe das Herz gebaut«, sagt einer, »Ich habe das Vogelhirn installiert«, ein zweiter, während ein dritter den rechten Arm des Ungetüms umfasst und ruft: »Befühlen Sie diese kraftvollen Gliedmaßen – meine Handarbeit!«¹

So grotesk diese Karikatur verzerrt, *woran* in Gibbons Laborräumen über Jahre gearbeitet wurde, so unmissverständlich illustriert sie, *dass* es menschliche Arbeit war, die der eigentümlichen Verbindung von Organismus und Maschine zugrunde lag. Diese vermeintliche Banalität ist im heutigen Diskurs tatsächlich erwähnenswert. Denn Teile der Wissenschafts- und Technikforschung haben in beachtlicher Konformität mit neoliberalen Antimarxismus dazu beigetragen, den Begriff der Arbeit zugunsten ominöser Tauschoperationen zu negieren.² Trotz aller Emphase auf die »Praxis« sucht man in der posthumanistischen Literatur vergebens nach sich körperlich und geistig verausgabenden Subjekten, die vermittelt Werkzeuge und Maschinen zweckgerichtet Objekte bearbeiten.³ Stattdessen wimmelt es nur so von Cyborgs, Akteur-Netzwerken und anderen Hybridfiguren aus dem Monstrositätenkabinett des Posthumanismus, bei denen »die *Transaktionen* so zahlreich, die *Vermittlungen* so verschlungen [sind], daß eine plausible Unterscheidung zwischen Artefakt, »Körperschaft« und Subjekt keinen Sinn mehr hat.«⁴

Doch anders als gern suggeriert, ist die Auflösung sinnhafter Grenzen zwischen Maschine und Organismus kein ontologischer Nebeneffekt einer sich in der Kybernetik verdichtenden Technikentwicklung.⁵ »Die Konstruktion von Servo-Mechanismen oder von elektronischen Automaten«, differenziert Canguilhem, »verschiebt die Beziehung des Menschen zur Maschine, ohne deren Sinn zu ver-

1 Übers. aller Zitate aus der Karikatur B. P.

2 In der neoliberalen Ideologie ersetzen Tauschoperationen des Marktes die produktiv geleistete Arbeit als Quelle der Wertschöpfung, was nicht nur Unternehmer*innen statt Arbeiter*innen zur Triebkraft der Wirtschaftsleistung stilisiert, sondern ebenso jede Möglichkeit der Kritik an der Ausbeutung von Arbeitskräften untergräbt (vgl. Philip Mirowski, »Hell Is Truth Seen Too Late«, *boundary 2* 46/1 (2019), S. 1–53, hier: S. 14f.).

3 Die Absetzbewegung vom marxischen Produktions- und Arbeitsbegriff, die im posthumanistischen »practice turn« unterschwellig mitläuft, findet sich explizit in Andrew Picking, »Practice and Posthumanism. Social Theory and a History of Agency«, in: Theodore R. Schatzki, Karin Knorr-Cetina und Eike Savigny (Hg.), *The Practice Turn in Contemporary Theory*, London: Routledge 2001, S. 172–183, hier: S. 172–174.

4 Bruno Latour, *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2002, S. 241 [Herv. B. P.].

5 Siehe z.B. Donna Haraway, »Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technowissenschaften«, übers. von Fred Wolf, in: dies., *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt a.M.: Campus 1995, S. 33–72, hier: S. 37; Bruno Latour, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 68f.; sowie Latour, *Die Hoffnung der Pandora*, S. 240f.

ändern.«⁶ So brachte die künstliche Aufrechterhaltung der kardiopulmonalen Funktionen von Patient*innen, wie sie Gibbon ab 1951 konkret anvisierte, zweifellos Mensch-Maschine-Beziehungen in früher ungekannten existenziellen Dimensionen hervor. Dennoch lag der Sinn der Herz-Lungen-Maschine – genau wie bei Skalpellen, Gefäßklemmen, Nadel und Faden – unverändert darin, Mittel zum Zweck der Heilung im Rahmen der chirurgischen Arbeit zu sein. Schließlich setzte nur der »Kontakt mit lebendiger Arbeit«⁷ die andernfalls sinnlose Ansammlung aus Edelstahl, Kunststoff, Glas, Blut und weiteren Materialien zweckgerichtet als eine Maschine für Herzoperationen ins Werk.

Dieses Kapitel untersucht daher die Aktivitäten an der Schwelle von Labor und Klinik nicht als unwillkürlichen »Austausch von Eigenschaften«⁸ zwischen Maschine und Organismus, sondern als chirurgische Arbeit, geprägt von den Plänen und Zielen menschlicher Subjekte. Der erste Abschnitt widmet sich den kontroversen Arbeitsauffassungen und Übungsobjekten, die den handwerklichen Fertigkeiten der entstehenden Herzchirurgie zugrunde lagen. Anstatt mechanisch ihrem »impliziten Wissen«⁹ zu folgen, zielte Gibbons Forschungsgruppe auf die Herstellung von Tiermodellen zur systematischen Erprobung maschinengestützter Operationsverfahren. Der zweite Abschnitt schildert schließlich die Ereignisse rund um Gibbons erste erfolgreiche Operation mit der Herz-Lungen-Maschine und zeigt, wie beharrlich dabei menschliche Ziele gegen technische Funktionsstörungen durchgesetzt wurden.

9.1 Die explizite Dimension: Kontroverse Diskurse und herzkrankte Hunde

In der chirurgischen Abteilung des Jefferson Hospital wuchs die Spannung. Doch dies hing nicht nur mit den durch die neue Herz-Lungen-Maschine geweckten Erwartungen zusammen. An konträren Auffassungen der chirurgischen Arbeit hatte sich eine »natürliche Rivalität« zwischen den Leitern der klinischen Unterabteilungen A (Neuro-, maxillofaziale und Rektalchirurgie) und B (Thoraxchirurgie) entzündet.¹⁰ Auf der einen Seite stand Thomas A. Shallow, der sich als Sohn eines Mechanikers hochgearbeitet hatte, einen Ruf als begnadeter Operateur genoss und die chir-

6 Georges Canguilhem, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009, S. 212.

7 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. 198.

8 Latour, *Die Hoffnung der Pandora*, S. 240.

9 Michael Polanyi, *Implizites Wissen*, übers. von Horst Brühmann, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1985.

10 Zu »natürliche Rivalität«, übers. B. P., John Y. Templeton III, »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, *Journal of Cardiac Surgery* 8/3 (1993), S. 396–397, hier: S. 396; zur Gliederung der

urgische Handwerkskunst hoch schätzte.¹¹ Auf der anderen Seite verkörperte der privilegiert aufgewachsene Gibbon mit seiner intellektuellen Neigung »eher einen chirurgischen Physiologen als primär einen Chirurgen«.¹² Zum Missfallen seines älteren Kollegen Shallow machte Gibbon keinen Hehl aus seiner Meinung, »dass jeder operieren könnte. Ich könnte einem Krankenwärter im Krankenhaus in sechs Wochen beibringen, eine gute Herniorrhaphie durchzuführen.«¹³

Allerdings änderte Gibbons Geringschätzung des chirurgischen Handwerks nichts daran, dass es an der Schwelle zwischen Labor und Klinik auf genau dieses ankam. Das, worauf die Versuche mit der Herz-Lungen-Maschine inzwischen zielgerichtet zusteuerten, waren schließlich keine jener Hernienreparaturen, die Gibbon für so trivial hielt, sondern Operationen am offenen Herzen menschlicher Patient*innen. Solche Eingriffe waren nach wie vor chirurgisches Neuland – wenn auch kein gänzlich unberührtes mehr. Bereits im April 1951, zweieinhalb Monate vor der Lieferung von Gibbons IBM Model II, hatte sein Kollege Clarence Dennis in Minneapolis eine eigene Herz-Lungen-Maschine anderer Bauart zum Einsatz gebracht, war jedoch beim Versuch gescheitert, ein lebensbedrohliches Loch in der Herzscheidewand eines 6-jährigen Mädchens zu schließen.¹⁴ Trotzdem zeichnete Dennis' Erfahrungsbericht ein klares Bild dessen, was auch Gibbons Forschungsgruppe unweigerlich bevorstand: »Die erforderliche Teamarbeit ist groß und jede Bewegung muss im Voraus sorgfältig geplant und bei Hundeperfusionen im Laboratorium geprobt werden, wie es hier erschöpfend getan wurde.«¹⁵

Das Anforderungsprofil für einen klinischen Einsatz der Herz-Lungen-Maschine hatte demnach nur begrenzt etwas mit »verkörperte[m] Geschick« ohne

chirurgischen Abteilung in die jeweiligen Zuständigkeitsbereiche vgl. »Research at Jefferson«, *The Jefferson Medical College Alumni Bulletin* (Juni 1946), S. 1–20, hier: S. 10.

11 Zu Shallows Biografie siehe »Thomas A. Shallow, M.D., LL.D.«, *The Jefferson Medical College Alumni Bulletin* (März 1956), S. 13–15.

12 Übers. B. P., Frederick B. Wagner Jr. in »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. Eskind Biomedical Library Manuscripts Collection. William S. Stoney Collection. History of Medicine Collections, Eskind Biomedical Library, Vanderbilt University, Nashville, TN; hier: S. 13.

13 Übers. B. P., Gibbon, zitiert nach Frederick B. Wagner Jr., ebd. Dies deckt sich mit den Erinnerungen von Anthony R. C. Dobell, »John H. Gibbon, Jr. Part II. Personal Reminiscences«, *The Annals of Thoracic Surgery* 34/3 (1982), S. 342–344, hier: S. 343; sowie Templeton III, »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, S. 396.

14 Vgl. Clarence Dennis et al., »Development of a Pump-Oxygenator to Replace the Heart and Lungs: An Apparatus Applicable to Human Patients and Application to One Case«, *Annals of Surgery* 134/4 (1951), S. 709–721, hier: S. 718.

15 Übers. B. P., ebd., S. 719.

»zurechtgelegte[m] Schema« zu tun.¹⁶ Offensichtlich stellte das bewusste Planen und Proben eine unerlässliche Dimension des chirurgischen Werkzeug- und Maschinengebrauchs dar, eine Dimension allerdings, die posthumanistische Praxeologien im eindimensionalen Rekurs auf das »personale« oder »implizite Wissen« vernachlässigen.¹⁷ Genealogisch geraten diese Praxeologien damit ins Fahrwasser einer antimarxistischen Gegenaufklärung, welche die »kulturell[e] Evolution« regelrecht mechanistisch zurückführt auf »die Befolgung traditioneller Regeln, die nicht ein Erzeugnis des Verstandes sind«.¹⁸ Dementsprechend heißt es bei dem viel zitierten Michael Polanyi über den Erwerb handwerklicher Fertigkeiten lediglich: »Exemplarisches Lernen heißt, sich einer Autorität zu unterwerfen. [...] Eine Gesellschaft, die sich einen Fundus an personalem Wissen bewahren möchte, muss sich der Tradition unterwerfen.«¹⁹

Autoritärer Traditionalismus macht jedoch blind für die historische Tatsache, dass die implizite Dimension operativer Handgriffe und Abläufe ihr explizites Korrelat in kontroversen Diskursen und Objekten fand, die der Ein- und Ausübung chirurgischer Fertigkeiten im 20. Jahrhundert zugrunde lagen. Die internen Streitigkeiten am Jefferson Hospital spiegelten tatsächlich einen breiteren Diskurs über den Stellenwert der chirurgischen Fertigkeiten im Spannungsfeld von Rationalisierung und Experimentalisierung wider. Gleichzeitig entstand in den chirurgischen Forschungslaboren eine neue Expertise in der Herstellung lebendiger »Übungsobjekte« für die Erprobung herzchirurgischer Eingriffe. Keiner dieser Entwicklungslinien konnte eine tiefe Verwurzelung im alten Brauchtum des chirurgischen Handwerks nachgesagt werden.

Einerseits war das Scientific Management am Gesundheitswesen nicht vorbeigegangen und der Chirurg als vermeintlicher Idealtypus eines hoch qualifizierten Handarbeiters explizit vor die Kameralinse von Frank B. Gilbreths tayloristischen Bewegungsstudien geraten. Gilbreths ernüchternder Befund, die Chirurgie könne mehr von der Industrie lernen als umgekehrt, tat dem aktiven Interesse zahlreicher

-
- 16 Hans-Jörg Rheinberger, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein 2001, S. 80.
 - 17 Michael Polanyi, *Personales Wissen. Auf dem Weg zu einer postkritischen Philosophie*, übers. von Joachim Schulte, Berlin: Suhrkamp 2023; bzw. Polanyi, *Implizites Wissen*.
 - 18 Friedrich A. von Hayek, »Die überschätzte Vernunft«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache, Bd. A 1: Wirtschaftstheorie und Wissen. Aufsätze zur Erkenntnis- und Wissenschaftslehre*, hg. von Viktor Vanberg, Tübingen: Mohr Siebeck 2007, S. 109–134, hier: S. 115.
 - 19 Polanyi, *Personales Wissen*, S. 99. Polanyis Traditionalismus fügt sich in seine Verteidigung der marktwirtschaftlichen Gesellschaftsordnung ein. So schreibt er an anderer Stelle gegen den Marxismus gerichtet: »Moralischer Fortschritt ist nur im Rahmen einer Gesellschaft erreichbar, die durch die Ausübung von Macht und das Streben nach materiellen Vorteilen funktioniert« (Polanyi, *Implizites Wissen*, S. 79).

Chirurgen an der Standardisierung von Operationsabläufen nach Effizienzkriterien keinen Abbruch.²⁰ Versierte Operateure wie Shallow bewiesen dabei, dass standardisierte Verfahren in der Chirurgie – anders als anhand der Fabrikarbeit beklagt – die handwerkliche Geschicklichkeit durchaus neu zur Geltung bringen statt verkümmern lassen konnten. »Seine Prinzipien der Chirurgie wie auch seine Technik«, hieß es über Shallow, »waren von solcher Beständigkeit, dass die jüngeren Männer, die unter ihm lernten, in jeder Situation genau wussten, was er tun würde. Als Operateur rangen seine Geschicklichkeit und sein Urteilsvermögen allen, die ihn kannten, Respekt ab.«²¹

Andererseits hatte der traditionell hohe Stellenwert der chirurgischen Handwerkskunst unter dem Aufkommen der am Laborexperiment orientierten physiologischen Chirurgie gehörig gelitten.²² In manchen dieser Kreise – wie etwa der neurochirurgischen Fachgesellschaft um Harvey Cushing – galten außergewöhnliche Fertigkeiten im Operationsraum gar als potenzieller Makel, der zu theatralischer, ja unethischer Selbstdarstellung verleite.²³ Gibbon für seinen Teil tat an keiner geringeren Stelle als dem Editorial der *Annals of Surgery* kund, dass die chirurgische Ausbildung einzelnen Operationstechniken, die der wissenschaftliche Fortschritt möglicherweise rasch überholen werde, keinen allzu großen Schwerpunkt einräumen solle. Wichtiger sei die Kultivierung einer, wie er es nannte, »Philosophie [...] des forschenden Geistes«.²⁴ Gleichzeitig kamen Gibbons Assistenzärzte kaum umhin, den umständlichen Operationsstil zu bemerken, den der Chirurgieprofessor selbst praktizierte. »[W]ir müssen Millionen von Knoten bei all diesen Thorakotomien geknüpft haben«, erinnerte sich John Y. Templeton III.²⁵ »Ökonomie der Bewegung war nicht seine Tugend«, fügte Anthony R. C. Dobell hinzu. »Er trug Turnschuhe im Operationsraum und machte guten Gebrauch von ihnen.«²⁶

Ob standardisierte Präzisionshandgriffe oder hektisches Knotenknüpfen, unterhalb der diskursiven Differenzen basierten die unterschiedlichen Operationsstile jedoch auf der gleichen Arbeitsgrundlage, die sich seit dem 19. Jahrhundert

20 Zu diesem Befund vgl. Frank B. Gilbreth, »Motion Study in Surgery«, *The Canadian Journal of Surgery and Medicine* 40/1 (1916), S. 22–31, hier: S. 23; zu den Hintergründen siehe Caitjan Gainty, »Going After the High-Brows: Frank Gilbreth and the Surgical Subject, 1912–1917«, *Representations* 118/1 (2012), S. 1–27; sowie Nicholas Whitfield, »Surgical Skills Beyond Scientific Management«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 421–442.

21 Übers. B. P., »Thomas A. Shallow, M.D., LL.D.«, S. 15.

22 Siehe auch Kap. 2.1 der vorliegenden Arbeit.

23 Vgl. Delia Gavras, »Skill, Judgement and Conduct for the First Generation of Neurosurgeons, 1900–1930«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 361–378, hier: S. 371.

24 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Inquiring Mind«, *Annals of Surgery* 130/1 (1949), S. 137–139, hier: S. 138.

25 Übers. B. P., Templeton III, »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, S. 396.

26 Übers. B. P., Dobell, »John H. Gibbon, Jr.«, S. 343.

signifikant verschoben hatte. Höchstens die systematische Objektifizierung degradiert Körper bildete dabei eine Traditionslinie, in der Klassismus, Rassismus und Speziesismus fließend ineinander übergingen. Die wichtigsten Übungsobjekte der anatomisch geprägten Chirurgie des 19. Jahrhunderts waren noch menschliche Leichen gewesen, die meist durch Grabräuberei oder die legalisierte Beschaffung von Toten aus marginalisierten Gesellschaftsgruppen auf dem Sektionstisch gelandet waren.²⁷ Doch mit dem Anliegen der physiologischen Chirurgie, in diffizile Funktionszusammenhänge wie den Herz-Lungen-Kreislauf einzugreifen, wuchs gleichsam die Bedeutung lebendiger Übungsobjekte. So mussten Operateure das Recht, an ihren kontroversen Objekten zu üben, fortan nicht nur gegen den Vorwurf der Leichenschändung, sondern, wie beispielsweise in einem Senatsausschuss von 1930, vermehrt gegen jenen der Tierquälerei verteidigen: »Ist es besser, einige wenige Hunde oder eine entsprechende Anzahl von Menschen zu verlieren, während der Chirurg die notwendigen Fertigkeiten für die Durchführung dieser wichtigen und schwierigen Verfahren erwirbt?«, lautete der gängige speziesistische Rechtfertigungsversuch.²⁸

In Gibbons Labor am Jefferson Medical College hatte sich die Zahl der »einigen wenigen Hunde«, die den Versuchen mit verschiedenen Modellen der Herz-Lungen-Maschine zum Opfer gefallen waren, bereits der Marke von 500 genähert, bevor systematische Operationsübungen überhaupt begannen.²⁹ Dass Hunde zu ihrem Leidwesen die »richtigen Organismen für die Aufgabe«³⁰ darstellten, lag an ihrer menschenähnlichen Herz- und Gefäßanatomie, deren Proportionen denen der damals typischerweise in die Chirurgie überstellten Herzpatient*innen nahekamen – nämlich denen von Säuglingen und Kindern mit angeborenen Herzfehlern.³¹ Das Einzige, was Hunde aus chirurgischer Sicht zu suboptimalen

-
- 27 Siehe Michael Sappol, *A Traffic of Dead Bodies. Anatomy and Embodied Social Identity in Nineteenth-Century America*, Princeton: Princeton University Press 2002, Kap. 4.
- 28 Übers. B. P., Thomas S. Cullen, »What Animal Experimentation Has Done for Gynecology and Abdominal Surgery«, in: *Experiments on Living Dogs: Hearings Before the Committee on the District of Columbia, United States Senate, Seventy-first Congress, Second Session, on S. 4497. A Bill to Prohibit Experiments Upon Living Dogs in the District of Columbia, and Providing a Penalty for Violation Thereof*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1930, S. 156–162, hier: S. 160; siehe weiterführend Susan E. Lederer, »Political Animals. The Shaping of Biomedical Research Literature in Twentieth-Century America«, *Isis* 83/1 (1992), S. 61–79.
- 29 Vgl. Bernard J. Miller, John H. Gibbon Jr. und Charles Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus. Its Use during Open Cardiotomy in Experimental Animals«, *Medical Clinics of North America* 37/6 (1953), S. 1603–1624, hier: S. 1618.
- 30 Zu »The Right Organism for the Job« siehe die so betitelte Spezialausgabe, eingeleitet von Muriel Lederman und Richard M. Burian, »Introduction«, *Journal of the History of Biology* 26/2 (1993), S. 235–237.
- 31 Zu den anatomischen Ähnlichkeiten als Auswahlkriterium von Hunden in der experimentellen Herzchirurgie siehe Vivien T. Thomas, *Pioneering Research in Surgical Shock and Car-*

Übungsobjekten machte, war die Tatsache, dass sie für gewöhnlich nicht an den fraglichen Herzfehlbildungen litten.

Seit den ermutigenden extrakardialen Operationserfolgen durch Robert E. Gross, Clarence Crafoord und Alfred Blalock Mitte der 1940er-Jahre verzeichnete die Fachliteratur deshalb ein gesteigertes Interesse an Techniken und Verfahren zur Produktion herzkranker Tiermodelle.³² Dabei konzentrierte sich die Mehrzahl der Beiträge – genau wie neuerdings Gibbons Forschungsgruppe – auf die Herstellung von Löchern in der Herzscheidewand zwischen den Kammern oder den Vorhöfen.³³ Die Herangehensweise unterschied sich jedoch deutlich von den längst kultivierten Standards in lebenswissenschaftlichen Laboren, deren genetisch »reine Linien« von Modellorganismen eine geradezu industrielle Serialität aufwiesen.³⁴ Im Gegensatz dazu arbeiteten sich Chirurgen und ihre Labortechniker*innen schneidend und stechend durch das Herzgewebe von Mischlingshunden, um die gewünschten Pathologien eigenhändig zu kreieren.³⁵

diovascular Surgery: Vivien Thomas and His Work with Alfred Blalock, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1985, S. 84.

32 Zu besagten extrakardialen Operationserfolgen siehe Stephen L. Johnson, *The History of Cardiac Surgery 1896–1955*, Baltimore: Johns Hopkins Press 1970, S. 75–85.

33 Siehe Roy Cohn, »An Experimental Method for the Closure of Interauricular Septal Defects in Dogs«, *American Heart Journal* 33/4 (1947), S. 453–457; Alfred Blalock und C. Rollins Hanlon, »Interatrial Septal Defect – Its Experimental Production Under Direct Vision Without Interruption of the Circulation«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 87/2 (1948), S. 183–187; Henry Swan et al., »The Experimental Creation and Closure of Auricular Septal Defects«, *The Journal of Thoracic Surgery* 20/4 (1950), S. 542–551; William B. Martin und Hiram E. Essex, »Experimental Production and Closure of Atrial Septal Defects, With Observations of Physiologic Effects«, *Surgery* 30/2 (1951), S. 283–297; Jerome H. Kay, Vivien Thomas und Alfred Blalock, »The Experimental Production of High Interventricular Septal Defects. A Physiological and Pathological Study«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 96/5 (1953), S. 529–535; F. John Lewis und Mansur Taufic, »Closure of Atrial Septal Defects with the Aid of Hypothermia; Experimental Accomplishments and the Report of One Successful Case«, *Surgery* 33/1 (1953), S. 52–59; Harris B. Shumacker Jr., Thomas C. Moore und Harold King, »The Experimental Closure of Atrial Septal Defects«, *Journal of Thoracic Surgery* 26/6 (1953), S. 551–573; sowie die Beiträge von Gibbons Forschungsgruppe: Bernard J. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects under Direct Vision with the Assistance of an Extracorporeal Pump-Oxygenator Circuit«, *The Journal of Thoracic Surgery* 26/6 (1953), S. 598–616; John H. Gibbon Jr. et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects in Dogs During Open Cardiotomy With the Maintenance of the Cardiorespiratory Functions by a Pump-Oxygenator«, *Journal of Thoracic Surgery* 28/3 (1954), S. 235–240.

34 Vgl. z.B. Christophe Bonneuil, »Pure Lines as Industrial Simulacra: A Cultural History of Genetics from Darwin to Johannsen«, in: Staffan Müller-Wille und Christina Brandt (Hg.), *Heredity Explored. Between Public Domain and Experimental Science, 1850–1930*, Cambridge, MA: MIT Press 2016, S. 213–242.

35 Zur Auswahl und Beschaffung von Hunden in der experimentellen Chirurgie ist in einem zeitgenössischen Handbuch zu lesen: »Das beste Vorgehen besteht darin, Mischlingshunde von

Ein Beispiel dafür konnte sich Gibbon an der chirurgischen Laborarbeit der Johns Hopkins University in Baltimore nehmen. Dort ließ der bereits erwähnte Blalock nach seinen aufsehenerregenden »Blue-Baby-Operationen« von 1944 und 1945 weiter an der Operationstechnik feilen und hatte seinerseits ein Auge auf Gibbons Experiment geworfen. »Ungeduldige Ermutigung kam von Kollegen«, erinnerte sich Mary Gibbon, »besonders von Dr. Alfred Blalock, der darauf brannte, die Herz-Lungen-Maschine bei seinen Blue Babys einzusetzen.«³⁶ Was die Produktion chirurgischer Tiermodelle in diesem Fall besonders herausfordernd machte, war der Umstand, dass die besagten Säuglinge, deren zyanotisches Aussehen der Operation ihren Namen einbrachte, nicht an einer einzigen, sondern an einer Kombination aus gleich vier angeborenen Herzfehlern, der sogenannten Fallot-Tetralogie, litten. Besonders Blalocks afroamerikanischer Labortechniker, Vivien Thomas, erwies sich als ein lang verkannter Meister in der Kunst, Hunden entsprechende Herzfehler beizubringen. »Es gab eine nimmer endende Reihe von Versuchen zur Herstellung, Untersuchung und Korrektur von Modellen sowohl angeborener als auch erworbener Anomalien des Herzens«, schilderte er seinen Arbeitsalltag.³⁷

Aus diesem Erfahrungsschatz sollten die Mitglieder von Gibbons Forschungsgruppe schöpfen können, als sie sich ihrerseits daran versuchten, die Herzscheidewände von Hunden zu perforieren. Die Herstellung eines Tiermodells mit *Atriumseptumdefekt* oder *Ventrikelseptumdefekt*, wie es je nach Läsionsort in der Fachsprache hieß, war jedoch keine triviale Angelegenheit. Zum Beispiel durfte das angelegte Loch nicht so groß ausfallen, dass es das Überleben des Hundes unmittelbar gefährdete. Ein zu klein geratenes Loch drohte hingegen spontan zu verwachsen, bevor die eigentliche Operationsübung mit zeitlichem Abstand durchgeführt wurde.³⁸

einem seriösen Händler zu erwerben, der geschäftsmäßig Laboratorien mit Tieren beliefert« (übers. B. P., Jacob Markowitz, James Archibald und Harry G. Downie, *Experimental Surgery. Including Surgical Physiology*, 4. Aufl., Baltimore: Williams & Wilkins 1959, S. 16). Dass auch Gibbons Forschungsgruppe Mischlingshunde verwendete, liegt nahe, wenngleich dies lediglich in einer Veröffentlichung spezifiziert wurde (vgl. Thomas L. Stokes und John H. Gibbon Jr., »Experimental Maintenance of Life by a Mechanical Heart and Lung During Occlusion of the Venae Cavae Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 91/2 (1950), S. 138–156, hier: S. 144).

36 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.

37 Übers. B. P., Thomas, *Pioneering Research*, S. 161; weiterführend zu Thomas' lange verkannter Rolle siehe Stefan Timmermans, »A Black Technician and Blue Babies«, *Social Studies of Science* 33/2 (2003), S. 197–229.

38 Vgl. Thomas, *Pioneering Research*, S. 161.

Anfangs umgingen Gibbons Chirurgen diese Schwierigkeit, indem sie den Herzfehler innerhalb von ein und derselben Operation anlegten und korrigierten.³⁹ »Der Defekt war annähernd kreisförmig. Das Ausmaß der Öffnung wurde mit einem Messschieber in zwei Achsen vermessen«, berichtete Gibbons Versuchsleiter Bernard J. Miller.⁴⁰

Für eine weitere Versuchsreihe griff die Forschungsgruppe jedoch auf einen raffinierten Spezialbohrer zurück, wie ihn die Maschinenwerkstatt der Johns Hopkins University auf Blalocks Geheiß hergestellt hatte: Das Instrument besaß die Form eines Röhrchens mit geschärftem Rand, durch das die Experimentierenden eine Saugwirkung entfachen und ein kreisförmiges Gewebestück von neun Millimetern Durchmesser aus der Herzscheidewand heraustrennen konnten.⁴¹ Nach vollendeter Tat gewährten sie den überlebenden Hunden mehrere Wochen Erholungszeit, bis auf den vorangegangenen Eingriff äußerlich nichts mehr hindeutete als ein charakteristisches Herzgeräusch bei jeder Systole.⁴²

Durch Operationsübungen an solchen herzkranken Tiermodellen (siehe Abb. 16) verfestigte sich, was Arbeitsteilung und -abläufe betraf, ein klarer Operationsplan: Während der Hund auf dem Operationstisch in den Narkoseschlaf sank, wurden die Leitungen der Herz-Lungen-Maschine mit Blutkonserven befüllt. Diese stammten von zuvor ausgebluteten Hunden, die zwecks Gerinnungshemmung intravenöse Heparininjektionen erhalten hatten. Eine Labortechnikerin, üblicherweise Joanne Crothers, setzte daraufhin die Rollerpumpen in Gang und stellte deren Geschwindigkeit je nach verarbeitetem Blutvolumen auf Förderraten zwischen 1800 und 3500 Millilitern pro Minute ein.⁴³ Das Blut zirkulierte nun vorerst im geschlossenen Leitungssystem und bildete unter Zutun der Labortechnikerin dünne Filme auf den vorbenetzten Drahtgitterplatten des Oxygenators.⁴⁴

39 Vgl. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects«, S. 603f.

40 Übers. B. P., ebd., S. 604.

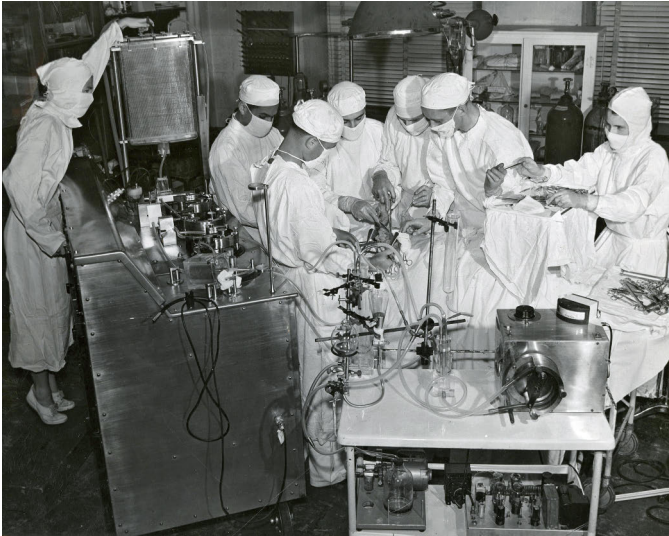
41 Vgl. Gibbon et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects«, S. 235; Kay/Thomas/Blalock, »The Experimental Production of High Interventricular Septal Defects«, sowie Thomas, *Pioneering Research*, S. 161–163.

42 Vgl. Gibbon et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects«, S. 235.

43 Vgl. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects«, S. 603; sowie Miller, »The Laboratory Work«, S. 2208.

44 Vgl. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects«, S. 603; so zu beobachten am Beginn der Filmaufnahme »The Extracorporeal Diversion of Systemic and Coronary Venous Blood Flow During Auriculotomy and Ventriculotomy« (1952) by Bernard J. Miller, Charles Fineberg, John H. Gibbon; Films and Videos Collection, WG 168 VC no. 39 1952. Näheres zur genauen Benetzungstechnik findet sich in Kap. 8.2. der vorliegenden Arbeit.

Abb. 16: Operationsübung mit der Herz-Lungen-Maschine



Quelle: Thomas Jefferson University Archives, Philadelphia.

Unterdessen begann der Operateur, unterstützt von seinen chirurgischen Assistenten, mit der Freilegung jener Gefäße, die als Anschlussstellen für die Herz-Lungen-Maschine dienen sollten. Nach einer intravenösen Heparininjektion wurden die obere und untere Hohlvene am Herzen sowie die Oberschenkelarterien mit Kanülen für den Anschluss der vorläufig abgeklemmten Zu- und Ablaufschläuche der Maschine versehen. Sobald Tier und Maschine fertig vorbereitet waren, konnten die Chirurgen alle Klemmen um die Schläuche lösen und die beiden Hohlvenen mit geflochtenen Seidenfäden abschnüren. Daraufhin strömte sämtliches venöses Blut am abgebundenen Herzen vorbei in die Leitungen der Maschine.⁴⁵

Ein Schnitt mit dem Skalpell in die Herzwand legte die betroffene Herzkammer oder den betroffenen Vorhof offen. Das wenige Blut, das der Koronarkreislauf noch ins Operationsfeld spülte, wurde abgesaugt und ebenfalls der Maschine zugeführt. Nun verbarg nichts mehr das Loch in der Herzscheidewand vor dem bloßen Auge des Operateurs. Im Falle eines Loches zwischen den Herzkammern vernähten die Chirurgen dessen Ränder direkt, wohingegen sie ein Loch zwischen den Vorhöfen vorzugsweise mit einem aus dem Herzbeutel herauspräparierten Gewebetransplantat verschlossen. Nach getaner Arbeit konnte die Herzwand wieder zugenäht

45 Vgl. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects«, S. 603f.; sowie Gibbon et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects«, S. 236.

und die Herz-Lungen-Maschine nach und nach von den kanülierten Gefäßen abgekoppelt werden.⁴⁶

Ohne Frage spielte bei diesen Operationen ein implizites Wissen um die handwerklichen Bewegungsabläufe eine wichtige Rolle. Doch darüber die explizite Dimension der Fertigkeiten im Werkzeug- und Maschinengebrauch zu vergessen, würde mehr als nur ein mechanistisches Geschichtsverständnis nach sich ziehen: Eine »Scheidung der geistigen Potenzen [...] von der Handarbeit«, wie sie Marx als historisches Spezifikum der »kasernenmäßige[n] Disziplin« im »Fabrikregime« erkennt,⁴⁷ würde generalisiert und kontrafaktisch in das Wesen des chirurgischen Handwerks eingeschrieben werden. So bliebe von der zweckmäßig auf den Herzeingriff gerichteten Arbeit mit der Herz-Lungen-Maschine nur ein sinnentleertes »Umfeld der Transaktion« übrig, in dem Mensch und Maschine mit gleichgültiger »Symmetrie« ihre »Subprogramme, ineinander geschachtelt,« abspulen.⁴⁸

Vor allem der planmäßig betriebene Aufwand, mit dem Chirurgen und Labortechniker*innen eigene Tiermodelle für herzchirurgische Operationsübungen herstellten, zeugte jedoch davon, dass die Ausbildung von Fertigkeiten in beträchtlichem Maße der bewussten menschlichen Gestaltung und nicht einem anonymen Mechanismus traditionsbasierter Kulturevolution unterlag. In der Schlussphase schien die Herz-Lungen-Maschine gegenüber den Bemühungen, herzkranken Hunde zu produzieren, sogar fast in den Hintergrund des Experiments zu rücken. Dieser Umstand unterstreicht erst recht, dass der Sinn der chirurgischen Arbeit, ganz gleich wie sehr sie um die Maschine kreiste, doch nie von dieser ausging. Seit den frühen Entwicklungsstadien hatte sich die experimentelle Herz-Lungen-Maschine von einem Untersuchungsgegenstand, dessen genaue Funktionsweise kontinuierlich infrage stand, inzwischen fast vollständig in das verwandelt, was sie im Rahmen der chirurgischen Arbeit immer sein sollte: ein Mittel zum Zweck der Herzoperation.

Allein für Gibbon, den die experimentelle Seite der Chirurgie in ihren Bann gezogen hatte, seit er 1930 in Boston erste Katzenarterien in Präzisionsklemmen gezwängt hatte, schien die Angelegenheit mit zunehmender Funktionalität der Herz-Lungen-Maschine an Reiz zu verlieren. Der Chirurgieprofessor delegierte die letzten Schritte zwischen Labor und Klinik weitgehend an seine Mitarbeitenden und konnte sich, wie Miller schilderte, nie wirklich für das profane Handwerk der Operationsübungen begeistern: »Als wir kurz davorstanden, uns die erste Patientin vor-

46 Vgl. Miller et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects«, S. 604; sowie Gibbon et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects«, S. 236f.

47 Marx, *Das Kapital*, S. 446.

48 Bruno Latour, »Über technische Vermittlung: Philosophie, Soziologie und Genealogie«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 483–528, hier: S. 502f.

zunehmen, kam Gibbon runter ins Labor, um sich mit dem, was vor sich ging, vertraut zu machen. Er operierte an einem Hund, ohne Erfolg. Das war alles, was er tat.«⁴⁹

9.2 Improvisieren am offenen Herzen

Mehr als ein Jahr später, am 5. Mai 1953, schreckte Gibbon fluchend aus tiefer Konzentration hoch. Gerade hatte er den perforierten Vorhof eines Hundes offengelegt, als ihn ein brennender Schmerz im Nacken packte. Die Ursache entpuppte sich sogleich als das heiße Blitzlicht einer Kamera, mit welcher der Oberarzt Frank F. Allbritten Jr. über Gibbons Schulter hinweg ein Foto des blutleeren Operationsfelds schießen wollte. Als wären die schweißtreibende Hitze dieser Tage und die Baumaschinen, die unter den geöffneten Laborfenstern mit einem Höllenlärm Stahlträger in den Boden rammten, nicht schon genug, störte nun auch noch dieses Missgeschick die Generalprobe der vielleicht wichtigsten Operation in Gibbons Leben.⁵⁰ Immerhin sah der Dienstplan für den nächsten Morgen nichts Geringeres vor als seinen zweiten Anlauf zur klinischen Anwendung der Herz-Lungen-Maschine bei einer offenen Herzoperation.

Hitze, Lärm und Blitzlicht waren dabei nicht die einzigen Störungen, die ihm im Nacken saßen. Die weltweit erste Operation am offenen Herzen eines Menschen war 1952 bereits geglückt – aber nicht Gibbon und noch nicht einmal mit einer Herz-Lungen-Maschine. Die Kollegen F. John Lewis und Mansur Taufic aus Minneapolis hatten durch gezielte Unterkühlung (Hypothermie) eine ausgedehnte Kreislaufunterbrechung von immerhin fünfeinhalb Minuten bewerkstelligt und währenddessen ein Loch in der Herzscheidewand ihrer 5-jährigen Patientin vernäht.⁵¹ Dagegen lastete auf Gibbons Gewissen bereits der Fehlschlag seines eigenen Erstversuchs aus demselben Jahr. Zwar hatte die Maschine einwandfrei funktioniert, doch aufgrund eines Diagnosefehlers der überweisenden Ärzte war das Schicksal des 15 Monate jungen Kleinkinds schon bei der Ankunft im Operationsraum besiegelt gewesen.⁵²

49 Übers. B. P., Bernard J. Miller, zitiert nach David K. C. Cooper, *Open Heart. The Radical Surgeons Who Revolutionized Medicine*, New York: Kaplan Publishing 2010, S. 159.

50 Vgl. Robert K. Finley Jr., »John H. Gibbon, Jr., (JMC, '27): A Resident's Reflections«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 465–470, hier: S. 469.

51 Vgl. Lewis/Taufic, »Closure of Atrial Septal Defects«, S. 58; sowie Hermann Mannebach, *Hundert Jahre Herzgeschichte. Entwicklung der Kardiologie 1887–1987*, Berlin: Springer 1988, S. 117.

52 Vgl. John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 238; sowie Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 176.

In dieser Gemengelage hätte der Chirurg vermutlich wenig Trost aus der post-humanistischen Apotheose der Störung »als Wurzelgrund der Dinge« gezogen: »Am Anfang ist das Rauschen.«⁵³ In der Interpretation des Posthumanismus bilden Störungen ein zentrales Motiv der »Dezentrierung des menschlichen Subjekts«,⁵⁴ und zwar bis zu dem Punkt, an dem dieses kaum mehr als die fragile Teilfunktion einer »wilde[n] Art von Maschine« oder eines »Supercyborg[s]« darstellt.⁵⁵ Pläne und Ziele« erscheinen demnach lediglich als temporäre Emergenzeffekte der Praxis und, wie Pickering ausführt, als »anfällig, in die Mangel der Dialektiken von Widerstand und Anpassung genommen zu werden. Sie überdauern, erklären oder kontrollieren die kulturelle Ausdehnung nicht.«⁵⁶

Bei der Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine jedoch ordneten sich menschliche Intentionen und technische Mechanismen keineswegs gleichrangig den angeblichen Selbstorganisationskräften der Praxis unter. Zwar war die knapp 20-jährige Experimentalgeschichte der Herz-Lungen-Maschine durch eine lange Reihe von Widerständen und Anpassungen geprägt gewesen, die sich nun offenbar nahtlos in die klinische Einführungsphase hinein fortsetzte. Doch während die Maschine im Laufe der Jahre etliche Anpassungen an materielle Widerstände erfahren hatte, hatte sich Gibbons damit verbundenes Ziel kaum verändert. Das anvisierte Anwendungsgebiet der Herz-Lungen-Maschine war lediglich von der trendelenburgschen Embolektomie auf die Korrektur angeborener Herzfehler ausgedehnt worden, aber der grundlegende Sinn seiner Arbeit, eine verlängerte Abklemmung der großen Gefäße zu chirurgischen Zwecken sicherzustellen, hatte die Jahrzehnte überdauert.

Für eine 18-jährige Collegestudentin aus Swoyersville in Pennsylvania war nur zu hoffen, dass dies auch während des chirurgischen Eingriffs, der ihr bevorstand, so blieb. Die junge Frau namens Cecelia Bavolek war bereits mit einem nicht näher diagnostizierten Herzgeräusch zur Welt gekommen, welches sich im Laufe ihrer Kindheit gelegt und vorerst keine gesundheitlichen Einschränkungen nach sich gezogen hatte. Seit einem halben Jahr häuften sich jedoch Anfälle von Schwäche, Benommenheit und Kurzatmigkeit. Da mehrere Krankenhausaufenthalte keine nachhaltige Besserung gebracht hatten, war sie schließlich mit Verdacht auf eine verengte Mitralklappe oder ein Loch in der Herzscheidewand an Gibbon überwiesen worden.⁵⁷ Der Aufnahmebericht am Jefferson Hospital beschrieb »eine gut ernährte,

53 Michel Serres, *Der Parasit*, übers. von Michael Bischoff, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1987, S. 28. Zum Einfluss dieser kybernetischen Anleihen Serres auf Latour siehe auch Henning Schmidgen, *Bruno Latour zur Einführung*, 3., vollst. überarb. Aufl., Hamburg: Junius 2019, S. 102–104.

54 Übers. B. P., Andrew Pickering, *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press 1995, S. 26.

55 Übers. B. P., ebd., S. 145.

56 Übers. B. P., ebd., S. 146.

57 »Summary of Record on Cecilia [sic!] Bavolek«, John H. Gibbon, Jr. Collection 1946–1987. MS-001. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia, Folder:

gut entwickelte, achtzehnjährige, weiße Frau, die keinen kranken Eindruck machte. Die positiven körperlichen Befunde waren auf das Herz-Kreislauf-System beschränkt.«⁵⁸ Kurzum, Gibbon schien endlich eine Patientin mit idealen Voraussetzungen für sein maschinengestütztes Operationsverfahren gefunden zu haben.

Als der große Operationstag am 6. Mai 1953 gekommen war, unterlief jedoch, bevor überhaupt ein Skalpell gezündet werden konnte, bereits ein schwerwiegender Fehler. Während Miller die Herz-Lungen-Maschine früh morgens vom Labor im achten Stockwerk des Collegegebäudes in den Operationsraum im vierten Stockwerk des Jefferson Hospital manövrierte,⁵⁹ standen etwa zwei Dutzend Medizinstudent*innen zur Blutabnahme Schlange: »Das waren noch Zeiten, als Studenten wirklich für ihren Beruf bluten mussten.«⁶⁰ Der Zweck dieses morgendlichen Prozederes war die Befüllung der Maschine mit rund drei Litern frischem, gerinnungsfreiem Blut.⁶¹ Dafür musste es lediglich noch mit der richtigen Dosis Heparin versetzt werden, die bei 25 Milligramm pro 500-Kubikzentimeter-Einheit lag. Aus unerfindlichen Gründen fanden jedoch nur jeweils 10 Milligramm Heparin ihren Weg in die bereitgehaltenen Bluteinheiten.⁶² Eine Störung des geplanten Operationsablaufs war damit vorprogrammiert.

Nichts davon ahnend, stellte Gibbon sein Operationsteam für das große Ereignis zusammen. Die Chirurgen Allbritten, Miller und Thomas Nealon sollten Gibbon direkt assistieren, die Krankenschwester Kitty Rowlands und der Assistenzarzt Robert K. Finley Jr. die Rolle der Anästhesist*innen übernehmen, während die Labor-technikerin Joanne Crothers zusammen mit dem Assistenzarzt Victor Greco zur Bedienung der Herz-Lungen-Maschine eingeteilt wurde.⁶³ Der Andrang gespannter Beobachter im Operationsraum war inzwischen so groß, dass Gibbon einige von ihnen zum Gehen auffordern musste.⁶⁴ Kurz nach 9 Uhr stand der Narkoseeinleitung

Gibbon H. L. Machine, Wagner Correspondence, Bavolek Patient Record; 1st Heart-Lung Machine Patient.

58 Übers. B. P., ebd., S. 2.

59 Vgl. Bernard J. Miller, »Division of Cardiothoracic Surgery«, in: Frederick B. Wagner Jr. (Hg.), *Thomas Jefferson University. Tradition and Heritage*, Philadelphia: Lea & Febiger 1989, S. 580–609, hier: S. 595; sowie Finley, »John H. Gibbon, Jr., (JMC, '27)«, S. 469.

60 Übers. B. P., Joeann G. T. Fraser, »Retrospective on Dr Gibbon and His Heart-Lung Machine«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76/6 (2003), S. S2197–S2198, hier: S. S2197.

61 Vgl. ebd., S. S2197; sowie Joseph F. Nolan, »Hole in Heart Closed, Device Pumps Blood«, *The Philadelphia Inquirer* (8. Mai 1953), S. 1–16, hier: S. 16.

62 Vgl. Mark Kurusz, »May 6, 1953: The Untold Story«, *Asaio Journal* 58/1 (2012), S. 2–5, hier: S. 3; sowie den Operationsbericht »Bavolek, Miss Cecelia« (S. 1, 4), John H. Gibbon, Jr. Collection, Folder: Gibbon H. L. Machine, Wagner Correspondence, Bavolek Patient Record; 1st Heart-Lung Machine Patient.

63 Vgl. Kurusz, »May 6, 1953«, S. 3.

64 Vgl. Finley, »John H. Gibbon, Jr., (JMC, '27)«, S. 469.

dann nichts mehr im Wege.⁶⁵ »Lass uns Hände halten«, waren die letzten Worte, die Cecelia Bavolek vonseiten eines Chirurgen vernahm, bevor ihr Bewusstsein für mehrere Stunden schwand.⁶⁶

Abgesehen von den schweißtreibenden Arbeitsbedingungen im damals nicht klimatisierten Operationsraum verliefen zumindest die ersten Operationsschritte noch störungsfrei.⁶⁷ Die Chirurgen öffneten den Brustkorb, legten die beiden Hohlvenen am Herzen sowie die linke Schlüsselbeinarterie frei und kanülierten all diese Gefäße für den Anschluss an die Herz-Lungen-Maschine. Gegen 12:55 Uhr zirkulierte erstes Blut zwischen Organismus und Maschine, während Klemmen um die obere und untere Hohlvene bereitlagen, um den Blutfluss durch die Hohlräume des Herzens zu unterbinden. Doch nur sieben Minuten später, als Crothers und Greco noch dabei waren, die Pumpgeschwindigkeit hochzufahren, begann sich die geringe Heparindosis bemerkbar zu machen: In der Verteilerkammer des Oxygenators verkrustete gerinnendes Blut allmählich die Schlitze, durch die es eigentlich ungehindert fließen und die Drahtgitterplatten benetzen sollte. Statt ordnungsgemäß in die sauerstoffreiche Atmosphäre herabzugleiten, quoll nun angestautes Blut mit unheilverkündendem Schäumen am Deckel der Verteilerkammer über.⁶⁸

Da es längst kein Zurück mehr gab, entschieden Gibbon und Allbritten, trotz der besorgniserregenden Störung eisern an ihrem Operationsziel festzuhalten. Mit dem Abklemmen der beiden Hohlvenen verebbte in Cecelia Bavoleks Herz das Blut. Ihre kardiopulmonalen Funktionen hingen nun vollständig von der gegen die Blutkruste anarbeitenden Maschine ab. Sofort legte Gibbon das pochende Herz mit einem Schnitt in die Ausstülpung des rechten Vorhofs weit offen und erblickte ein Loch von der Größe eines Silberdollars in der Scheidewand zwischen den Vorhöfen.⁶⁹ Allmählich jedoch wirkte sich die Funktionsstörung des Oxygenators merklich auf den Zustand der Patientin aus: »Als die Maschine den gesamten Kreislauf übernahm, kam es zu einem fortschreitenden Abfall der Sauerstoffsättigung des arteriellen Blutes, das zur Patientin zurückgeführt wurde.«⁷⁰ Sowohl an der Maschine als auch am Operationstisch waren Improvisationslösungen nun unvermeidlich.

Zum einen nahm die Aufrechterhaltung der maschinellen Betriebsfunktionen mehr und mehr selbst die Züge einer Notoperation an. Greco, der verzweifelt ver-

65 Vgl. »Anaesthesia Record«, John H. Gibbon, Jr. Collection, Folder: Gibbon H. L. Machine, Wagner Correspondence, Bavolek Patient Record; 1st Heart-Lung Machine Patient.

66 Übers. B. P., zitiert nach »Swoyersville Girl Who Was Saved By Heart-Lung Machine Back Home«, *Wilkes-Barre Record* (26. Mai 1953), S. 13, hier: S. 13.

67 Zu den Arbeitsbedingungen siehe Finley, »John H. Gibbon, Jr., (JMC, '27)«, S. 469.

68 Siehe »Synopsis Total Human Perfusion« sowie »Bavolek, Miss Cecelia« (S. 2), John H. Gibbon, Jr. Collection, Folder: Gibbon H. L. Machine, Wagner Correspondence, Bavolek Patient Record; 1st Heart-Lung Machine Patient.

69 Vgl. ebd., S. 3.

70 Übers. B. P., ebd., S. 4.

suchte, das Überquellen des Blutes einzudämmen, musste zwischenzeitlich auf einen Hocker steigen, um den Deckel des Oxygenators gegen den steigenden Blutdruck im Inneren herabzudrücken.⁷¹ Das von Miller entworfene elektronische Rückkopplungssystem registrierte die aus dem Gleichgewicht geratenen Druckverhältnisse und brachte sämtliche Rollerpumpen zum Stehen. »BJ, tu etwas! Tu etwas!«, rief Gibbon in Bernard J. Millers Richtung.⁷² Der chirurgische Assistent räumte seinen Platz am Operationstisch und eilte hinüber zur Maschine, wo er eine improvisierte Schlauchverbindung an der verkrusteten Verteilerkammer des Oxygenators vorbeilegte. Während er die arterielle Rollerpumpe per Hand steuerte, mühte sich Miller mit Crothers' und Grecos Unterstützung, Blutkonserve um Blutkonserve und, als diese zur Neige gingen, Kochsalzlösung über eine Bürette in die Schlauchverbindung einzuspeisen.⁷³ »Es ist unmöglich, Übersicht über Menge an Blut zu behalten, die der Maschine hinzugefügt wird, um Leckage zu kompensieren«, vermerkte das Operationsprotokoll an dieser Stelle.⁷⁴

Zum anderen forderte die Funktionsstörung der Maschine auch die Improvisationsgabe der Operateure heraus. Obwohl sich der Blutdruck dank Millers, Crothers' und Grecos Einsatz einigermaßen stabilisieren ließ, war die sinkende Sauerstoffversorgung der Patientin ein untrügliches Zeichen, dass die Operation schnellstmöglich zu Ende gebracht werden musste. Allbritten schlug deshalb vor, die Ränder des Loches einfach zusammenzunähen, anstatt es wie geplant mit einem Gewebetransplantat vom Herzbeutel zu verschließen. Kurzentschlossen setzte Gibbon diesen Vorschlag in die Tat um. Nachdem der angeborene Herzfehler auf diese Weise korrigiert war, konnte Gibbon mithilfe seiner Assistenten auch den chirurgisch angelegten Schnitt im Vorhof vernähen und nach 26 Minuten totaler Abklemmung wieder Blut durch die Hohlvenen ins Herzinnere strömen lassen.⁷⁵ »Maschine angehalten« und »Herz geschlossen« lauteten die letzten beiden Einträge eines außergewöhnlichen Operationsprotokolls.⁷⁶

So endete, was zeitweise geneigt war, in einer Katastrophe zu münden, mit einem aufsehenerregenden Operationserfolg. Die unerwartet aufgetretene Funktionsstörung der Maschine und die notgedrungenen Improvisationen erscheinen auf den ersten Blick wie gemacht für posthumanistische Spekulationen über materielle Handlungsmächte, die den menschlichen Subjektstatus konterkarieren.

71 Vgl. Kurusz, »May 6, 1953«, S. 3.

72 Übers. B. P., Gibbon, zitiert nach ebd., S. 3.

73 Vgl. Bernard J. Miller, »Development of the Heart-Lung Machine at Jefferson and Its First Application in the Surgery of the Heart«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 452–465, hier: S. 465; sowie Kurusz, »May 6, 1953«, S. 3f.

74 Übers. B. P., »Synopsis Total Human Perfusion«.

75 Vgl. »Bavolek, Miss Cecelia«, S. 3.

76 Übers. B. P., »Synopsis Total Human Perfusion«.

Allerdings wäre die Störung keine Störung, sondern ein sinnloser physikalisch-chemischer Prozess gewesen, wenn sie nicht der Erfüllung eines durch menschliche Subjekte definierten Zweckes entgegengestanden hätte.⁷⁷ Schließlich improvisierten die Chirurgen und Techniker*innen nicht etwa, weil sich das Operationsziel in der Dynamik der Praxis unwillkürlich transformiert hätte, sondern weil sie es als sinnstiftendes Element des gesamten technischen Arbeitsaufwands gegen alle materiellen Widerstände verteidigten. Statt einer Grenzauflösung zwischen Mensch und Maschine trat im Umgang mit der Störung also umso deutlicher jener normative Gestaltungswillen hervor, der das Lebewesen von der Maschine unterscheidet, egal wie existenziell organische und mechanische Funktionen gekoppelt sein mögen.

Die Rolle von Cecelia Bavolek, deren Körper im Operationsverlauf so fließend in die Herz-Lungen-Maschine übergang, beschränkte sich nicht darauf, vegetativer Teil eines Cyborgs zu sein. Mit »großem Mut«, wie Gibbon hervorhob,⁷⁸ hatte sie in ein bisher nur in Tierversuchen geglücktes Operationsverfahren eingewilligt, ohne in akuter Lebensgefahr zu schweben. Für Bavolek war das »Gefühl des Hindernisses, der Beeinträchtigung, der Schädigung«, mit Canguilhem gesprochen, »unbestreitbar ein normatives Gefühl«.⁷⁹ Ihr ging es nicht um das fremdbestimmte Überleben zwischen den Funktionsabläufen der Maschine; sie wollte ein *besseres* Leben, das nicht länger wegen eines angeborenen Herzfehlers auf eingeschränkte, »ganz bestimmte Existenzbedingungen genormt« war.⁸⁰ Nach der Heimkehr aus dem Krankenhaus verneinte sie gegenüber der Lokalpresse, ein besonderes Erlebnis hinter sich zu haben – sie habe schließlich unter Vollnarkose gestanden –, und hob stattdessen die zurückgewonnenen Gestaltungsfreiheiten ihres Lebens hervor: »Mir ist es erlaubt, diesen Sommer schwimmen zu gehen, und ich kann jedes Fahrgeschäft im Freizeitpark nutzen, außer die Achterbahn.«⁸¹

Gibbon hingegen erlebte diesen Meilenstein seiner Karriere als so »emotional auslaugend«, dass er sich anschließend außerstande sah, das Geschehene erneut zu durchleben, um den Operationsbericht zu formulieren.⁸² Er trat nach seinem Operationserfolg nur mit Zurückhaltung vor die Presse und veröffentlichte den geschichtsträchtigen Fall erst ein Jahr später auf Einladung von Clarence Dennis in der

77 Pickering gesteht eine solche Einbettung in menschliche Zweckzusammenhänge anfangs zu, aber entwickelt seine Argumentation dann trotzdem in eine gänzlich andere Richtung (vgl. Pickering, *The Mangle of Practice*, S. 54).

78 Übers. B. P., Gibbon, »The Development of the Heart-Lung Apparatus« (1970), S. 239.

79 Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 137.

80 Ebd., S. 191.

81 Übers. B. P., Cecelia Bavolek, zitiert nach »Swoyersville Girl«, S. 13.

82 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »Medicine's Living History«, *Medical World News* (3. November 1972), S. 46–47, 51–53, hier: S. 52.

regionalen Fachzeitschrift *Minnesota Medicine*.⁸³ Mit den Details des komplikationsreichen Operationsverlaufs behelligte er die Öffentlichkeit jedoch nicht. In der Zwischenzeit operierte Gibbon noch zwei weitere Male erfolglos unter Einsatz der Herz-Lungen-Maschine und fällte für sich eine normative Entscheidung besonderer Art: Noch während ein drittes, bedienungsfreundlicheres Modell der Herz-Lungen-Maschine bei International Business Machines in Arbeit war, beschloss er, selbst keine Herzoperationen mehr durchzuführen und dies in die Hände der jüngeren Generation von Chirurgen am Jefferson Hospital zu legen.⁸⁴

Im Rückblick sorgte Gibbons drastisch wirkender Schritt für einige Spekulationen. »Er hatte bewiesen, dass ein Pumpenoxygenator menschliches Leben erhalten konnte, also wandte er sich anderen Dingen zu«, spielte Dobell auf Gibbons Experimentiervorliebe an. »Für ihn wäre dies vollkommen vernünftig gewesen. Schließlich könnte jeder Chirurg Löcher im Herzen zunähen!«⁸⁵ Willem Kolff, mit dem Gibbon im Austausch stand, meinte dagegen, die misslungenen Herzoperationen hätten Gibbon so schwer erschüttert, dass »er die Maschine nicht mehr sehen konnte«.⁸⁶ Der Herzchirurg George Humphreys wiederum vermutete gemischte Motive: »Er wollte die Anerkennung, die er angesichts der vielen Jahre, die er daran gearbeitet hatte, verdienstermaßen bekam. Das stellte ihn wirklich zufrieden. Deshalb hat er damit aufgehört. Die anderen gingen die Risiken ein und töteten die Babys; und ihm gefiel das nicht.«⁸⁷

Was auch immer Gibbons genaue Beweggründe gewesen sein mögen, seine jähe Abkehr von der Herzchirurgie bringt noch einmal zum Vorschein, was adaptive Rückkopplungsschleifen und emergente Netzwerkverbindungen genauso wenig abbilden wie manche Metanarrative der Wissenschafts-, Medizin- und Technikgeschichte: dass es letztlich doch Lebewesen mit Neigungen und Gefühlen waren, die die experimentelle und klinische Arbeit mit Maschinen verrichteten. Ob Gibbon nun eigenhändig weitere Herzoperationen durchführte oder dies risikobereiteren Chirurgen überließ, war für die klinische Etablierung der Herz-Lungen-Maschine in den folgenden Jahren jedoch unerheblich. Die experimentelle Grundlage für ein neues Kapitel der Herzchirurgie war gelegt.

83 Vgl. John H. Gibbon Jr., »Application of a Mechanical Heart and Lung Apparatus to Cardiac Surgery«, *Minnesota Medicine* 37/3 (1954), S. 171–180; sowie Shumacker, *A Dream of the Heart*, S. 183.

84 Vgl. Ada Romaine-Davis, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991, S. 143f.

85 Übers. B. P., Dobell, »John H. Gibbon, Jr.«, S. 343.

86 Übers. B. P., Willem Kolff, zitiert nach Cooper, *Open Heart*, S. 157.

87 Übers. B. P., George H. Humphreys, zitiert nach ebd., S. 157.

IV Schluss

10 Fazit und Ausblick

Anfang der 1970er-Jahre blickte Gibbon aus dem Ruhestand auf eine höchst erfolgreiche Karriere zurück. Seit dem gelungenen Einsatz der Herz-Lungen-Maschine war er in mehrere Ehrengesellschaften aufgenommen und mit zahlreichen Auszeichnungen bedacht worden, darunter im Jahr 1968 der hoch renommierte *Albert Lasker Clinical Research Award*.¹ Die kollegiale Wertschätzung, die er zeitlebens genossen hatte, unterstrich nicht zuletzt Clarence Dennis' Versuch, Gibbon nach dessen Tod am 5. Februar 1973 für den Nobelpreis zu nominieren, was einzig am formalen Ausschluss posthumer Verleihungen scheiterte.² Und dennoch beschliessen Gibbon an seinem Lebensabend gemischte Gefühle im Hinblick auf sein experimentelles Meisterwerk:

»Einige Jahre später, als Herz-Lungen-Maschinen auf der ganzen Welt im allgemeinen Gebrauch waren, erinnere ich mich an mein Missfallen beim Aufschlagen einer chirurgischen Fachzeitschrift, die ich voller Artikel über offene Herzchirurgie vorfand. Ich muss wohl gedacht haben, dass ich eine Art Büchse der Pandora geöffnet hatte.«³

Dass Gibbon die genauen Gründe seines Missfallens nicht näher ausführte, lässt dem Schlusskapitel der vorliegenden Arbeit Raum für Reflexionen über die gesellschaftliche Rolle, der sich die Herz-Lungen-Maschine auf der Grundlage ihrer schon im Experiment angelegten ökonomischen und ökologischen Verwicklungen fügte. Auf theoretischer Ebene haben die vorangegangenen Kapitel die Unzulänglichkeiten der parakybernetischen Ontologie des Posthumanismus in unterschiedlichen Facetten mit dem Erkenntnisreichtum einer organologischen

1 Vgl. Harris B. Shumacker Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999, S. 283–285.

2 Vgl. Clarence Dennis, »A Heart-Lung Machine for Open-Heart Operations. How it Came About«, *Transactions of the American Society for Artificial Internal Organs* 35/4 (1989), S. 767–777, hier: S. 773.

3 Übers. B. P., John H. Gibbon Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244, hier: S. 239.

Kritik kontrastiert und so auf historiografischer Ebene durch die experimentellen Entwicklungsstadien der Herz-Lungen-Maschine geführt. Der Kontrast zwischen dem in der neoliberalen Ideologie verhafteten Glauben an die Selbstorganisationskräfte experimenteller Anordnungen einerseits und der kritischen Einbettung des Experiments in die von Machtstrukturen durchdrungene Industrie- und Umweltgeschichte andererseits lässt sich in einem abschließenden Fazit und Ausblick nochmals pointieren.

Mehr noch, als Gibbon ahnen mochte, fand sich die Herz-Lungen-Maschine über die Experimentalphase hinaus in einem Geflecht unilateraler Abhängigkeitsbeziehungen wieder, das wenig mit der relativistischen und symmetrischen »Hybridwelt« zu tun hatte, die Latour in der *black box* des wissenschaftlichen Experiments verborgen wähnt.⁴ Tatsächlich könnte kaum eine Maschine leibhafter vor Augen führen als der künstliche Organkomplex der Herz-Lungen-Maschine, dass »die Gesellschaft eine Äußerlichkeit von Organen darstellt«.⁵ Die körperlichen Organe mögen nach immanenten Zwecken des Organismus zusammenwirken. Doch an welchen und wessen Bedürfnissen sich die fungiblen Organe der Gesellschaft – in Form ihrer technischen Hilfsmittel und Institutionen – ausrichten, ergibt sich laut Canguilhem nicht von selbst und ist niemals alternativlos.⁶ So nahm auch die Herz-Lungen-Maschine trotz Gibbons anderslautender Absichten über die experimentelle Phase hinaus ihren Platz in den vorherrschenden Produktions- und Konsumptionsverhältnissen des Industriekapitalismus ein.

Die drei Abschnitte dieses Schlusskapitels verbinden eine zusammenfassende Rückschau auf die experimentellen Entwicklungsschritte der Herz-Lungen-Maschine mit einem Ausblick auf nachfolgende Entwicklungen. Erstens sollen die erarbeiteten historischen Befunde hinsichtlich der Experimentalphase der Herz-Lungen-Maschine kurz resümiert und in der Zusammenschau herausgestellt werden, wie wenig Phänomene der Selbstorganisation und wie stark umgekehrt äußere Zwecke die experimentelle Technikentwicklung bestimmten. Zweitens lässt sich diese Fremdbestimmtheit durch einen Ausblick auf verschiedene Gesundheitskrisen der jüngeren Vergangenheit unterstreichen, in denen das maschinengestützte Gesundheitswesen durch seine prekären Abhängigkeiten von den Ressourcen globaler Industrielandschaften dem Zusammenbruch ins Auge sah. Drittens und letztens gilt es zu hinterfragen, an welchen sozioökonomischen Normen sich die

4 Bruno Latour, *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2002, S. 27; vgl. zudem Bruno Latour, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987, S. 15.

5 Georges Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013, S. 273.

6 Siehe ebd., S. 273f.

Priorisierung technologischer Interventionen vor gesundheitlicher Prävention angesichts der Epidemie von Herzerkrankungen in den Industrienationen orientiert.

10.1 Keine Spur von Selbstorganisation – ein Resümee

Das chirurgische Experiment von John H. Gibbon Jr. war kein kybernetischer Informationsprozessor, der wie von unsichtbarer Hand wissenschaftlich-technische Innovationen aus heterogenen Fragmenten schuf. Dieser neoliberal geprägten Vorstellung, die im Namen einer posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung proliferiert, entzieht die organologische Geschichte der Herz-Lungen-Maschine jede Grundlage. Sowohl der Bezug experimenteller Mittel aus den Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts als auch die damit im Labor ausgeübte Kontrolle über Maschinen- und Vitalfunktionen entlarven in ihrer historischen Rekonstruktion das, was der Posthumanismus für Phänomene der Selbstorganisation erklärt, als ein hochgradig »von außen und oben her«⁷ strukturiertes Unterfangen.

So nimmt die organologische Geschichte der Herz-Lungen-Maschine ihren Ausgang in der Tatsache, »dass kein Lebewesen je eine medizinische Technik entwickelt hätte, wäre in ihm wie auch in anderen Lebewesen das Leben gegen die ihm vorgegebenen Bedingungen gleichgültig [...]«. ⁸ Die Bedingungen, denen Gibbon als junger Arzt in den frühen 1930er-Jahren nicht gleichgültig gegenüberstand, waren jene des Operierens am Herzen unter Zeitdruck. Die wenigen Minuten, für die der Organismus eine Abklemmung der großen Gefäße tolerierte, verlangten Herzeingriffen eine Ausführungsgeschwindigkeit ab, die im drastischen Widerspruch zum langsamen, kontrollierten Operationsstil der physiologischen Chirurgie stand. Auf dieses arbeitspraktische Zeitproblem, dessen Ausmaße Gibbon im Rahmen einer gescheiterten Trendelenburg-Operation vor Augen geführt bekam, sollte die maschinelle Übernahme der kardiopulmonalen Funktionen eine Antwort liefern.

Das Experiment zur Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine verdankte also bereits seine Entstehung Motivationsgründen, die nicht auf es selbst zurückzuführen waren, sondern von außerhalb – in diesem Fall aus der Klinik – ins Labor hineingetragen wurden. Ebenso wenig organisierte sich in den darauffolgenden 20 Jahren der Auf- und Umbau der Versuchsanordnung aus ihrer eigenen Operationslogik heraus. Stattdessen nahm die Maschine über das Anfangs-, Übergangs- und Abschlussstadium des Experiments hinweg gerade durch ihre vielschichtige Bezogenheit auf ein normatives Äußeres allmählich Gestalt an. Innerhalb des Labors waren es die Experimentierenden, welche Maschine und Organismus unter großem technischen Aufwand in Beziehung zueinander setzten; im äußeren Umfeld des Labors

7 Ebd., S. 269.

8 Ebd., S. 131.

wiederum bestimmten Kapitalinteressen die Produktionsverhältnisse, aus denen die integralen Bestandteile der Maschine stammten.

Was die laborinternen Verhältnisse betraf, so mischten sich Gibbon, seine Labor- und Ehepartnerin Mary sowie die späteren Mitglieder seiner Forschungsgruppe keineswegs einfach unter die heterogenen Bauteile, Materialien und Versuchstiere. Anders als es die posthumanistische Vorstellung von symmetrisch verteilter Handlungsmacht suggeriert, bewahrten die Experimentierenden trotz aller Widerstände und Überraschungen, die in den Versuchsanordnungen lauerten, eine übergeordnete Verfügungsgewalt über das, was sie mit eigenen Händen auf dem Experimentiertisch gruppierten. Sie richteten die maschinellen Bestandteile als Organe ihres menschlichen Forschungsinteresses aus und unterwarfen die Lebensäußerungen der Versuchstiere dem Funktionsschema des von ihnen entworfenen Experiments.

Im Anfangsstadium (1930–1935) manifestierte sich diese charakteristische *Asymmetrie* des Tierversuchs noch vorwiegend in Rückanpassungen der Maschine an den Organismus, der die ihm aufgezwungenen Experimentalbedingungen nicht gleichgültig ertrug. Zum Beispiel orientierte sich der Aufbau des Pumpmechanismus – bestehend aus einer venösen und einer arteriellen Kolbenpumpe samt Klappenventilen, elastischen Widerständen und getaktetem Getriebe – ursprünglich noch deutlich an der physiologischen Anatomie und Frequenz des Herzens. Doch bereits im Übergangsstadium (1936–1941) wich dieser komplizierte Pumpmechanismus peristaltischen Rollerpumpen, die das Blut ganz ohne Klappenventile und schlagartige Kontraktionen kontinuierlich vorantrieben. Sukzessive emanzipierte Gibbon die Funktionsweise einzelner Maschinenteile somit von ihren körperlichen Vorbildern.

Zwar blieben gewisse Vitalparameter der perfundierten Katzen und Hunde wichtige Orientierungsmarken, doch fungierten diese im Experiment primär als technische Normen für die Leistung der Maschine. Abweichungen vom ›Normal‹ wurden dementsprechend mit immer aufwendigeren technischen Vorrichtungen beantwortet: Weil der Perfusionsvorgang unter Barbituratnarkose bei den Versuchstieren schwere Atemdepressionen verursachte, ließ Gibbon sie im Übergangsstadium Narkosegas durch ein ursprünglich aus dem Tauch- und Minenrettungswesen stammendes Kreislaufatemgerät inhalieren. Anhaltende Defizite in der Sauerstoffsättigung, die sich in quantitativen Blutgasanalysen zeigten, kompensierte er ebenfalls technologisch durch Kapazitäts- und Effizienzsteigerungen des Oxygenators. Dass im Abschlussstadium (1946–1953) die Herzen gesunder Hunde gezielt perforiert wurden, um maschinengestützte Operationsverfahren an ihnen zu erproben, erscheint insofern als der logische Endpunkt einer reduktionistischen, objektifizierenden Unterordnung des Organismus unter die Maschine im chirurgischen Experiment.

Während sich also die Kontrolle von Vital- und Maschinenfunktionen innerhalb des Labors an den Normen der Experimentierenden ausrichtete, galt dies keineswegs für die industriellen Produktionsverhältnisse, aus denen die Mehrzahl der dafür eingesetzten Mittel stammte. Zwar knüpfte Gibbon ursprünglich an ein technisches Repertoire aus Pumpen, Schläuchen und Luftbehältern an, das schon Physiologen des 19. Jahrhunderts zur Perfusion isolierter Organe erprobt hatten, doch im Laufe der Versuche bezog er immer mehr Materialien, Bauteile und Verfahrensweisen von laborfremder Herkunft ein. Stück für Stück verwickelte der Chirurg dadurch das Experiment in äußere Abhängigkeiten von unterschiedlichen Industriezweigen.

Im experimentellen Anfangsstadium erwies sich vor allem die industrielle Landwirtschaft mitsamt ihren kolonialen Ausläufern als wichtige Bezugsquelle, wenn es um die technische Handhabung von Blut außerhalb des Körpers ging. Um es überhaupt ohne Klumpenbildung durch eine Maschine leiten zu können, war Gibbon auf den Gerinnungshemmer Heparin angewiesen, der damals in Toronto aus den Schlachtabfällen der Fleischindustrie, aus Rindereingeweiden, gewonnen wurde. Für den künstlichen Gasaustausch des gerinnungsfreien Blutes sorgte in den 1930er-Jahren ein Oxygenator in Form einer Schleudertrommel, dessen Konstruktionsweise stark an die von Milchscheidern erinnerte, wie sie Gibbon vom elterlichen Familienbauernhof kannte. Da es in den anfänglichen Versuchen an kompatiblen Blutkonserven mangelte, musste sich der Chirurg außerdem mit einem Blutersatz behelfen, um das gewachsene Fassungsvermögen der provisorischen Herz-Lungen-Maschine zu füllen. Hierzu diente eine Lösung aus Akaziengummi, einem Baumharz, das aus der britischen Kolonie Sudan auf den US-amerikanischen Markt gelangte.

Parallel zu dieser Einrichtung des chirurgischen Experiments in den agrikal-terrell geprägten Industrielandschaften zogen sich Umfunktionierungen von Nachrichtentechnik zu Regelungstechnik durch sämtliche Stadien des Experiments. Anfangs regelten John und Mary Gibbon den Blutstrom in der Maschine noch mithilfe elektromagnetischer Schalter, die bereits im 19. Jahrhundert aus der Telegrafie in die Experimentalphysiologie übergegangen waren. Solche Schaltungen wirkten in den 1930er-Jahren aber geradezu reliktisch im Vergleich mit dem breiten Repertoire an Elektronenröhren unter den Patentregimen der Radio Corporation of America beziehungsweise General Electric. Seit dem Übergangsstadium kamen in der Herz-Lungen-Maschine daher verschiedene Schaltkreise zur regeltechnischen Anwendung, die so ähnlich in Rundfunk- und Tonfilmtechnik sowie in der Industrieproduktion mechanische Bewegungen durch Spannungsvariationen steuerten.

Im Abschlussstadium des Experiments, das Gibbon nach dem Zweiten Weltkrieg in Kooperation mit International Business Machines (IBM) durchführte, verstetigte sich die Verwendung von Elektronenröhren, während die frühen Einflüsse der industriellen Landwirtschaft zunehmend durch solche der chemischen

Industrie überlagert wurden. Die gerinnungshemmende Wirkung des Heparins wurde durch flüssigkeitsabweisende Silikonbeschichtungen im Inneren der Blutleitungen ergänzt, was der Anhaftung von Blutzellen und damit der Hämolyse vorbeugte. Rundum verändert kam dagegen der neue Oxygenator daher, der das Blut nicht mehr schleuderte, sondern es nach Prinzipien des Reaktordesigns, wie sie bei Du Pont erprobt wurden, an senkrechten Drahtgitterplatten hinabfließen ließ. Dieser Oxygenator thronte schließlich auf einem mit Inertgas unter Druck gesetzten Maschinengehäuse, einem in der petrochemischen Industrie gängigen Explosionsschutz, der im Fall der Herz-Lungen-Maschine entzündliche Narkosegase von den funkschlagenden Elektromotoren der Blutpumpen fernhielt.

Dabei ging mit der Integration von elektronischen Bauteilen, Kunststoffen und Reaktordesignprinzipien in die Herz-Lungen-Maschine eine zunehmende Abhängigkeit der Universitätsforschung von privatwirtschaftlichen Industrieforschungslaboren einher. Zwischen den 1930er- und den 1950er-Jahren drängten diese die Bedeutung von universitären Maschinenwerkstätten, den traditionellen Geräteschmieden der physiologischen Chirurgie, mehr und mehr zurück. Im Abschlussstadium des Experiments markierte die vollständige Verlagerung der Konstruktionsarbeiten in die Labore von IBM den vorläufigen Höhepunkt dieser institutionellen Entwicklung in Richtung einer technologischen Chirurgie.

Dass sich Gibbons chirurgisches Experiment auf diese spezifische Weise in die Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts einfügte, war keinem Automatismus des technischen Fortschritts und schon gar keinen Selbstorganisationskräften des Experiments geschuldet. Vielmehr tat die industrienähe Ausrichtung der US-amerikanischen Forschungsförderung durch Privatstiftungen und Staatsbehörden ihr Übriges, um die kapitalistische Dominanz über fast sämtliche Mittel, mit denen experimentiert werden konnte, zu festigen. Persönliche Beziehungen, wie Gibbon sie nicht zuletzt in die Führungsetagen der Macy Foundation oder von IBM unterhielt, waren ausschlaggebend für die Durchführung eines kostspieligen Projekts wie dem Bau der Herz-Lungen-Maschine. Mit anderen Worten: Selbst den im Namen der Marktwirtschaft ausgerufenen Wettbewerb um Fördermittel regierten menschlicher Elitarismus und Nepotismus weit mehr als irgendwelche posthumanen Eigendynamiken.

Als Gibbon im Jahr 1953 trotz einiger Zwischenfälle schließlich seine historische Herzoperation glückte, geschah dies also kaum zufällig mit einer Herz-Lungen-Maschine, die nicht nur aus der Fertigung eines Industriekonzerns, IBM, stammte, sondern sich obendrein aus einer Vielzahl kommerzieller Bestandteile zusammensetzte, mit denen so unterschiedliche Industriestätten wie Massenschlachthöfe, Elektronikfabriken und Chemiewerke verbunden waren. Immerhin konnte sich Gibbon mit dem IBM-Vorsitzenden Thomas Watson auf eine Abtretung der Patentrechte an das nicht profitorientierte Jefferson Medical College einigen. Daher stand es dem Chirurgen frei, die Baupläne nach seinem Operationserfolg an andere

medizinische Institutionen wie die Mayo Clinic in Rochester zu verteilen, wo die Maschine für den routinemäßigen Einsatz weiterentwickelt wurde.⁹ Dennoch hatte die Herz-Lungen-Maschine über zwei Jahrzehnte des Experimentierens hinweg so viele Einflüsse aus den kapitalistisch dominierten Industrielandschaften aufgenommen, dass sie eine noch wesentlich fremdbestimmtere Medizintechnik war, als Gibbon ahnen mochte. Selbstorganisierend funktionierte nämlich weder das chirurgische Experiment, dem die Herz-Lungen-Maschine entsprang, noch das Gesundheitswesen, in dem sie fortan immer häufiger zum Einsatz kommen sollte.

10.2 Herzchirurgie in den Ruinen globaler Industrielandschaften

Die Fremdbestimmtheit der Chirurgie, wie sie sich in Gestalt der Herz-Lungen-Maschine niederschlug, erschöpfte sich nicht in einem banalen Interaktionismus zwischen der Innen- und Außenwelt des Labors beziehungsweise der Klinik. Die organologische Geschichte der Herz-Lungen-Maschine, erzählt als eine Geschichte der chirurgischen Adaptionen von Mitteln aus den Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts, zeichnet vielmehr ein differenziertes Bild von Abhängigkeitsbeziehungen unterschiedlicher Qualität.

Die Entlehnung der technischen Funktionsprinzipien von Produktionsmaschinen, wie es beispielsweise bei der Konstruktion von Oxygenatoren nach den Vorbildern der Milchschleuder oder des chemischen Reaktors der Fall war, knüpfte das chirurgische Experiment lose an die materiellen Bedingungen der umgebenden Industrielandschaften. Historisch war die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine hierbei zwar auf die Vorbildfunktion industrieller Verfahren angewiesen, doch bot die schlichte Nachahmung wenig Raum, um die Kapitalinteressen Dritter in der chirurgischen Arbeit zu manifestieren. Eine ganz andere Qualität barg jedoch der Bezug von Materialien und Bauteilen, die aufgrund von exklusiven Produktionsbedingungen oder Patentregimen bindende Abhängigkeiten von oligopolistischen Marktstrukturen nach sich zogen. Die Paradebeispiele für Komponenten dieser Art waren in der experimentellen Phase der Herz-Lungen-Maschine besonders Kunststoffe wie Silikon, elektronische Bauteile und der Gerinnungshemmer Heparin. Um die langfristigen Auswirkungen dieser Abhängigkeiten hervorzuheben, lohnt sich ein Ausblick über die Experimentalphase der Herz-Lungen-Maschine hinaus.

Die im Abschlussstadium von Gibbons Experiment entstandene Abhängigkeit von Silikon verfestigte sich nach dem erfolgreichen Einsatz der Herz-Lungen-Maschine in den 1950er-Jahren weiter. Beispielsweise ermöglichte die entschäumende Wirkung spezieller Silikonbeschichtungen aus der Herstellung von Dow Corning

9 Vgl. W. Bruce Fye, *Caring for the Heart. Mayo Clinic and the Rise of Specialization*, Oxford: Oxford University Press 2015, S. 210.

die Weiterentwicklung sogenannter Blasenoxygatoren, die Sauerstoffbläschen direkt durch das Blut sprudeln ließen.¹⁰ Bald darauf begann das Unternehmen, systematisch ein Geschäft im Gesundheitswesen aufzubauen und gründete 1959 das Dow Corning Center for Aid to Medical Research sowie drei Jahre später eine eigene Medical Products Division, die Silikonmaterialien für Herz-Lungen-Maschinen, Dialysegeräte, künstliche Herzklappen, Brustimplantate und viele weitere medizinische Anwendungen vermarktete.¹¹ Parallel dazu begann der Mutterkonzern Dow Chemical mit dem Aufkauf kleinerer Pharmazieunternehmen und schuf so ein Konglomerat, das die ab den 1970er-Jahren lauter werdende Kritik am sogenannten medizinisch-industriellen Komplex nährte.¹²

Spätestens in den frühen 1990er-Jahren führte die chemische Industrie dem US-amerikanischen Gesundheitswesen drastisch vor Augen, wie einseitig das bestehende Abhängigkeitsverhältnis gestrickt war. Nach einer Klagewelle wegen angeblicher Nebenwirkungen von Silikongel in Brustimplantaten stoppten Dow Corning, Dow Chemical und auch Du Pont aus rein ökonomischem Kalkül kurzerhand die Auslieferung der dringend benötigten Kunststoffe an Medizintechnikhersteller.¹³ Als Kollateralschaden der verdächtigen Brustimplantate stürzten die Chemiekonzerne das Gesundheitswesen damit in eine im US-Kongress debattierte »Biomaterialienkrise«, die Engpässe bei der Produktion lebensrettender Krankenhausausrüstung riskierte.¹⁴

Der Herzchirurg J. Donald Hill rechnete dem Kongressausschuss vor, dass allein in seinem Fachgebiet jährlich 700.000 Patient*innen, die Implantate wie Herzschrittmacher oder künstliche Herzklappen benötigten, und weitere 1,7 Millionen

10 Vgl. Richard A. Dewall et al., »A Simple, Expendable, Artificial Oxygenator for Open Heart Surgery«, *The Surgical Clinics of North America* 36/4 (1956), S. 1025–1034, hier: S. 1028.

11 Siehe Silas A. Braley, »The Use of Silicones in Plastic Surgery. A Retrospective View«, *Plastic and Reconstructive Surgery* 51/3 (1973), S. 280–288, hier: S. 283f.; Don Whitehead, *The Dow Story. The History of the Dow Chemical Company*, New York: McGraw-Hill 1968, S. 272; sowie Earl L. Warrick, *Forty Years of Firsts. The Recollections of a Dow Corning Pioneer*, New York: McGraw-Hill 1990, S. 184–187.

12 Vgl. Barbara Ehrenreich und John Ehrenreich, *The American Health Empire: Power, Profits, and Politics*, New York: Random House 1970, S. 102 und 118; sowie Stanley Wohl, *The Medical Industrial Complex*, New York: Harmony Books 1984, S. 11f. und 22.

13 Das Kalkül war schlicht, dass der medizinische Sektor verglichen mit anderen Absatzmärkten für Kunststoffe nur einen kleinen Teil der Gesamterträge einspielte und dieser Teil von den Prozesskosten überstiegen wurde (vgl. James S. Benson, »Prepared Statement of James S. Benson«, in: *Materials Supplier Liability and the Coming Crisis in Availability of Life-saving Medical Devices. Hearing Before the Subcommittee on Regulation and Government Information of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Third Congress, Second Session, May 20, 1994*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1994, S. 51–55, hier: S. 52).

14 Siehe auch J. H. Fielder, »The Biomaterials Crisis«, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 14/4 (1995), S. 439–440.

im Rahmen temporärer Eingriffe von diesen Engpässen betroffen sein könnten.¹⁵ »Schließlich sind jedes Jahr 342.000 Patienten betroffen, die sich einer Operation am offenen Herzen unterziehen«, bemerkte er über die zweite Gruppe. »Diese Patienten benötigen eine Herz-Lungen-Maschine zur temporären Unterstützung, während der korrigierende Eingriff durchgeführt wird. Eine Herz-Lungen-Maschine wird aus bis zu 15 verschiedenen polymeren Materialien gefertigt.«¹⁶

Der Kongress wendete die Krise schließlich mit dem »Biomaterials Access Assurance Act« von 1998 ab. Entgegen ethischen Bedenken hinsichtlich des Schutzes von Patient*innen befreite die Gesetzesreform die Kunststoffzulieferer einfach von jeglicher Haftung für die Medizinprodukte Dritter und unterband damit *de facto* Schadensersatzklagen von Geschädigten.¹⁷ Die Herz-Lungen-Maschine, deren Kommerzialisierung Gibbon zu Lebzeiten verhindern wollte, entpuppte sich in diesem Fall als machtvolleres Druckmittel in den Händen der chemischen Industrie, um staatliche Deregulierung durchzusetzen.

Anders als im Falle des Silikons verhielt es sich mit den elektronischen Bauteilen, die im Übergangsstadium des chirurgischen Experiments integriert worden waren. Der Einfluss, den die Radio Corporation of America beziehungsweise General Electric mittels patentierter Elektronenröhren auf die Entwicklung der Chirurgie nehmen konnten, versiegte ab den späten 1950er-Jahren, als die sperrigen Röhren mit dem Aufkommen von Halbleiterelementen allmählich obsolet wurden.¹⁸ Nichtsdestotrotz hatten die Elektronikkonzerne ihren Zugriff auf den medizinischen Sektor längst gefestigt und mischten beispielsweise bei der Entwicklung von Herzschrittmachern proaktiv mit.¹⁹ Besonders General Electric schwang sich in der zweiten

15 Vgl. J. Donald Hill, »Prepared Statement of J. Donald Hill, M.D.«, in: *Materials Supplier Liability and the Coming Crisis in Availability of Life-saving Medical Devices. Hearing Before the Subcommittee on Regulation and Government Information of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Third Congress, Second Session, May 20, 1994*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1994, S. 138–139, hier: S. 138. Als Miteigentümer eines Medizintechnikherstellers hatte Hill möglicherweise nicht ausschließlich das Wohl seiner Patient*innen im Sinn; siehe Shelley McKellar, *Artificial Hearts. The Allure and Ambivalence of a Controversial Medical Technology*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2018, S. 189.

16 Übers. B. P., Hill, »Prepared Statement of J. Donald Hill, M.D.«, S. 138f.

17 Vgl. Fielder, »The Biomaterials Crisis«, S. 442; sowie C. F. Walter und E. P. Richards, »The Biomaterials Access Assurance Act of 1998«, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 18/2 (1999), S. 125–127.

18 Siehe Frederik Nebeker, *Dawn of the Electronic Age. Electrical Technologies in the Shaping of the Modern World, 1914 to 1945*, Hoboken: Wiley & Sons 2009, S. 465f.

19 Vgl. Kirk Jeffrey, *Machines in Our Hearts. The Cardiac Pacemaker, the Implantable Defibrillator, and American Health Care*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2001, S. 70, 104 und 175.

Hälfte des 20. Jahrhunderts mit seinen spezialisierten Abteilungen und Tochterfirmen zu einem der größten Medizintechnikkonglomerate der Welt auf.²⁰

Die Schlüsselrolle der technischen Elemente der Elektronik, wie sie ein halbes Jahrhundert lang von Elektronenröhren ausgefüllt worden ist, findet ihr heutiges Echo in der Ubiquität halbleiterbasierter Mikrochips in fast sämtlichen Lebensbereichen – von Kommunikation und Unterhaltung über Industrie und Haushalt bis hin zur Medizin. Auch in diesem Fall steht die Herstellung von Medizintechnik in einem einseitigen Abhängigkeitsverhältnis zu einem globalen Oligopol, dessen Absatzmärkte so groß und diversifiziert sind, dass die Belieferung des medizinischen Sektors unter ökonomischen Gesichtspunkten verzichtbar wäre.²¹ Verschärft wird diese Abhängigkeitssituation dadurch, dass über dem mit Abstand größten Mikrochipproduzenten der Welt, der Taiwan Semiconductor Manufacturing Company (TSMC), fortwährend das Damoklesschwert geopolitischer Spannungen mit der Volksrepublik China schwebt.²²

Während der COVID-19-Pandemie sahen sich Medizintechnikhersteller angesichts beeinträchtigter Lieferketten schon einmal genötigt, bei der Bereitstellung der knapp gewordenen Halbleiterelemente für eine Priorisierung ihrer Branche anstelle der Unterhaltungselektronik- und Automobilindustrie zu lobbyieren.²³ Die Lage drohte 2021 zu eskalieren, als zusätzlich eine ungewöhnlich schwere Dürre die taiwanesisische Insel heimsuchte und die wasserintensive Produktion von Mikrochips zum Erliegen zu bringen drohte. Durch Wasserrationierungsmaßnahmen der taiwanesischen Regierung konnte die Arbeit in den Chipfabriken von TSMC letztlich weitergehen, nicht aber auf den benachbarten Reisfeldern, deren Bewässerung im Gegenzug eingestellt wurde.²⁴

Im Zeichen des Klimawandels unterstreicht das Beispiel der Chipkrise der frühen 2020er-Jahre die ökologische Vulnerabilität eines Industriezweigs, der imstande ist, die Lebensmittel- und Gesundheitsversorgung unmittelbar in Mitleidenschaft zu ziehen. Seither intensivieren westliche Industrienationen zwar ihre

20 Siehe Pierre-Yves Donzé, *Medtech. The Formation and Growth of a Global Industry, 1960–2020*, Singapur: Palgrave Macmillan 2022, S. 78–83.

21 Vgl. Kevin Zhai, »The Changing Landscape of Semiconductor Manufacturing: Why the Health Sector Should Care«, *Frontiers in Health Services* 3 (2023), S. 1–3, hier: S. 2.

22 Siehe Alessandro Gili und Davide Tentori, »The Fight for Global Technology Leadership: A Matter of Geopolitics (and Industrial Policy Too)«, in: dies. (Hg.), *The Comeback of Industrial Policy. The Next Geopolitical Great Game*, Mailand: Ledizioni 2023, S. 13–73, hier: S. 28–33.

23 Siehe z.B. Frans van Houten, »Global Chip Shortages: Why Supplies Must Be Prioritized for Healthcare Capabilities«, *World Economic Forum* (24. Mai 2022), <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/global-chip-shortages-put-life-saving-medical-devices-at-risk> [abgerufen am 19. August 2024].

24 Vgl. Raymond Zhong und Amy Chang Chien, »Taiwan's Drought Pits Tech vs. Farmers«, *The New York Times* (12. April 2021), S. B1.

Bemühungen, unabhängiger von globalen Lieferketten zu werden, wie der *US Chips and Science Act* oder der *EU Chips Act* zeigen.²⁵ Doch selbst wenn es Nordamerika und Europa in Zukunft gelingen sollte, lokale Produktionskapazitäten auszubauen, wäre die Priorisierung lebensrettender Maschinen in der profitorientierten Marktwirtschaft keine sich von selbst organisierende Gesetzmäßigkeit.

Die wohl gefährlichste Abhängigkeitsbeziehung unterhält die Medizin allerdings zu Tierprodukten der industriellen Landwirtschaft, die eine regelrechte Achillesferse des globalen Gesundheitswesens darstellen. Heparin, jenes Extrakt aus Schlachtabfällen, sollte sich nicht nur im Anfangsstadium von Gibbons Experiment als unverzichtbar erweisen, sondern ebenso für zahllose weitere chirurgische Anwendungen. Nicht ohne Grund bezeichnete Wilfred G. Bigelow, der das herzchirurgische Hypothermieverfahren entwickelt hatte, Heparin im historischen Rückblick als den »Faden, der all die kardiovaskulären Entwicklungen von 50 Jahren zu einem einheitlichen Ganzen verband, von der primitiven Abbindung von Arterien bei Blutungen bis zur Herztransplantation«.²⁶ Tatsächlich haben heutzutage fast alle, die sich im Laufe ihres Lebens schon einmal einem operativen Eingriff unterzogen haben, den aus Tiergedärmen gewonnenen Stoff bereits in Form von »Thrombosespritzen« injiziert bekommen.

Welch prekäre Abhängigkeit in der Lieferkette zwischen Massentierhaltung, Fleischfabrik, pharmazeutischer Endverarbeitung und Krankenhaus jedoch steckt, offenbart sich inzwischen fast im Jahresrhythmus, wenn sich neuerlich Tierseuchen und zoonotische Erreger aus den Stallanlagen und Massenschlachthöfen um den Erdball ausbreiten. Ein einschneidendes Ereignis dieser Art war die BSE-Krise der 1990er-Jahre, als die Kontaminationsgefahr des »Rinderwahnsinns« in den Vereinigten Staaten das Ende der Heparingewinnung aus Rindereingeweiden einläutete. Seither hat sich Chinas gigantische Schweinefleischindustrie zur größten Heparinquelle der Welt aufgeschwungen, von der mittlerweile 80 Prozent der internationalen Nachfrage abhängen.²⁷

Im Zuge der COVID-19-Pandemie lauerte zwischen eingepferchtem Schlachtvieh und Kadaverteilen schließlich ein höchst bedrohliches Szenario auf das globale Gesundheitswesen. Als die Pandemie 2020 erstmals Krankenhauskapazitäten an ihre Grenzen brachte, deuteten mehrere Studien auf eine mildernde Wirkung von Heparininjektionen bei schweren Krankheitsverläufen nach Infektionen mit dem

25 Siehe Gili/Tentori, »The Fight for Global Technology Leadership«, S. 30.

26 Übers. B. P., Wilfred G. Bigelow, *Mysterious Heparin. The Key to Open Heart Surgery*, Toronto: McGraw-Hill Ryerson 1990, S. 1f.

27 Vgl. Cian P. McCarthy et al., »Running Thin: Implications of a Heparin Shortage«, *The Lancet* 395/10223 (2020), S. 534–536.

Coronavirus hin.²⁸ Zu diesem Zeitpunkt befanden sich die chinesischen Schlachtviehbestände infolge einer im Vorjahr grassierenden Schweinegrippe-Epidemie jedoch auf einem Tiefstand, während gleichzeitig Massenschlachthöfe rund um den Erdball schließen mussten, weil sie selbst zu Verbreitungsherden des Coronavirus mutierten.²⁹ Die resultierende Heparinknappheit bekamen vor allem Patient*innen außerhalb der reichen Industrienationen zu spüren, wo es in Ermangelung des Gerinnungshemmers zu Ausfällen geplanter Operationen kam.³⁰

Auch im Falle des Heparins zeigt sich also die Abhängigkeit basaler medizinischer Praktiken von einem Industriezweig, der im Maßstab globaler Massenproduktion kaum fortbestehen können wird, ohne selbst ein gravierendes Gesundheitsrisiko zu bergen. Der Virologe Christian Drosten ließ im Rahmen der COVID-19-Pandemie jedenfalls keinen Zweifel daran aufkommen, dass weitere Gesundheitskrisen aus den Brutstätten der Fleischindustrie zu erwarten sind: »Eine wachsende Menschheit mit einem wachsenden Fleischhunger: Hier steckt das Risiko für künftige Pandemien.«³¹

Ob nun elektronische Bauteile, synthetische oder biologische Stoffe – all die materiellen Abhängigkeitsgeflechte zwischen Chirurgie und Industrie offenbaren die Prekarität eines Gesundheitswesens, dessen grundlegende Mittel in kapitalistisch dominierte Warenkreisläufe verwickelt sind. Die Nische, die sich Gibbon mit seinem herzchirurgischen Experiment in den Industrielandschaften des 20. Jahrhunderts eingerichtet hatte, entpuppte sich so im Laufe der Jahre immer weniger als gesundheitlicher Entfaltungsraum und immer mehr als krisenbehaftete Drohkulisse gegenüber wohlgemeinten Heilungsabsichten. Im Angesicht dieses Widerspruchs muss man wahrlich nicht Apokalyptiker*in sein, um eine reale Gefahr darin zu erkennen, weiter untätig zu bleiben und, wie Latour vorschlägt, »die Ungewißheit der ökologischen und medizinischen Krisen [zu] akzeptieren«.³² Doch genau das

28 Siehe So Young Kim et al., »Characterization of Heparin and Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Spike Glycoprotein Binding Interactions«, *Antiviral Research* 181 (2020), S. 1–9; sowie Moritz Leppkes et al., »Vascular Occlusion by Neutrophil Extracellular Traps in COVID-19«, *EBioMedicine* 58 (2020).

29 Zur Auswirkung der Schweinegrippe auf chinesische Viehbestände vgl. McCarthy et al., »Running Thin«, S. 534; zur Verbreitung des Coronavirus in Massenschlachthöfen siehe John Middleton, Ralf Reintjes und Henrique Lopes, »Meat Plants – A New Front Line in the Covid-19 Pandemic«, *BMJ* 370 (2020).

30 Siehe z.B. Nadine Wilson-Harris und Jonielle Daley, »Staff Knuckle Down as Hospitals Buckle under COVID«, *The Gleaner* (24. Februar 2021).

31 Christian Drosten, zitiert nach Giovanni di Lorenzo und Andreas Sentker, »Ich hoffe, dass man nicht wieder Schulen schließt« [Interview mit Christian Drosten], *Die Zeit* (11. November 2021), S. 33–35, hier: S. 35.

32 Bruno Latour, *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001, S. 94.

ist die fatale Implikation einer posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung, die den neoliberalen Glauben an übermenschliche selbstorganisierende Mechanismen in Experiment und Gesellschaft teilt.

10.3 Die Normen des technologischen Interventionismus

Einmal vom Obskurantismus des Selbstorganisationsglaubens befreit, stellt sich bezüglich der Herz-Lungen-Maschine die abschließende Frage, welche Rolle sie ab der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts in der allgemeinen gesellschaftlichen Organisation einnahm und bis heute einnimmt. Als Gibbon im Nachgang seiner historischen Herzoperation vor die Presse trat, hatte er für seine Maschine eine klar umrissene Rolle im herzmedizinischen Behandlungsspektrum im Sinn:

»Die Maschine ist kein Allheilmittel für sämtliche Herzleiden. Sie wird wahrscheinlich hauptsächlich bei Patienten eingesetzt werden, die mit einem deformierten Herzen geboren worden sind. Bei koronarer Herzkrankheit oder bei durch Alterskrankheiten geschwächten Herzen kann sie nicht helfen. Doch nun ist es zum ersten Mal möglich, in das Herz hineinzusehen. Es ist in etwa so, als würde man einen Brunnen trockenlegen, um Arbeiten an seinem Grund zu verrichten.«³³

Doch die quantitative Zunahme von Herzoperationen, die ihm später so missfiel, ging mit einer qualitativen Verschiebung einher, die seinen Erwartungen widersprach. Die frühen Operationen am offenen Herzen in den 1950er-Jahren galten zwar tatsächlich überwiegend der Korrektur angeborener Herzfehler, doch bereits die mithilfe der Herz-Lungen-Maschine erbrachten Pionierleistungen des darauffolgenden Jahrzehnts – zum Beispiel Christiaan N. Barnards weltberühmte Herztransplantation oder René G. Favaloros Koronarbypass-Operation – dienten der Behandlung von im Lebenswandel erworbenen Herzerkrankungen mit Infarkttrisiko.³⁴

Diese qualitative Verschiebung ist deshalb von gesellschaftlicher Tragweite, weil sie umso dringlicher das Ungleichgewicht zwischen technologischer Intervention und Prävention im Umgang mit Herzerkrankungen zum Vorschein brachte. Die

33 Übers. B. P. Gibbon, zitiert nach »Historic Operation«, *Time. The Weekly Newsmagazine* (18. Mai 1953), S. 70.

34 Vgl. Christiaan N. Barnard, »A Human Cardiac Transplant: An Interim Report of a Successful Operation Performed at Groote Schuur Hospital, Cape Town«, *South African Medical Journal* 41/48 (1967), S. 1271–1274, hier: S. 1271; sowie René G. Favaloro, »Saphenous Vein Autograft Replacement of Severe Segmental Coronary Artery Occlusion: Operative Technique«, *The Annals of Thoracic Surgery* 5/4 (1968), S. 334–339, hier: S. 337.

Herz-Lungen-Maschine – so viel hatte sich schon in der experimentellen Phase angedeutet – war eine Technik des fremdbestimmten Überlebens und lediglich imstande, eine bereits pathologische Situation interventionistisch zu kompensieren. Erst Patient*innen, deren selbstbestimmte Lebensgestaltung schon krankheitsbedingt eingeschränkt oder unmittelbar vom Tode bedroht ist, vertrauen ihr Leben ohnmächtig dieser Maschinerie des Operationsraums an. Anders als es manch pejorative Rede von der »Apparatemedizin« nahelegt, begründet dieser Umstand allein jedoch keine Pauschalkritik der Technik. In der Möglichkeit, ein Leben im Notfall herzhirurgisch zu retten, liegt zweifellos eine große medizinische Errungenschaft.

Zweifelhaft erscheinen hingegen die normativen Prioritäten einer gesellschaftlichen Lebensweise, die den medizinischen Notfall in Form des Herzinfarkts zusehends zur Normalität werden lässt und bloß technologisch kompensiert. So wie es eine experimentelle Entscheidung Gibbons gewesen war, seine Versuchstiere an reduktionistischen Normen des bloßen Überlebens zu messen, so war und ist es eine Entscheidung politischen Charakters, den technologischen Interventionismus zur Norm über die Krankheitsprävention zu erheben. Die statistische Häufung von Herzerkrankungen in den Industrienationen lässt sich inzwischen als eines der geläufigsten Beispiele für Canguilhem's These begreifen, dass physiologische oder pathologische Durchschnittswerte primär gesellschaftliche und nicht natürliche Gesetzmäßigkeiten ausdrücken: »Beim Menschen wäre also ein Merkmal nicht normal, weil es häufig ist, sondern es wäre häufig, weil normal, das heißt normativ innerhalb einer bestimmten *Lebensweise* [...].«³⁵

Dafür spricht, dass der breite Trend zum technologischen Interventionismus in der Herzmedizin niemals alternativlos war. Parallel zum beginnenden Siegeszug der Herz-Lungen-Maschine in den 1950er-Jahren lieferte der US-amerikanische Physiologe Ancel B. Keys im internationalen Vergleich bereits klare Belege für den Zusammenhang zwischen Herzerkrankungen und Ernährungsweise. Die mediterrane Ernährungsgewohnheit, die er bei der arbeitenden Klasse in Neapel beobachtet hatte und die einen hohen Gehalt an Gemüse, Nüssen, Vollkornprodukten und Olivenöl als Fettquelle aufwies, korrelierte beispielsweise mit einer erheblich niedrigeren Inzidenz für Herzerkrankungen als die fleisch- und milchproduktlastigen Mahlzeiten in den Vereinigten Staaten.³⁶

Bereits ab den 1960er- und 1970er-Jahren schürten die ernährungsepidemiologischen Erkenntnisse eine regelrechte »Cholesterinangst« in der US-amerikanischen Mittelschicht, die einerseits mit andauernder Kritik an der interventionistischen Medizin und andererseits mit einer illustren Bandbreite präventiver Ernäh-

35 Canguilhem, *Das Normale und das Pathologische*, S. 165 [Herv. i. O.].

36 Vgl. Sarah W. Tracy, »A Global Journey – Ancel Keys, the FAO, and the Rise of Transnational Heart Disease Epidemiology, 1949–1958«, *The International History Review* 41/2 (2019), S. 372–390, hier: S. 384f.

rungsratschläge einherging.³⁷ Selbst die Umstellung auf eine rein pflanzliche Ernährung, argumentierte zum Beispiel der Kardiologe Caldwell Esselstyn auf einem *Symposium on Cholesterol and Coronary Disease* von 1998, sei vernünftig betrachtet ein weit weniger drastischer Schritt, als das Brustbein für eine Bypass-Operation gespalten zu bekommen.³⁸

Dass sich diese kritischen Erkenntnisse dennoch bis ins 21. Jahrhundert in kaum mehr als unverbindlichen Ernährungsrichtlinien niedergeschlagen haben, während der Überkonsum tierischer Cholesterinquellen im Gleichschritt mit herzchirurgischen Eingriffen voranschreitet, wirft ein vielsagendes Licht auf die normativen Dispositionen der Lebensweise industriekapitalistischer Gesellschaften. Das soll nicht heißen, dass soziale Normen grundsätzlich unflexibel und mit der Trägheit der Tradition behaftet seien. Die mithilfe der Herz-Lungen-Maschine bewerkstelligten Herztransplantationen und die darauffolgende Einführung der Hirntodkriterien in den späten 1960er-Jahren verdeutlichen, wie anpassbar selbst uralte Normen sein können, wenn die Legitimität einer interventionistischen Technik auf dem Spiel steht.³⁹ Die Grenze von Leben und Tod scheint gesellschaftlich verhandelbarer zu sein als gewisse Konsumeinschränkungen zur Prävention von Herzerkrankungen.

Allerdings wäre es zu kurz gegriffen, den ausbleibenden Paradigmenwechsel hin zur Krankheitsprävention ausschließlich auf monetäre Fehlanreize im kommerzialisierten Gesundheitswesen zurückzuführen. Vielmehr stehen die fraglichen Präventionsmaßnahmen im fundamentalen Widerspruch zu den übergeordneten ökonomischen Imperativen des neuen Verhältnisses von Produktion und Konsumption seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs. Bezüglich der medizinischen Forschungsförderung ist bereits angeklungen, dass industrienähe Privatstiftungen mit dieser in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts das ausdrückliche Ziel verbanden, die Verheerungen gesundheitswidriger Fabrikarbeit zu kompensieren und eine Masse le-

37 Vgl. Harvey Levenstein, *Paradox of Plenty. A Social History of Eating in Modern America*, rev. Aufl., Berkeley, CA: University of California Press 2003, S. 135, 203–205.

38 Caldwell B. Esselstyn, »Introduction: More than Coronary Artery Disease«, *American Journal of Cardiology* 82/10 (1998), S. 5T–9T, hier: S. 8T.

39 So war der Hirntod nie ein rein naturwissenschaftliches Konzept, sondern diente maßgeblich dem Zweck, Kriterien zu definieren, unter denen lebenserhaltende Maßnahmen eingestellt und Organe entnommen werden konnten (siehe Thomas Schlich, »Die Geschichte der Herztransplantation: Chirurgie, Wissenschaft, Ethik«, in: Andreas Frewer, Matthias Köhler und Claus Rödel (Hg.), *Herztransplantation und Ethik. Historische und philosophische Aspekte eines paradigmatischen Eingriffs der modernen Medizin*, Erlangen: Palm & Enke 1996, S. 13–38, hier: S. 26f.; sowie Claudia Wiesemann, »Notwendigkeit und Kontingenz. Zur Geschichte der ersten Hirntod-Definition der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie von 1968«, in: Thomas Schlich und Claudia Wiesemann (Hg.), *Hirntod. Zur Kulturgeschichte der Todesfeststellung*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001, S. 209–235).

bendiger Produktionskräfte zu kultivieren. Doch in der rationalisierten und fossil befeuerten Überproduktion der zweiten Jahrhunderthälfte verkehrten sich die industriekapitalistischen Verhältnisse dahingehend, dass nicht mehr die Produktions-, sondern die Konsumptionssteigerung zum Hauptanliegen des Profitinteresses wurde.⁴⁰

Canguilhem charakterisierte die Lebensweise dieser Überflusswirtschaft schon 1974 im Kontext der Debatten um die *Grenzen des Wachstums* als »die Unterordnung der Konsumption unter die Produktion, die unaufhörliche Produktion von Bedürfnissen durch die künstliche Vervielfachung von Objekten zu deren provozierte Befriedigung«. ⁴¹ Die Herz-Lungen-Maschine, deren Kerngebiet sich zusehends von angeborenen zu erworbenen Herzerkrankungen verschob, trug unter diesen sozioökonomischen Normen zweifellos ihren Teil dazu bei, die billigend in Kauf genommenen Kollateralschäden einer auf Überkonsum getrimmten Lebensweise technologisch zu kompensieren, ohne deren gesundheitswidrige Normalität von Fehlernährung und anderen Risikofaktoren jemals anzutasten. Ob gewollt oder nicht, erfüllte die herzchirurgische Maschine so letztlich ein Rettungsversprechen im normalisierten Notfall, welches an die Stelle einer Emanzipation von der reduzierten Existenz als Konsument*innen im Warenkreislauf der kapitalistischen Wertschöpfung trat.

Obwohl der technologische Interventionismus selbst in seinem normativen Anspruch, bloßes Überleben zu gewährleisten, fortwährend an die Grenzen seiner eigenen materiellen Existenzgrundlage im Industriekapitalismus gestoßen ist, scheint keine nachhaltige Veränderung der gesundheitswidrigen Lebensweise in Sicht zu sein. Die 2022 erstmals durchgeführte Xenotransplantation eines genetisch veränderten Schweineherzens in den Brustkorb eines menschlichen Patienten versinnbildlicht lediglich aufs Neue die Widersprüchlichkeit eines technologischen Interventionismus, der seine Mittel stets den problematischen Verhältnissen selbst entnimmt.⁴² Der neue herzchirurgische »Meilenstein«⁴³ ändert nichts an

40 Ganz in diesem Zeichen standen auch die zeitgleich zunehmenden Werbe- und Marketingaktivitäten sowie später die allgemeine Optimierung der Güterdistribution mit Mitteln der Digitalisierung (siehe Sabine Pfeiffer, *Digitalisierung als Distributivkraft. Über das Neue am digitalen Kapitalismus*, Bielefeld: transcript 2021, Kap. 6).

41 Übers. B. P., Georges Canguilhem, »La question de l'écologie: La technique ou la vie?«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 5, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2018, S. 631–645, hier: S. 644; er bezieht sich dabei auf John K. Galbraith und sein Werk *The Affluent Society*, Cambridge, MA: The Riverside Press 1958.

42 Über diese postoperativ tödlich verlaufene Xenotransplantation berichteten Bartley P. Griffith et al., »Genetically Modified Porcine-to-Human Cardiac Xenotransplantation«, *The New England Journal of Medicine* 387/1 (2022), S. 35–44.

43 Michael Schmoeckel et al., »Xenotransplantation von Organen«, *Die Chirurgie* 95/8 (2024), S. 603–609, hier: S. 603.

der Vulnerabilität eines Gesundheitswesens, dessen maschinengestützte Eingriffe in den menschlichen Körper auf der Ausbeutung anderer Lebewesen im industriellen Maßstab beruhen. Prophetische Fähigkeiten braucht es jedenfalls nicht, um am Horizont ein Szenario heraufziehen zu sehen, in dem mit Schweinegrippe kontaminierte Herztransplantate die chirurgische Therapie von Erkrankungen, die ihrerseits durch den Überkonsum sonstiger Erzeugnisse der Fleischindustrie begünstigt worden sind, verunmöglichen.

Die organologische Geschichte der Herz-Lungen-Maschine lehrt uns, die tiefe Verwurzelung medizinischer Techniken in den ökonomischen und ökologischen Verhältnissen einer Lebensweise anzuerkennen. Doch noch wichtiger ist, dass sie ein Begreifen der normativen Ausrichtung dieser Verhältnisse ermöglicht. Die Diagnose, dass »die moderne Medizin [...] voller Cyborgs [ist]«,⁴⁴ erscheint nicht länger als Ausdruck einer ontologischen Verschränkung von Maschine und Organismus, sondern lässt sich auf materieller sowie normativer Ebene als historisch spezifisches Produkt der industriekapitalistischen Lebensweise erfassen. Der relativistischen Standpunktlosigkeit der posthumanistischen Wissenschafts- und Technikforschung im Gefolge Latours setzt die organologische Kritik somit eine differenzierte, positionierte Perspektive entgegen und offenbart die Frage von Gesundheit und Krankheit als das, was sie wirklich ist: ein Politikum.

Wir, die wir am eigenen Körper die Kollateralschäden einer ökonomisch aufgetragenen Lebensweise spüren, brauchen keinen Preismechanismus zur Ergründung unserer Bedürfnisse als lebendige Wesen. Uns hilft kein *Parlament der Dinge*, das suggeriert, »die beste der gemeinsamen Welten« organisieren sich wie von selbst, wenn heterogene Entitäten nur in »den Rechnungsbüchern der Ökonomie« repräsentiert würden.⁴⁵ Nicht erst die Wirkungslosigkeit der CO₂-Bepreisung zur industriellen Dekarbonisierung verweist dieses neoliberale Luftschloss ins Reich der Mythen.⁴⁶ Genauso wenig taugen die oligopolistischen Marktstrukturen, welche die Materialien und Bauteile der medizinischen Techniken umsetzen, als Surrogate demokratisch legitimierter Institutionen.

Statt unsere Gesundheit der Willkür korrupter Preisbildung in der Marktwirtschaft anzuvertrauen, braucht es ein fundiertes Wissen um den Platz der

44 Donna Haraway, »Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technowissenschaften«, übers. von Fred Wolf, in: dies., *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt a.M.: Campus 1995, S. 33–72, hier: S. 34. Haraway scheint sich der historischen und ökonomischen Spezifik dessen noch deutlich bewusster zu sein als andere posthumanistische Zeitgenoss*innen.

45 Latour, *Das Parlament der Dinge*, S. 196 [Herv. i. O.].

46 Siehe Johan Lilliestam, Anthony Patt und Germán Bersalli, »The Effect of Carbon Pricing on Technological Change for Full Energy Decarbonization: A Review of Empirical Ex-Post Evidence«, *WIREs Climate Change* 12/1 (2021), S. 1–21.

Medizin in den Produktions- und Konsumptionsverhältnissen des Industriekapitalismus, jener historisch spezifischen Form des »Stoffwechsels zwischen Mensch und Natur«.⁴⁷ Nur auf dem Boden eines solchen Wissens wird sich einerseits das Gesundheitswesen gegen die Verheerungen ökonomischer und ökologischer Krisen, die seine eigene materielle Grundlage bedrohen, wappnen lassen. Andererseits kann nur ein solches Wissen das nötige Bewusstsein schaffen, um für die Rückführung der Medizin in den Dienst einer selbstbestimmten Lebensgestaltung zu streiten. Die organologische Geschichte der Herz-Lungen-Maschine möge weiterer Forschung in diesem Wissensgebiet als Anhaltspunkt dienen.

47 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. 198.

Danksagung

Bei diesem Buch handelt es sich um die überarbeitete und erweiterte Fassung einer Dissertationsschrift, die 2024 an der Fakultät Medien der Bauhaus-Universität Weimar eingereicht und im darauffolgenden Jahr verteidigt worden ist. In den Entstehungszeitraum fiel daher nichts Geringeres als ein mehrjähriger weltweiter Ausnahmezustand. Auch wenn meine Archivrecherchen zur Zeit der ersten »Lockdowns« glücklicherweise schon weit gediehen waren, haben die Geschehnisse rund um die COVID-19-Pandemie den Inhalt dieser Arbeit zweifellos beeinflusst. Der erzwungene Rückzug in die Relektüre von Klassikern der Wissenschafts- und Technikforschung, während sich draußen eine Welle der Wissenschafts- und Demokratiefindlichkeit Bahn brach, hat das theoretische Fundament meiner Arbeit maßgeblich geprägt. Ebenso haben die Konflikte zwischen medizinischen und ökonomischen Zwecken, die in der Pandemielage offen zutage traten, meinen historischen Befunden eine ungeahnte Aktualität verliehen. Nichtsdestotrotz haben die Krisenjahre meine langwierige Forschungsarbeit ungemein erschwert.

Vor diesem Hintergrund bin ich allen Personen, die mich bei der Entstehung dieses Buches unterstützt haben, umso dankbarer. Besonderer Dank gebührt an erster Stelle Henning Schmidgen, der das zugrunde liegende Dissertationsprojekt jahrelang betreut, mit zahlreichen Denkanstößen bereichert und unerschütterlicher an dessen Erfolg geglaubt hat als ich zeitweise selbst. Ich danke außerdem all meinen Kolleg*innen an der Professur für Medientheorie und Wissenschaftsgeschichte, insbesondere Johannes Hess für eine seit Studienzeiten nicht abreißende Debatte zu Themen der Technik- und Materialgeschichte. Josephine Tiede gilt mein Dank für ihre Unterstützung bei der Sicherung wichtiger Quellen. Darüber hinaus bin ich all denjenigen dankbar, die meine Präsentationen von Zwischenständen im Rahmen von Workshops und Jahrestagungen hilfreich kommentiert haben. Hier ist vor allem Jan Müggenburg zu nennen, dem ich auch die Begutachtung meiner Dissertationsschrift und wertvolle Ratschläge zum Publikationsvorhaben zu verdanken habe.

Als unverzichtbar für meine Recherchearbeiten in US-amerikanischen Archiven hat sich die außerordentliche Hilfsbereitschaft der dortigen Angestellten erwiesen. Besondere Erwähnung in diesem Zusammenhang verdienen Michael Angelo

von den Thomas Jefferson University Archives und Susan Sherwood von Techworks!, die mich beide mit großer Gastfreundlichkeit empfangen und mir mit ihrem Engagement Funde ermöglicht haben, die allein nicht möglich gewesen wären. Ebenso danke ich den ehemaligen IBM-Ingenieuren Donald K. Rex und John R. Engstrom, die sich viel Zeit genommen haben, um ihre wertvollen Erinnerungen mit mir zu teilen.

Was die Finalisierung des Buches betrifft, so danke ich Norbert und Angela Prinz für ihre sorgfältige Lektüre der ersten Kapitelentwürfe sowie Lukas Prinz für seine »Anmerkungen eines Physikers«. Philipp Teichfischer gilt mein Dank für sein professionelles und fundiertes Korrektorat der Endfassung, die schließlich bei transcript von einem Team um Mirjam Galley in Buchform gebracht worden ist. Ich danke ihr und allen involvierten Verlagsmitarbeiter*innen für die angenehme und effiziente Zusammenarbeit.

In tiefer Dankbarkeit bin ich zu guter Letzt Marina Prinz verbunden, deren Bedeutung für dieses Buch weit über ihre zahlreichen politikwissenschaftlichen und tierethischen Denkanstöße hinausgeht. Ohne dich wäre eine Fortführung der Arbeit in Pandemiezeiten schwer vorstellbar gewesen. Danke, dass du es so viel besser als ich verstehst, das Überleben zum Leben zu machen.

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: John und Mary Gibbon posieren mit der 1953 eingesetzten Herz-Lungen-Maschine, S. 15.
- Abb. 2: »Nebenprodukte« der Rinderschlachtung, S. 60.
- Abb. 3: Schema von Gibbons einer Milchscheuder nachempfundene Oxygenator, S. 71.
- Abb. 4: Aus einer Rindenverletzung hervorgequollene »Träne« aus Akazien-gummi, S. 76.
- Abb. 5: Diagramm des Versuchsaufbaus von 1935, S. 80.
- Abb. 6: Kymografische Aufzeichnungen von zwei vergleichenden Versuchen aus dem Jahr 1935, S. 93.
- Abb. 7: Diagramm des Versuchsaufbaus von 1938, S. 98.
- Abb. 8: Schema der Rollerpumpe nach DeBakey, S. 103.
- Abb. 9: Der »Familienstammbaum« der Elektronenröhren, S. 111.
- Abb. 10: Ein großer Oxygenator, Rollerpumpen und Schläuche kennzeichnen die Laborumgebung, in der John (l.) und Mary Gibbon (r.) einer verhüllten Katze auf den Leib rücken, S. 123.
- Abb. 11: Die zwei Edelstahlschränke von IBM Model I, S. 154.
- Abb. 12/13: Entwicklungsschritt des Oxygenators von der Trommel mit patronen-förmiger Kappe (l.) zum batterie-förmigen Reaktor (r.), S. 178.
- Abb. 14: Zeichnung von IBM Model II mit Innenansicht des Maschinengehäuses, S. 185.
- Abb. 15: Karikatur von Gibbon und seiner Forschungsgruppe bei einer Ergebnis-präsentation, S. 189.
- Abb. 16: Operationsübung mit der Herz-Lungen-Maschine, S. 199.

Archivbestände

- Best (Charles Herbert) Papers. 1928–1978. Thomas Fisher Rare Book Library, University of Toronto, Ms. Coll. 241.
- Clarence Crafoord, E1B. Medicinhistoriskt arkiv, Karolinska Institutet, Stockholm.
- Edward Delos Churchill Papers, 1840–1973. H MS c62. Harvard Medical Library, Francis A. Countway Library of Medicine, Boston.
- Films and Videos Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD.
- Fonds Georges Canguilhem (1904–1995), GC. 10.4; CAPHÉS, Paris
- Gibbon Family Correspondence (Collection 3272), The Historical Society of Pennsylvania, Philadelphia.
- IBM Heart-Lung Machine. Techworks! Archive. Center for Technology & Innovation, Binghamton, NY.
- John H. Gibbon Papers. 1930–1981. MS C 313. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD.
- John H. Gibbon, Jr. Collection 1946–1987. MS-001. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia.
- Michael E. DeBakey Archives. 1903–2010. Archives and Modern Manuscripts Collection, History of Medicine Division, National Library of Medicine, Bethesda, MD; MS C 582.
- Miller, Bernard J. MS-113. Archives and Special Collections, Thomas Jefferson University, Philadelphia.
- Moore School of Engineering Office of the Director Records, 1887–1989 (bulk 1920–1980), UPD 8.4. University Archives, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- School of Medicine, Harrison Department of Surgical Research and the Department of Surgery Records, 1936–1964, UPC 2.9 H. University Archives, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Walter Massey Phillips Oral Histories, ca. 1974–1980. SCRC 128. Special Collections Research Center, Temple University Libraries, Philadelphia.

William S. Stoney Collection. History of Medicine Collections, Eskind Biomedical Library, Vanderbilt University, Nashville, TN.

Literaturverzeichnis

- »3C23 ID4325, Thyatron«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_3c23.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- »6AU6 ID2115, Vacuum Pentode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6au6.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- »6C4 ID2842, Triode (Hoch-)Vakuum«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6c4.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- »12AT7 ID3539, Zweifach-Triode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_12at7.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- »12AV7 ID5289, Zweifach-Triode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_12av7.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- »Acacia«, *The British Pharmaceutical Codex. An Imperial Dispensatory for the Use of Medical Practitioners and Pharmacists*, London: The Pharmaceutical Press 1923, S. 3–5.
- »A World without Pain? Goals of Longer Life, Freedom from Disease and Painless Treatments Extended as Science Gropes for Nature's Secrets«, *Popular Mechanics* 45/3 (1926), S. 353–355.
- »Life from Robot Hearts and Lungs Outside Your Body During Repairs«, *Pittsburgh Sun-Telegraph* (26. Februar 1939), S. 49.
- Everybody's Radio Manual. How to Build and Repair Radio Receivers*, 3. Aufl., New York: Grosset & Dunlap 1943.
- »Research at Jefferson«, *The Jefferson Medical College Alumni Bulletin* (Juni 1946), S. 1–20.
- »Cargocare Tanker System Cuts Maintenance Costs 80 %«, *The Log of America's Maritime Industries* 43/18 (1948), S. 33–35, 58.
- »The Last Field«, *Time. The Weekly Newsmagazine* (26. September 1949), S. 42.
- »Artificial Heart. Mechanical Device Substitutes for Living Organ«, *Life Magazine* (8. Mai 1950), S. 90–92.
- »Engineering, Surgery Combine To Develop Heart-Lung Machine«, *Chemical and Engineering News* 29/15 (1951), S. 1412, 1414.
- »Historic Operation«, *Time. The Weekly Newsmagazine* (18. Mai 1953), S. 70.
- »Swoyersville Girl Who Was Saved By Heart-Lung Machine Back Home«, *Wilkes-Barre Record* (26. Mai 1953), S. 13.

- »Get the Right Enclosure for Large Motors in Hazardous Areas«, *Power* 100/3 (1956), S. 82–84.
- »Thomas A. Shallow, M.D., LL.D.«, *The Jefferson Medical College Alumni Bulletin* (März 1956), S. 13–15.
- »The Winged Ox of Saint Luke«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Sava-
cool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke
Publishing 1996, S. 404–407.
- »6AL5 ID2973, Zweifach-Diode«, https://www.radiomuseum.org/tubes/tube_6al5.html [abgerufen am 1. Juli 2024].
- Abbott, Arthur L., *National Electrical Code Handbook*, 6. Aufl., New York: McGraw-Hill 1947.
- Adorno, Theodor W., »Über den Fetischcharakter in der Musik und die Regressi-
on des Hörens«, in: ders., *Gesammelte Schriften*, Bd. 14, hg. von Rolf Tiedemann,
3. Aufl., Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1990, S. 15–50.
- Akera, Atsushi, »IBM's Early Adaptation to Cold War Markets: Cuthbert Hurd
and His Applied Science Field Men«, *The Business History Review* 76/4 (2002),
S. 767–802.
- Allbritten, Frank F., Jr., George J. Haupt und Jose H. Amadeo, »The Change in Pul-
monary Alveolar Ventilation Achieved by Aiding the Deflation Phase of Respira-
tion During Anesthesia for Surgical Operations«, *Annals of Surgery* 140/4 (1954),
S. 569–582.
- Aly, Götz und Karl Heinz Roth, *Die restlose Erfassung. Volkszählen, Identifizieren, Aus-
sondern im Nationalsozialismus*, Berlin: Rotbuch 1984.
- Amberson, William R., »Blood Substitutes«, *Biological Reviews* 12/1 (1937), S. 48–86.
- Amsterdamska, Olga, »Chemistry in the Clinic: The Research Career of Donald Dex-
ter Van Slyke«, in: Soraya Chadarevian und Harmke Kamminga (Hg.), *Molecu-
larizing Biology and Medicine. New Practices and Alliances, 1910s–1970s*, Amsterdam:
Harwood Academic Publishers 1998, S. 44–77.
- Amsterdamska, Olga und Anne Löhnberg, »Van Slyke Gasometric Apparatus«, in:
Robert Bud und Deborah Jean Warner (Hg.), *Instruments of Science. An Historical
Encyclopedia*, New York: Garland 1998, S. 641–642.
- Anderson, Julie, Francis Neary und John V. Pickstone, *Surgeons, Manufacturers and
Patients. A Transatlantic History of Total Hip Replacement*, Basingstoke: Palgrave
Macmillan 2007.
- Aronova, Elena, »The Congress for Cultural Freedom, »Minerva«, and the Quest
for Instituting »Science Studies« in the Age of Cold War«, *Minerva* 50/3 (2012),
S. 307–337.
- Babo, Lambert von, »Ueber die Anwendung der Centrifugalkraft im chemischen La-
boratorium«, *Annalen der Chemie und Pharmacie* 82/3 (1852), S. 301–311.

- Baird, Ronald J., »Give us the Tools...«. The Story of Heparin – as Told by Sketches from the Lives of William Howell, Jay McLean, Charles Best, and Gordon Murray«, *Journal of Vascular Surgery* 11/1 (1990), S. 4–18.
- Baker, Erik, »From Planning to Entrepreneurship: On the Political Economy of Scientific Pursuit«, *Studies in History and Philosophy of Science* 92 (2022), S. 27–35.
- Baker, Erik und Naomi Oreskes, »It's No Game: Post-Truth and the Obligations of Science Studies«, *Social Epistemology Review and Reply Collective* 6/8 (2017), S. 1–10.
- Barnard, Christiaan N., »A Human Cardiac Transplant: An Interim Report of a Successful Operation Performed at Groote Schuur Hospital, Cape Town«, *South African Medical Journal* 41/48 (1967), S. 1271–1274.
- Bataille, Georges, *Die Aufhebung der Ökonomie*, übers. von Traugott König, Heinz Abosch und Gerd Bergfleth, 3., erw. Aufl., München: Matthes & Seitz 2001.
- Bauer, Tyler M. et al., »Bernard J. Miller, M.D., Sc.D. (Hon.) (1918–2007): The Life and Scientific Contributions of a Crucial Figure in the Development of the Heart-Lung Machine«, *The American Surgeon* 84/11 (2018), S. E472–E474.
- Bayliss, William M., »On the Local Reactions of the Arterial Wall to Changes of Internal Pressure«, *The Journal of Physiology* 28/3 (1902), S. 220–231.
- Bayliss, William M., »Methods of Raising a Low Arterial Pressure«, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character* 89/617 (1916), S. 380–393.
- Bennett, Stuart, *A History of Control Engineering 1930–1955*, London: Peregrinus 1993.
- Benson, James S., »Prepared Statement of James S. Benson«, in: *Materials Supplier Liability and the Coming Crisis in Availability of Life-saving Medical Devices. Hearing Before the Subcommittee on Regulation and Government Information of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Third Congress, Second Session, May 20, 1994*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1994, S. 51–55.
- Best, Charles H., »Preparation of Heparin and its Use in the First Clinical Cases«, *Circulation* 19/1 (1959), S. 79–86.
- Biebricher, Thomas, *Die politische Theorie des Neoliberalismus*, Berlin: Suhrkamp 2021.
- Bigelow, Wilfred G., *Mysterious Heparin. The Key to Open Heart Surgery*, Toronto: McGraw-Hill Ryerson 1990.
- Björk, Viking O., *Brain Perfusions in Dogs with Artificially Oxygenated Blood*, Lund: Berlingska Boktryckeriet 1948.
- Blake, Francis G., »Life Insurance Medical Research Fund«, *Science* 102/2660 (1945), S. 640.
- Blalock, Alfred und C. Rollins Hanlon, »Interatrial Septal Defect – Its Experimental Production Under Direct Vision Without Interruption of the Circulation«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 87/2 (1948), S. 183–187.
- Blanchette, Alex, *Porkopolis. American Animality, Standardized Life, & the Factory Farm*, Durham: Duke University Press 2020.

- Bliss, Michael, *The Discovery of Insulin*, Chicago: University of Chicago Press 1982.
- Block, Berthold, *Die sieblose Schleuder zur Abscheidung von Sink- und Schwebestoffen aus Säften, Laugen, Milch, Blut, Serum, Lacken, Farben, Teer, Öl, Hefewürze, Papierstoff, Stärkemilch, Erzschlamm, Abwässer. Theoretische Grundlagen und praktische Ausführungen*, Berlin: Springer 1921.
- Blunt, H. S., *Gum Arabic. With Special Reference to Its Production in the Sudan*, Oxford: Oxford University Press/Humphrey Milford 1926.
- Bock, Gisela und Barbara Duden, »Arbeit aus Liebe – Liebe als Arbeit: Zur Entstehung der Hausarbeit im Kapitalismus«, in: Gruppe Berliner Dozentinnen (Hg.), *Frauen und Wissenschaft. Beiträge zur Berliner Sommeruniversität für Frauen, Juli 1976*, Berlin: Courage 1977, S. 118–199.
- Boettcher, Wolfgang, Frank Merkle und Heinz-Hermann Weitkemper, »History of Extracorporeal Circulation: The Conceptional and Developmental Period«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 35/3 (2003), S. 172–183.
- Boettcher, Wolfgang, 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.
- Bolan, Nelson, *How Detroit Changed History*, Lawrenceville, VA: Brunswick Publishing 1987.
- Boltanski, Luc und Ève Chiapello, *Der neue Geist des Kapitalismus*, übers. von Michael Tillmann, Konstanz: UVK 2003.
- Bonneuil, Christophe, »Pure Lines as Industrial Simulacra: A Cultural History of Genetics from Darwin to Johannsen«, in: Staffan Müller-Wille und Christina Brandt (Hg.), *Heredity Explored. Between Public Domain and Experimental Science, 1850–1930*, Cambridge, MA: MIT Press 2016, S. 213–242.
- Borell, Merriley, »Instruments and Independent Physiology: The Harvard Physiological Laboratory, 1871–1906«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 293–321.
- Böttcher, Wolfgang, Vladimir V. Alexi-Meskishvili und Roland Hetzer, »Geschichtliche Entwicklung der extrakorporalen Zirkulation. Isolierte Organperfusion im 19. Jahrhundert«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 14/3 (2000), S. 93–99.
- Böttcher, Wolfgang und Alexander Krüger, »Der Beginn der chirurgischen Therapie der Lungenembolie«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 20/4 (2006), S. 162–173.
- Böttcher, Wolfgang und Harald Woysch, »Die erste erfolgreiche herzchirurgische Operation mit Hilfe der Herz-Lungen-Maschine«, *Zeitschrift für Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 20/6 (2006), S. 248–260.
- Boucher, Donald F., *History of the Engineering Technology Laboratory. Part I: The First 25 Years, 1929–1953*, Wilmington, DE: E. I. du Pont de Nemours & Company 1980.

- Boudia, Soraya et al., *Residues. Thinking through Chemical Environments*, New Brunswick, NJ: Rutgers University Press 2022.
- Braley, Silas A., »The Use of Silicones in Plastic Surgery. A Retrospective View«, *Plastic and Reconstructive Surgery* 51/3 (1973), S. 280–288.
- Brinkhouse, Kenneth M. und Charles P. Emmerson, »Use of Protective Interfaces in Blood Collection and Storage«, in: Carl J. Potthoff (Hg.), *The Preservation of the Formed Elements and of the Proteins of the Blood*, Boston: American National Red Cross 1949, S. 303–304.
- Brodie, Thomas G., »The Perfusion of Surviving Organs«, *The Journal of Physiology* 29/3 (1903), S. 266–275.
- Brown, E. Richard, *Rockefeller Medicine Men. Medicine and Capitalism in America*, Berkeley: University of California Press 1979.
- Brown, Georg G., *Unit Operations*, New York: Wiley 1950.
- Brown, Wendy, *Die schleichende Revolution. Wie der Neoliberalismus die Demokratie zerstört*, übers. von Jürgen Schröder, Berlin: Suhrkamp 2015.
- Brown, Wendy, *In the Ruins of Neoliberalism. The Rise of Antidemocratic Politics in the West*, New York: Columbia University Press 2019.
- Bulman, H. F. und Frederick P. Mills, *Mine Rescue Work and Organization*, London: Lockwood 1921.
- Bush, Vannevar, *Science. The Endless Frontier*, Washington, D.C.: United States Government Printing Office 1945.
- Caddell, Jack R. (Hg.), *Fluid Flow in Practice*, New York: Reinhold 1956.
- Caddell, Jack R. und David M. Hurt, »Principles of Reactor Design. Homogeneous Reactions«, *Chemical Engineering Progress* 47/7 (1951), S. 333–338.
- Callon, Michel 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.
- Cammelli, Michele, »Présentation – Le fascisme et les paysans (1935)«, in: Georges Canguilhem, *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593.
- Canguilhem, Georges, »Der Gegenstand der Wissenschaftsgeschichte«, übers. von Michael Bischoff und Walter Seitter, in: ders., *Wissenschaftsgeschichte und Epistemologie. Gesammelte Aufsätze*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1979, S. 22–37.
- Canguilhem, Georges, »Zur Lage der biologischen Philosophie in Frankreich (1947)«, übers. von Ronald Voullié, in: ders., *Wissenschaft, Technik, Leben. Beiträge zur historischen Epistemologie*, Berlin: Merve 2006, S. 23–40.
- Canguilhem, Georges, *Die Erkenntnis des Lebens*, übers. von Till Bardoux, Maria Muhle und Francesca Raimondi, Berlin: August 2009.

- Canguilhem, Georges, »Le fascisme et les paysans«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 1, hg. von Jean-François Braunstein und Yves Schwartz, Paris: Vrin 2011, S. 535–593.
- Canguilhem, Georges, *Das Normale und das Pathologische*, übers. von Monika Noll und Rolf Schubert, Berlin: August 2013.
- Canguilhem, Georges, »Commentaire au troisième chapitre de L'Évolution créatrice«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 4, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2015, S. 111–143.
- Canguilhem, Georges, »Milieu et normes de l'homme au travail«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 4, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2015, S. 291–306.
- Canguilhem, Georges, »Regulation«, übers. von Thomas Ebke, in: ders., *Regulation und Leben*, Berlin: August 2017, S. 123–139.
- Canguilhem, Georges, »La question de l'écologie: La technique ou la vie?«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 5, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2018, S. 631–645.
- Canguilhem, Georges, »Pathologie et physiologie de la thyroïde au XIXe siècle«, in: ders., *Œuvres complètes*, Bd. 3, hg. von Camille Limoges, Paris: Vrin 2019, S. 629–660.
- Chadarevian, Soraya, »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 1993, S. 28–49.
- Charles, Arthur F. und David A. Scott, »Studies on Heparin I. The Preparation of Heparin«, *Journal of Biological Chemistry* 102 (1933), S. 425–429.
- Churchill, Edward D., »The Mechanism of Death in Massive Pulmonary Embolism. With Comments on the Trendelenburg Operation«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 59 (1934), S. 513–517.
- Churchill, Edward D., *Wanderjahr. The Education of a Surgeon*, hg. von J. Gordon Scannell, Boston: Francis A. Countway Library of Medicine 1990.
- Churchill, Edward D., F. Nakazawa und Cecil K. Drinker, »The Circulation of Body Fluids in the Frog«, *The Journal of Physiology* 63/3 (1927), S. 304–308.
- Clarke, Adele E., »Research Materials and Reproductive Science in the United States, 1910–1940«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 232–250.
- Clarke, Adele E., *Disciplining Reproduction. Modernity, American Life Sciences, and »the Problems of Sex«*, Berkeley: University of California Press 1998.
- Clemen, Rudolf A., *By-Products in the Packing Industry*, Chicago: University of Chicago Press 1927.
- Cohn, Lawrence H., »Fifty Years of Open-Heart Surgery«, *Circulation* 107/17 (2003), S. 2168–2170.
- Cohn, Roy, »An Experimental Method for the Closure of Interauricular Septal Defects in Dogs«, *American Heart Journal* 33/4 (1947), S. 453–457.

- Cohnheim, Julius, *Vorlesungen über allgemeine Pathologie. Ein Handbuch für Aertze und Studirende*, Bd. 1, 2. Aufl., Berlin: Hirschwald 1882.
- Comroe, Julius H. und Robert D. Dripps, »Ben Franklin and Open Heart Surgery«, *Cardiovascular Diseases* 2/4 (1975), S. 361–375.
- Cooley, Denton A., »Development of the Roller Pump for Use in the Cardiopulmonary Bypass Circuit«, *Texas Heart Institute Journal* 14/2 (1987), S. 112–118.
- Cooper, David K. C., *Open Heart. The Radical Surgeons Who Revolutionized Medicine*, New York: Kaplan Publishing 2010.
- Cooter, Roger und Bill Luckin (Hg.), *Accidents in History: Injuries, Fatalities and Social Relations*, Amsterdam: Rodopi 1997.
- Cortada, James W., *IBM. The Rise and Fall and Reinvention of a Global Icon*, Cambridge, MA: MIT Press 2019.
- Crafton, Donald, *The Talkies: American Cinema's Transition to Sound, 1926–1931*, Berkeley: University of California Press 1999.
- Crandall, Stephen H., »Jacob Pieter Den Hartog, 1901–1989«, in: National Academy of Sciences (Hg.), *Biographical Memoirs*, Bd. 67, Washington, D.C.: National Academies Press 1995, S. 101–117.
- Creager, Angela N. H., *The Life of a Virus. Tobacco Mosaic Virus as an Experimental Model, 1930–1965*, Chicago: University of Chicago Press 2002.
- Creager, Angela N. H., *Life Atomic. A History of Radioisotopes in Science and Medicine*, Chicago: University of Chicago Press 2013.
- Crouse-Hinds Company, »Protect your Doctors, Nurses, Patients«, *Hospitals. The Journal of the American Hospital Association* 21/12 (1947), S. 31.
- Cullen, Thomas S., »What Animal Experimentation Has Done for Gynecology and Abdominal Surgery«, in: *Experiments on Living Dogs: Hearings Before the Committee on the District of Columbia, United States Senate, Seventy-first Congress, Second Session, on S. 4497. A Bill to Prohibit Experiments Upon Living Dogs in the District of Columbia, and Providing a Penalty for Violation Thereof*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1930, S. 156–162.
- Cyon, Elias von, »Über den Einfluss der Temperaturveränderungen auf Zahl, Dauer und Stärke der Herzschläge«, *Berichte über die Verhandlungen der Königlich-Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig, Mathematisch-Physische Klasse* 18 (1866), S. 256–306.
- Cyon, Elias von, *Methodik der physiologischen Experimente und Vivisectionen*, Gießen: Ricker 1876.
- Dale, Henry H. und Edgar H. J. Schuster, »A Double Perfusion-Pump«, *The Journal of Physiology* 64/4 (1928), S. 356–364.
- Daly, Martin W., *Empire on the Nile. The Anglo-Egyptian Sudan 1898–1934*, Cambridge: Cambridge University Press 1986.
- Danbom, David B., »Romantic Agrarianism in Twentieth-Century America«, *Agricultural History* 65/4 (1991), S. 1–12.

- Dann, Jack, »Today's Heart Surgery Made Possible by Endicott Contributions 40 Years Ago«, *Endicott Heritage* (August 1988), S. 17–19.
- Davis, Robert H., *Breathing in Irrespirable Atmospheres and, in Some Cases, Also Under Water*, London: The Saint Catherine Press 1948.
- DeBakey, Michael E., »A Simple Continuous-Flow Blood Transfusion Instrument«, *New Orleans Medical and Surgical Journal* 87/6 (1934), S. 386–389.
- DeBakey, Michael E., »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.
- Defries, Robert D., *The First Forty Years 1914–1955. Connaught Medical Research Laboratories, University of Toronto*, Toronto: Toronto University Press 1968.
- Del Fabbro, Olivier, *Philosophieren mit Objekten. Gilbert Simondon's prozessuale Individuationsontologie*, Frankfurt a.M.: Campus 2021.
- Dennis, Clarence et al., »Development of a Pump-Oxygenator to Replace the Heart and Lungs: An Apparatus Applicable to Human Patients and Application to One Case«, *Annals of Surgery* 134/4 (1951), S. 709–721.
- Dennis, Clarence, »A Heart-Lung Machine for Open-Heart Operations. How it Came About«, *Transactions of the American Society for Artificial Internal Organs* 35/4 (1989), S. 767–777.
- Dewall, Richard A. et al., »A Simple, Expendable, Artificial Oxygenator for Open Heart Surgery«, *The Surgical Clinics of North America* 36/4 (1956), S. 1025–1034.
- D'heil, Rudolf, »Beitrag zur Frage des Bakteriengehalts der Milch und des Euters«, *Zeitschrift für Fleisch- und Milchhygiene* 16/3 (1905), S. 84–85.
- Diamond, Louis K., »A History of Blood Transfusion«, in: Maxwell M. Wintrobe (Hg.), *Blood, Pure and Eloquent. A Story of Discovery, of People, and of Ideas*, New York: McGraw-Hill 1980, S. 659–688.
- Dobell, Anthony R. C., »John H. Gibbon, Jr. Part II. Personal Reminiscences«, *The Annals of Thoracic Surgery* 34/3 (1982), S. 342–344.
- Dobell, Anthony R. C., »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 Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 470–474.
- Donzé, Pierre-Yves, *Medtech. The Formation and Growth of a Global Industry, 1960–2020*, Singapur: Palgrave Macmillan 2022.
- Drinker, Cecil K. und Edward D. Churchill, »A Graphite Suspension for Intravital Injection of Capillaries«, *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing Papers of a Biological Character* 101/711 (1927), S. 462–467.
- Dror, Otniel E., »Affekte des Experiments. Die emotionale Wende in der angloamerikanischen Physiologie (1900–1940)«, übers. von Burkhardt Wolf, in: Henning Schmidgen, Peter Geimer und Sven Dierig (Hg.), *Kultur im Experiment*, Berlin: Kadmos 2004, S. 338–372.

- Du Boff, Richard B., »The Telegraph in Nineteenth-Century America: Technology and Monopoly«, *Comparative Studies in Society and History* 26/4 (1984), S. 571–586.
- Eckert, Michael, *Ludwig Prandtl – Strömungsforscher und Wissenschaftsmanager. Ein unverstellter Blick auf sein Leben*, Berlin: Springer 2017.
- Eckert, Michael, *The Turbulence Problem. A Persistent Riddle in Historical Perspective*, Cham: Springer 2019.
- Ede, Andrew, *The Rise and Decline of Colloid Science in North America, 1900–1935. The Neglected Dimension*, Aldershot: Ashgate 2007.
- Ehrenreich, Barbara und John Ehrenreich, *The American Health Empire: Power, Profits, and Politics*, New York: Random House 1970.
- Elzen, Boelie, *Scientists and Rotors. The Development of Biochemical Ultracentrifuges*, Dissertationsschrift: Universität Twente 1988.
- Engstrom, John R., Leo E. Farr Jr. und Bernard J. Miller, »Electronic Control Circuits in the Mechanical Heart and Lung«, *Transactions of the IRE Professional Group on Industrial Electronics* 1/1 (1953), S. 31–40.
- Esselstyn, Caldwell B., »Introduction: More than Coronary Artery Disease«, *American Journal of Cardiology* 82/10 (1998), S. 5T–9T.
- Eustice, Ronald F., *Gentlemen Farmers. Farms & Ranches of the Rich & Famous*, Tucson, AZ: Selbstverlag 2021.
- Evelyn, Kenneth A., »A Stabilized Photoelectric Colorimeter with Light Filters«, *Journal of Biological Chemistry* 115/1 (1936), S. 63–75.
- Fagg, C. W. und G. E. Allison, *Acacia Senegal and the Gum Arabic Trade*, Oxford: Oxford Forestry Institute 2004.
- Favaloro, René G., »Saphenous Vein Autograft Replacement of Severe Segmental Coronary Artery Occlusion: Operative Technique«, *The Annals of Thoracic Surgery* 5/4 (1968), S. 334–339.
- Fedak, Paul W. M., »Open Hearts. The Origins of Direct-Vision Intracardiac Surgery«, *Texas Heart Institute Journal* 25/2 (1998), S. 100–111.
- Fielder, J. H., »The Biomaterials Crisis«, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 14/4 (1995), S. 439–440.
- Finley, Robert K., Jr., »John H. Gibbon, Jr., (JMC, '27): A Resident's Reflections«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 465–470.
- Foregger, Richard, »Respiratory Apparatus of Theodore Schwann«, *Anesthesiology* 27 (1966), S. 187–194.
- Foregger, Richard, »Development of Mine Rescue and Underwater Breathing Apparatus: Appliances of Henry Fleuss«, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* XXIX/3 (1974), S. 317–330.
- Fou, Adora A., »John H. Gibbon. The First 20 Years of the Heart-Lung Machine«, *Texas Heart Institute Journal* 24/1 (1997), S. 1–8.

- Foucault, Michel, *Die Geburt der Klinik. Eine Archäologie des ärztlichen Blicks*, übers. von Walter Seitter, 9. Aufl., Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2011.
- Fox Keller, Evelyn, *Das Leben neu denken. Metaphern der Biologie im 20. Jahrhundert*, übers. von Inge Leipold, München: Kunstmann 1998.
- Frank, Robert G., Jr., »American Physiologists in German Laboratories, 1865–1914«, in: Gerald L. Geison (Hg.), *Physiology in the American Context. 1850–1940*, Bethesda, MD: American Physiological Society 1987, S. 11–46.
- Fraser, Joeann G. T., »Retrospective on Dr Gibbon and His Heart-Lung Machine«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76/6 (2003), S. S2197–S2198.
- Frey, Max von und Max Gruber, »Untersuchungen über den Stoffwechsel isolierter Organe. I. Ein Respirationsapparat für isolierte Organe«, *Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiologische Abtheilung* (1885), S. 519–532.
- Friedmann, Georges, *Der Mensch in der mechanisierten Produktion*, übers. von Burkart Lutz und Katharina Fuchs, Köln: Bund-Verlag 1952.
- Fye, W. Bruce, »Heparin: The Contributions of William Henry Howell«, *Circulation* 69/6 (1984), S. 1198–1203.
- Fye, W. Bruce, »H. Newell Martin and the Isolated Heart Preparation: The Link between the Frog and Open Heart Surgery«, *Circulation* 73/5 (1986), S. 857–864.
- Fye, W. Bruce, *Caring for the Heart. Mayo Clinic and the Rise of Specialization*, Oxford: Oxford University Press 2015.
- Gainty, Caitjan, »Going After the High-Brows: Frank Gilbreth and the Surgical Subject, 1912–1917«, *Representations* 118/1 (2012), S. 1–27.
- Galbraith, John K., *The Affluent Society*, Cambridge, MA: The Riverside Press 1958.
- Galletti, Pierre M. und Gerhard A. Brecher, *Heart-Lung Bypass. Principles and Techniques of Extracorporeal Circulation*, New York: Grune & Stratton 1962.
- Gavrus, Delia, »Skill, Judgement and Conduct for the First Generation of Neurosurgeons, 1900–1930«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 361–378.
- Geroulanos, Stefanos und Todd Meyers, *The Human Body in the Age of Catastrophe. Brittleness, Integration, Science, and the Great War*, Chicago: University of Chicago Press 2018.
- Gibbon, John H., Jr., »Artificial Maintenance of Circulation During Experimental Occlusion of Pulmonary Artery«, *Archives of Surgery* 34/6 (1937), S. 1105–1131.
- Gibbon, John H., Jr., »An Oxygenator with a Large Surface-Volume Ratio«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 24 (1939), S. 1192–1198.
- Gibbon, John H., 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.
- Gibbon, John H., Jr., »Anti-Alien Bills«, *The Philadelphia Inquirer* (28. Juni 1939), S. 10.
- Gibbon, John H., Jr., »The Army Doctor Comes Home and Looks at Civilian Practice«, *Harper's Magazine* (Februar 1946), S. 175–180.

- Gibbon, John H., Jr., »A Trip to Europe in the Autumn of 1947«, in: Jefferson Medical College (Hg.), *The Clinic 1948. Jefferson Medical College Yearbooks*, Philadelphia: Westbrook 1948, S. 270–271, 300–306.
- Gibbon, John H., Jr., »The Inquiring Mind«, *Annals of Surgery* 130/1 (1949), S. 137–139.
- Gibbon, John H., Jr. et al., »A Clinical Study of Respiratory Exchange During Prolonged Operations with an Open Thorax«, *Annals of Surgery* 132/4 (1950), S. 611–625.
- Gibbon, John H., Jr., »Application of a Mechanical Heart and Lung Apparatus to Cardiac Surgery«, *Minnesota Medicine* 37/3 (1954), S. 171–180.
- Gibbon, John H., Jr. et al., »The Closure of Interventricular Septal Defects in Dogs During Open Cardiotomy With the Maintenance of the Cardiorespiratory Functions by a Pump-Oxygenator«, *Journal of Thoracic Surgery* 28/3 (1954), S. 235–240.
- Gibbon, John H., Jr., »Section II. Artificial Heart-Lung-Machines. Chairman's Address«, *Transactions of the American Society for Artificial Internal Organs* 1 (1955), S. 58–62.
- Gibbon, John H., Jr., »The Gestation and Birth of an Idea«, *Philadelphia Medicine* 59/37 (1963), S. 913–916.
- Gibbon, John H., Jr., »The Normal Heart and Temporary Substitutes for the Heart and Lungs«, *Proceedings of the American Philosophical Society* 109/3 (1965), S. 112–116.
- Gibbon, John H., Jr., »Development of the Artificial Heart and Lung Extracorporeal Blood Circuit«, *The Journal of the American Medical Association* 206/9 (1968), S. 1983–1986.
- Gibbon, John H., Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *Review of Surgery* 27/4 (1970), S. 231–244.
- Gibbon, John H., Jr., »Medicine's Living History«, *Medical World News* (3. November 1972), S. 46–47, 51–53.
- Gibbon, John H., Jr., »The Development of the Heart-Lung Apparatus«, *American Journal of Surgery* 135/5 (1978), S. 608–619.
- Gibbon, John H., Jr. und Edward D. Churchill, »Changes in the Pulmonary Circulation Induced by Experimentally Produced Arteriovenous Fistula«, *Archives of Surgery* 21/6 (1930), S. 1188–1194.
- Gibbon, John H., Jr. und Edward D. Churchill, »The Mechanical Influence of the Pericardium upon Cardiac Function«, *Journal of Clinical Investigation* 10/2 (1931), S. 405–422.
- Gibbon, John H., Jr., Mary Hopkinson und Edward D. Churchill, »Changes in the Circulation Produced by Gradual Occlusion of the Pulmonary Artery«, *Journal of Clinical Investigation* 11/3 (1932), S. 543–553.
- Gibbon, John H., Jr. und Charles W. Kraul, »An Efficient Oxygenator for Blood«, *The Journal of Laboratory and Clinical Medicine* 26/11 (1941), S. 1803–1809.

- Gibbon, Mary H., »Personal Recollections of the Earliest Years of the Development of the Heart-Lung Machine«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 10/2 (1978), S. 77–88.
- Gilbreth, Frank B., »Motion Study in Surgery«, *The Canadian Journal of Surgery and Medicine* 40/1 (1916), S. 22–31.
- Gili, Alessandro und Davide Tentori, »The Fight for Global Technology Leadership: A Matter of Geopolitics (and Industrial Policy Too)«, in: dies. (Hg.), *The Comeback of Industrial Policy. The Next Geopolitical Great Game*, Mailand: Ledizioni 2023, S. 13–73.
- Gillespie, Noel A., *Die Endotrachealnarkose*, übers. von Klaus Mangel, Hannover-Kirchrode: Oppermann 1953.
- Glasebrook, A. L. und F. E. Williams, »Ordinary Fractional Distillation. Part I. Apparatus«, in: Arnold Weissberger (Hg.), *Technique Of Organic Chemistry*, Bd. 4: *Distillation*, New York: Interscience Publishers 1951, S. 175–294.
- Gollan, Frank, *Physiology of Cardiac Surgery. Hypothermia, Extracorporeal Circulation and Extracorporeal Cooling*, Springfield, IL: Thomas 1959.
- Gorman, Hugh S., *Redefining Efficiency. Pollution Concerns, Regulatory Mechanisms, and Technological Change in the U.S. Petroleum Industry*, Akron, OH: University of Akron Press 2001.
- Graham, Margaret B. W. und Alec T. Shuldiner, *Corning and the Craft of Innovation*, Oxford: Oxford University Press 2001.
- Graham, Thomas, »Liquid Diffusion Applied to Analysis«, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 151 (1861), S. 183–224.
- Griffith, Bartley P. et al., »Genetically Modified Porcine-to-Human Cardiac Xenotransplantation«, *The New England Journal of Medicine* 387/1 (2022), S. 35–44.
- Guest, Paul G., V. W. Sikora und Bernard Lewis, *Static Electricity in Hospital Operating Suites: Direct and Related Hazards and Pertinent Remedies*, U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines 1952.
- Gustafson, C. W., *Manual of Electrical Requirements for Hazardous Locations. An Analysis of Article 500 of the National Electric Code*, Syracuse, NY: Crouse-Hinds Company 1941.
- Hacking, Ian, »Canguilhem unter den Cyborgs«, übers. von Eric J. Engstrom, in: Cornelius Borck, Volker Hess und Henning Schmidgen (Hg.), *Maß und Eigensinn. Studien im Anschluß an Georges Canguilhem*, München: Fink 2005, S. 239–256.
- Haines, Nikkole et al., »Clinical Outcomes of Pulsatile and Non-Pulsatile Mode of Perfusion«, *Journal of ExtraCorporeal Technology* 41/1 (2009), S. P26–P29.
- Halford, F. J., »A Critique of Intravenous Anesthesia in War Surgery«, *Anesthesiology* 4/1 (1943), S. 67–69.
- Halpern, Orit, »The Future Will Not Be Calculated: Neural Nets, Neoliberalism, and Reactionary Politics«, *Critical Inquiry* 48/2 (2022), S. 334–359.

- Haraway, Donna, »Ein Manifest für Cyborgs. Feminismus im Streit mit den Technowissenschaften«, übers. von Fred Wolf, in: dies., *Die Neuerfindung der Natur. Primaten, Cyborgs und Frauen*, Frankfurt a.M.: Campus 1995, S. 33–72.
- Haring, Kristen, *Ham Radio's Technical Culture*, Cambridge, MA: MIT Press 2007.
- Hayek, Friedrich A. von, »Der Wettbewerb als Entdeckungsverfahren«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 4: *Rechtsordnung und Handelsordnung. Aufsätze zur Ordnungsökonomik*, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2003, S. 132–149.
- Hayek, Friedrich A. von, »»Die sensorische Ordnung« – 25 Jahre danach: Diskussion«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. B 5: *Die sensorische Ordnung. Eine Untersuchung der Grundlagen der theoretischen Psychologie*, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2006, S. 237–249.
- Hayek, Friedrich A. von, »Die sensorische Ordnung. Eine Untersuchung der Grundlagen der theoretischen Psychologie«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. B 5, hg. von Manfred E. Streit, Tübingen: Mohr Siebeck 2006.
- Hayek, Friedrich A. von, »Die überschätzte Vernunft«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 1: *Wirtschaftstheorie und Wissen. Aufsätze zur Erkenntnis- und Wissenschaftslehre*, hg. von Viktor Vanberg, Tübingen: Mohr Siebeck 2007, S. 109–134.
- Hayek, Friedrich A. von, »Die Verwertung des Wissens in der Gesellschaft«, in: ders., *Gesammelte Schriften in deutscher Sprache*, Bd. A 1: *Wirtschaftstheorie und Wissen. Aufsätze zur Erkenntnis- und Wissenschaftslehre*, hg. von Viktor Vanberg, Tübingen: Mohr Siebeck 2007, S. 57–70.
- Headquarters Staff of The American Radio Relay League, *The Radio Amateur's Handbook*, 14. Aufl., West Hartford, CT: The American Radio Relay League 1936.
- Heiney, Paul, *The Nuts and Bolts of Life. Willem Kolff and the Invention of the Kidney Machine*, Stroud: Sutton 2002.
- Henderson, Yandell, *Adventures in Respiration. Modes of Asphyxiation and Methods of Resuscitation*, Baltimore: Williams & Wilkins 1938.
- Henney, Keith, »Coming Industrial Markets for Application of the Thermionic Tube and the Photo-electric Cell«, *Electronics* 1/6 (1930), S. 288–289.
- Hill, J. Donald, »Prepared Statement of J. Donald Hill, M.D.«, in: *Materials Supplier Liability and the Coming Crisis in Availability of Life-saving Medical Devices. Hearing Before the Subcommittee on Regulation and Government Information of the Committee on Governmental Affairs, United States Senate, One Hundred Third Congress, Second Session, May 20, 1994*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1994, S. 138–139.
- Hill, Rebecca, »The History of the Smith Act and the Hatch Act: Anti-Communism and the Rise of the Conservative Coalition in Congress«, in: Robert J. Goldstein (Hg.), *Little »Red Scares«. Anti-Communism and Political Repression in the United States, 1921–1946*, Farnham: Ashgate 2014, S. 315–346.

- Hintz, Eric S., *American Independent Inventors in an Era of Corporate R&D*, Cambridge, MA: MIT Press 2021.
- Holland, Maurice, »Research, Science and Invention«, in: Frederic W. Wile (Hg.), *A Century of Industrial Progress*, New York: Doubleday, Doran 1928, S. 312–334.
- Hooker, Donald R., »A Study of the Isolated kidney – the Influence of Pulse Pressure upon Renal Function«, *American Journal of Physiology* 27/1 (1910), S. 24–44.
- Hooker, Donald R., »The Perfusion of the Mammalian Medulla: The Effect of Calcium and of Potassium on the Respiratory and Cardiac Centers«, *American Journal of Physiology* 38/2 (1915), S. 200–208.
- Hounshell, David A. und John K. Smith, *Science and Corporate Strategy. Du Pont R&D, 1902–1980*, Cambridge: Cambridge University Press 1988.
- Houten, Frans van, »Global Chip Shortages: Why Supplies Must Be Prioritized for Healthcare Capabilities«, *World Economic Forum* (24. Mai 2022), <https://www.weforum.org/agenda/2022/05/global-chip-shortages-put-life-saving-medical-devices-at-risk> [abgerufen am 19. August 2024].
- Howell, William H., »The Purification of Heparin and its Presence in Blood«, *American Journal of Physiology* 71/3 (1925), S. 553–562.
- Howell, William H. und Emmett Holt, »Two New Factors in Blood Coagulation – Heparin and Pro-antithrombin«, *American Journal of Physiology* 47/3 (1918), S. 328–341.
- Hui, Yuk, *Recursivity and Contingency*, London: Rowman & Littlefield International 2019.
- Hull, Albert W., »Characteristics and Functions of Thyatron«, *Physics* 4/2 (1933), S. 66–75.
- Hull, Albert W. 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.
- Hunziker, Otto F., *The Butter Industry. Prepared for Factory, School and Laboratory*, 3. Aufl., La Grange, IL: Selbstverlag 1940.
- Israel, Paul, *From Machine Shop to Industrial Laboratory. Telegraphy and the Changing Context of American Invention, 1830–1920*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 1992.
- Jacobj, Carl, »Apparat zur Durchblutung isolierter überlebender Organe«, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 26/5 (1890), S. 388–400.
- Jacobj, Carl, »Ein Beitrag zur Technik der künstlichen Durchblutung überlebender Organe«, *Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie* 36/5 (1895), S. 330–348.
- Jaques, Louis B. et al., »Silicones and Blood Coagulation«, *Canadian Medical Association Journal* 55/1 (1946), S. 26–31.
- Jeffrey, Kirk, *Machines in Our Hearts. The Cardiac Pacemaker, the Implantable Defibrillator, and American Health Care*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2001.

- Jensen, Joan M., »Dairying and Changing Patterns of Family Labor in Rural New Mexico«, *New Mexico Historical Review* 75/2 (2000), S. 157–194.
- Jensen, Joan M., *Calling this Place Home. Women on the Wisconsin Frontier, 1850–1925*, St. Paul, MN: Minnesota Historical Society 2006.
- Johnson, Stephen L., *The History of Cardiac Surgery 1896–1955*, Baltimore: Johns Hopkins Press 1970.
- Johnston, John, *The Allure of Machinic Life. Cybernetics, Artificial Life, and the New AI*, Cambridge, MA: MIT Press 2008.
- Jones, David S., *Broken Hearts. The Tangled History of Cardiac Care*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2013.
- Jones, David S. und Kavita Sivaramakrishnan, »Making Heart-Lung Machines Work in India: Imports, Indigenous Innovation and the Challenge of Replicating Cardiac Surgery in Bombay, 1952–1962«, *Social Studies of Science* 48/4 (2018), S. 507–539.
- Kassung, Christian (Hg.), *Die Unordnung der Dinge. Eine Wissens- und Mediengeschichte des Unfalls*, Bielefeld: transcript 2009.
- Kay, Jerome H., Vivien Thomas und Alfred Blalock, »The Experimental Production of High Interventricular Septal Defects. A Physiological and Pathological Study«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 96/5 (1953), S. 529–535.
- Keller, David N., *Cooper Industries, 1833–1983*, Athens, OH: Ohio University Press 1983.
- Khayyam, Omar, »The Caravanserai«, *The Near East* 15 (1919), S. 155.
- Kilduffe, Robert A. und Michael E. DeBaakey, *The Blood Bank and the Technique and Therapeutics of Transfusion*, St. Louis: Mosby 1942.
- Kim, So Young et al., »Characterization of Heparin and Severe Acute Respiratory Syndrome-Related Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) Spike Glycoprotein Binding Interactions«, *Antiviral Research* 181 (2020), S. 1–9.
- King, W. R., »Electron Tubes in Industry«, *Journal of the American Society for Naval Engineers* 43/2 (1931), S. 269–294.
- Klein, Ursula und Wolfgang Lefèvre, *Materials in Eighteenth-Century Science. A Historical Ontology*, Cambridge: MIT Press 2007.
- Klein, Ursula und Emma C. Spary (Hg.), *Materials and Expertise in Early Modern Europe. Between Market and Laboratory*, Chicago: University of Chicago Press 2010.
- Kline, Ronald, »Where are the Cyborgs in Cybernetics?«, *Social Studies of Science* 39/3 (2009), S. 331–362.
- Kockmann, Norbert, »200 Jahre Entwicklung in der kontinuierlichen Destillation«, *Chemie Ingenieur Technik* 85/12 (2013), S. 1815–1823.
- Kohler, Robert E., *From Medical Chemistry to Biochemistry. The Making of a Biomedical Discipline*, Cambridge: Cambridge University Press 1982.
- Kohler, Robert E., *Partners in Science. Foundations and Natural Scientists, 1900–1945*, Chicago: University of Chicago Press 1991.
- Kraus, Joseph H., »The Living Head«, *Science and Invention* 16/10 (1929), S. 922–923.

- Krementsov, Nikolai, »Off With Your Heads: Isolated Organs in Early Soviet Science and Fiction«, *Studies in History and Philosophy of Science. Part C: Studies in History and Philosophy of Biological and Biomedical Sciences* 40/2 (2009), S. 87–100.
- Kuhn, Franz, »Die perorale Intubation mit und ohne Druck. III. Teil. Apparat zur Lieferung des Druckes für die Überdrucknarkose«, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 81 (1906).
- Kurusz, Mark, »May 6, 1953: The Untold Story«, *Asaio Journal* 58/1 (2012), S. 2–5.
- Kuznick, Peter J., *Beyond the Laboratory. Scientists As Political Activists in 1930s America*, Chicago: University of Chicago Press 1987.
- Landecker, Hannah, *Culturing Life. How Cells Became Technologies*, Cambridge, MA: Harvard University Press 2007.
- Landecker, Hannah, »Antibiotic Resistance and the Biology of History«, *Body & Society* 22/4 (2016), S. 19–52.
- Landecker, Hannah, »A Metabolic History of Manufacturing Waste: Food Commodities and their Outsides«, *Food, Culture & Society* 22/5 (2019), S. 530–547.
- Landis, Eugene M. und John H. Gibbon, »The Effects of Alternate Suction and Pressure on Blood Flow to the Lower Extremities«, *The Journal of Clinical Investigation* 12/5 (1933), S. 925–961.
- Langendorff, Oskar, *Physiologische Graphik. Ein Leitfaden der in der Physiologie gebräuchlichen Registrirmethoden*, Leipzig: Deuticke 1891.
- Latour, Bruno, *Les microbes. Guerre et paix suivi de Irréductions*, Paris: Métailié 1984.
- Latour, Bruno, *Science in Action. How to Follow Scientists and Engineers through Society*, Cambridge, MA: Harvard University Press 1987.
- Latour, Bruno, »Haben auch Objekte eine Geschichte? Ein Zusammentreffen von Pasteur und Whitehead in einem Milchsäurebad«, übers. von Gustav Roßler, in: ders., *Der Berliner Schlüssel. Erkundungen eines Liebhabers der Wissenschaften*, Berlin: Akademie Verlag 1996, S. 87–112.
- Latour, Bruno, *Das Parlament der Dinge. Für eine politische Ökologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001.
- Latour, Bruno, *Die Hoffnung der Pandora. Untersuchungen zur Wirklichkeit der Wissenschaft*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2002.
- Latour, Bruno, »Why Has Critique Run out of Steam? From Matters of Fact to Matters of Concern«, *Critical Inquiry* 30/2 (2004), S. 225–248.
- Latour, Bruno, »Drawing Things Together: Die Macht der unveränderlich mobilen Elemente«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 259–307.
- Latour, Bruno, »Gebt mir ein Laboratorium und ich werde die Welt aus den Angeln heben«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 103–134.

- Latour, Bruno, »Sozialtheorie und die Erforschung computerisierter Arbeitsumgebungen«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 529–543.
- Latour, Bruno, »Technik ist stabilisierte Gesellschaft«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 369–397.
- Latour, Bruno, »Über technische Vermittlung: Philosophie, Soziologie und Genealogie«, in: Andréa Belliger und David J. Krieger (Hg.), *ANThology. Ein einführendes Handbuch zur Akteur-Netzwerk-Theorie*, Bielefeld: transcript 2006, S. 483–528.
- Latour, Bruno, *Eine neue Soziologie für eine neue Gesellschaft. Einführung in die Akteur-Netzwerk-Theorie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2007.
- Latour, Bruno, *Wir sind nie modern gewesen. Versuch einer symmetrischen Anthropologie*, übers. von Gustav Roßler, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008.
- Latour, Bruno und Steve Woolgar, *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*, 2. Aufl., Princeton: Princeton University Press 1986.
- Lawrence, Christopher, »Democratic, Divine and Heroic: The History and Historiography of Surgery«, in: ders. (Hg.), *Medical Theory, Surgical Practice. Studies in the History of Surgery*, London: Routledge 1992, S. 1–47.
- Lawrence, Ghislaine, »Ada Romaine-Davis, John Gibbon and His Heart-Lung Machine, Philadelphia, University of Pennsylvania Press, 1992«, *Medical History* 37/3 (1993), S. 356–357.
- Le Gallois, Julien J. C., *Expériences sur le principe de la vie, notamment sur celui des mouvements du cœur, et sur le siège de ce principe*, Paris: D'Hautel 1812.
- Lear, John, »Science May Give You a Second Heart«, *Collier's* (27. September 1952), S. 22–24.
- LeCain, Timothy J., *Mass Destruction. The Men and Giant Mines that Wired America and Scarred the Planet*, New Brunswick, NJ: Rutgers University Press 2009.
- Lederer, Susan E., »Political Animals. The Shaping of Biomedical Research Literature in Twentieth-Century America«, *Isis* 83/1 (1992), S. 61–79.
- Lederer, Susan E., *Flesh and Blood. Organ Transplantation and Blood Transfusion in Twentieth-Century America*, New York: Oxford University Press 2008.
- Lederman, Muriel und Richard M. Burian, »Introduction«, *Journal of the History of Biology* 26/2 (1993), S. 235–237.
- Leppkes, Moritz et al., »Vascular Occlusion by Neutrophil Extracellular Traps in COVID-19«, *EBioMedicine* 58 (2020).
- Levenstein, Harvey, *Paradox of Plenty. A Social History of Eating in Modern America*, rev. Aufl., Berkeley, CA: University of California Press 2003.
- Lévi-Strauss, Claude, *Das wilde Denken*, übers. von Hans Naumann, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1973.

- Lewis, F. John und Mansur Taufic, »Closure of Atrial Septal Defects with the Aid of Hypothermia; Experimental Accomplishments and the Report of One Successful Case«, *Surgery* 33/1 (1953), S. 52–59.
- Liebhafsky, Herman A., *Silicones under the Monogram. A Story of Industrial Research*, New York: Wiley 1978.
- Lilliestam, Johan, Anthony Patt und Germán Bersalli, »The Effect of Carbon Pricing on Technological Change for Full Energy Decarbonization: A Review of Empirical Ex-Post Evidence«, *WIREs Climate Change* 12/1 (2021), S. 1–21.
- Lim, Michael W., »The History of Extracorporeal Oxygenators«, *Anaesthesia* 61/10 (2006), S. 984–995.
- Linsenmeyer, J. C., »Motor Selection for Hazardous Locations«, *The Petroleum Engineer* 23/1 (1951), S. C20–C24.
- López-Muñoz, Francisco, Ronaldo Ucha-Udabe und Cecilio Alamo, »The History of Barbiturates a Century After Their Clinical Introduction«, *Neuropsychiatric Disease and Treatment* 1/4 (2005), S. 329–343.
- Lorenzo, Giovanni di und Andreas Sentker, »Ich hoffe, dass man nicht wieder Schulen schließt« [Interview mit Christian Drostén]«, *Die Zeit* (11. November 2021), S. 33–35.
- Ludmerer, Kenneth M., *Time to Heal. American Medical Education from the Turn of the Century to the Era of Managed Care*, New York: Oxford University Press 1999.
- Ludwig, Carl, »Einige neue Beziehungen zwischen dem Bau und der Function der Niere«, *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften: Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe* 48/B (1863), S. 725–733.
- Lünen, Alexander von, *Under Waves, Above the Clouds. A History of the Pressure Suit*, Dissertationsschrift: Technische Universität Darmstadt 2010.
- MacDonald, A. G., »A Short History of Fires and Explosions Caused by Anaesthetic Agents«, *British Journal of Anaesthesia* 72/6 (1994), S. 710–722.
- MacLachlan, Ian, *Kill and Chill. Restructuring Canada's Beef Commodity Chain*, Toronto: University of Toronto Press 2001.
- Madonna, G. Terry und John Morrison McLarnon, »Reform in Philadelphia: Joseph S. Clark, Richardson Dilworth and the Women Who Made Reform Possible, 1947–1949«, *The Pennsylvania Magazine of History and Biography* 127/1 (2003), S. 57–88.
- Mannebach, Hermann, *Hundert Jahre Herzgeschichte. Entwicklung der Kardiologie 1887–1987*, Berlin: Springer 1988.
- Marcum, James A., »The Development of Heparin in Toronto«, *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences* 52/3 (1997), S. 310–337.
- Margulies, Harold und Nelson W. Barker, »The Coagulation Time of Blood in Silicone Tubes«, *The American Journal of the Medical Sciences* 218/1 (1949), S. 42–51.
- Markowitz, Jacob, James Archibald und Harry G. Downie, *Experimental Surgery. Including Surgical Physiology*, 4. Aufl., Baltimore: Williams & Wilkins 1959.

- Marquis, Albert N. (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.
- Martin, William B. und Hiram E. Essex, »Experimental Production and Closure of Atrial Septal Defects, With Observations of Physiologic Effects«, *Surgery* 30/2 (1951), S. 283–297.
- Martiny, Benno, *Die Schleuderentrahmung. Geschichte ihrer Entwicklung vom Ursprung bis zur Gegenwart*, Bd. 1, Leipzig: Heinsius 1913.
- Martiny, Benno, *Die Schleuderentrahmung. Geschichte ihrer Entwicklung vom Ursprung bis zur Gegenwart*, Bd. 2, Leipzig: Heinsius 1915.
- Marx, Karl, »Zur Kritik der Politischen Ökonomie«, in: *Marx-Engels-Werke*, Bd. 13, Berlin: Dietz 1961, S. 3–160.
- Marx, Karl, »Ökonomisch-philosophische Manuskripte aus dem Jahre 1844«, in: *Marx-Engels-Werke*, Bd. 40: *Schriften, Manuskripte, Briefe bis 1844. Erster Teil*, Berlin: Dietz 1968, S. 465–588.
- Marx, Karl, *Das Kapital. Kritik der politischen Ökonomie. Erster Band. Buch I: Der Produktionsprozeß des Kapitals* (*Marx-Engels-Werke*, Bd. 23), Berlin: Dietz 1979.
- Marx, Karl, *Grundrisse der Kritik der politischen Ökonomie* (*Marx-Engels-Werke*, Bd. 42), Berlin: Dietz 1983.
- Marx, Karl und Friedrich Engels, *Die Deutsche Ideologie. Kritik der neuesten deutschen Philosophie in ihren Repräsentanten Feuerbach, B. Bauer und Stirner und des deutschen Sozialismus*, (*Marx-Engels-Werke*, Bd. 3), Berlin: Dietz 1978.
- Mayer, Ralph, *The Artist's Handbook of Materials and Techniques*, London: Faber and Faber 1940.
- McCarthy, Cian P. et al., »Running Thin: Implications of a Heparin Shortage«, *The Lancet* 395/10223 (2020), S. 534–536.
- McCumber, John, *The Philosophy Scare. The Politics of Reason in the Early Cold War*, Chicago: University of Chicago Press 2016.
- McKellar, Shelley, *Surgical Limits. The Life of Gordon Murray*, Toronto: University of Toronto Press 2003.
- McKellar, Shelley, *Artificial Hearts. The Allure and Ambivalence of a Controversial Medical Technology*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2018.
- McLean, Jay, »The Thromboplastic Action of Cephalin«, *American Journal of Physiology* 41/2 (1916), S. 250–257.
- Meyer, Arthur W., »Erfolgreiche Trendelenburgsche Operation bei Embolie der Arteria pulmonalis«, *Deutsche Zeitschrift für Chirurgie* 205/1 (1927), S. 1–21.
- Middleton, John, Ralf Reintjes und Henrique Lopes, »Meat Plants – A New Front Line in the Covid-19 Pandemic«, *BMJ* 370 (2020).
- Miller, Bernard J. et al., »The Production and Repair of Interatrial Septal Defects under Direct Vision with the Assistance of an Extracorporeal Pump-Oxygenator Circuit«, *The Journal of Thoracic Surgery* 26/6 (1953), S. 598–616.

- Miller, Bernard J., »A Respirator for Laboratory Animals Utilizing Compressed Air and Suction«, *Surgery* 42/4 (1957), S. 722–725.
- Miller, Bernard J., »The Development of Heart Lung Machines«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 154/3 (1982), S. 403–414.
- Miller, Bernard J., »Division of Cardiothoracic Surgery«, in: Frederick B. Wagner Jr. (Hg.), *Thomas Jefferson University. Tradition and Heritage*, Philadelphia: Lea & Febiger 1989, S. 580–609.
- Miller, Bernard J., »Development of the Heart-Lung Machine at Jefferson and Its First Application in the Surgery of the Heart«, in: Frederick B. Wagner Jr. und J. Woodrow Savacool (Hg.), *Legend and Lore. Jefferson Medical College*, Devon, PA: William T. Cooke Publishing 1996, S. 452–465.
- Miller, Bernard J., »The Laboratory Work Preceding the First Clinical Application of Cardiopulmonary Bypass«, *The Annals of Thoracic Surgery* 76 (2003), S. 2203–2209.
- Miller, Bernard J., John H. Gibbon Jr. und Charles Fineberg, »An Improved Mechanical Heart and Lung Apparatus. Its Use during Open Cardiotomy in Experimental Animals«, *Medical Clinics of North America* 37/6 (1953), S. 1603–1624.
- Miller, Bernard J., John H. Gibbon Jr. und Mary H. Gibbon, »Recent Advances in the Development of a Mechanical Heart and Lung Apparatus«, *Annals of Surgery* 134/4 (1951), S. 694–708.
- Miller, Craig A., *A Time for All Things: The Life of Michael E. DeBakey*, Oxford: Oxford University Press 2019.
- Miller, G. Wayne, *King of Hearts. The True Story of the Maverick who Pioneered Open-Heart Surgery*, New York: Times Books 2000.
- Mindell, David A., *Between Human and Machine. Feedback, Control, and Computing before Cybernetics*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2002.
- Miri, Johnny, »The Fall of Vannevar Bush: The Forgotten War for Control of Science Policy in Postwar America«, *Historical Studies in the Natural Sciences* 51/4 (2021), S. 507–541.
- Mirowski, Philip, *Machine Dreams. Economics Becomes a Cyborg Science*, Cambridge: Cambridge University Press 2002.
- Mirowski, Philip, *Science-Mart. Privatizing American Science*, Cambridge, MA: Harvard University Press 2011.
- Mirowski, Philip, »Minding the Cybernetic Gap«, *Technology and Culture* 53/1 (2012), S. 192–195.
- Mirowski, Philip, *Untote leben länger. Warum der Neoliberalismus nach der Krise noch stärker ist*, übers. von Felix Kurz, Berlin: Matthes & Seitz 2015.
- Mirowski, Philip, »What Is Science Critique? Lessig, Latour«, *The Routledge Handbook of the Political Economy of Science*, London: Routledge 2017, S. 429–450.
- Mirowski, Philip, »Hell Is Truth Seen Too Late«, *boundary* 2 46/1 (2019), S. 1–53.
- Mirowski, Philip und Edward Nik-Khah, »Markets Made Flesh. Performativity, and a Problem in Science Studies, Augmented with Consideration of the FCC

- Auctions«, in: Donald MacKenzie, Fabian Muniesa und Lucia Siu (Hg.), *Do Economists Make Markets? On the Performativity of Economics*, Princeton: Princeton University Press 2008, S. 190–224.
- Mirowski, Philip und Edward Nik-Khah, *The Knowledge We Have Lost in Information. The History of Information in Modern Economics*, New York: Oxford University Press 2017.
- Mollan, Simon, *Imperialism and Economic Development in Sub-Saharan Africa. An Economic and Business History of Sudan*, Cham: Palgrave Macmillan 2020.
- Müggenburg, Jan, *Lebhafte Artefakte. Heinz von Foerster und die Maschinen des Biological Computer Laboratory*, Göttingen: Konstanz University Press 2018.
- Müggenburg, Jan, »Homöostat und Cyborg. Zum Verhältnis von Selbstorganisationsforschung und der frühen Biokybernetik«, in: Beate Ochsner, Sybilla Nikolow und Robert Stock (Hg.), *Affizierungs- und Teilhabeprozesse zwischen Organismen und Maschinen*, Wiesbaden: Springer 2020, S. 25–42.
- Muhle, Maria, »Formen und Formierungen des Lebendigen«, in: Maria Muhle und Christiane Voss (Hg.), *Black Box Leben*, Berlin: August 2017, S. 301–323.
- Mumford, Lewis, *Technics and Civilization*, New York: Harcourt, Brace and Co. 1934.
- Mumford, Lewis, *Mythos der Maschine. Kultur, Technik und Macht*, übers. von Liesl Nürenberger und Arpad Hälbig, Frankfurt a.M.: Fischer 1977.
- Muscholl, E., »The Evolution of Experimental Pharmacology as a Biological Science: the Pioneering Work of Buchheim and Schmiedeberg«, *British Journal of Pharmacology* 116/4 (1995), S. 2155–2159.
- Ndiaye, Pap A., *Nylon and Bombs. DuPont and the March of Modern America*, übers. von Elborg Forster, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2007.
- Nebeker, Frederik, *Dawn of the Electronic Age. Electrical Technologies in the Shaping of the Modern World, 1914 to 1945*, Hoboken: Wiley & Sons 2009.
- Nolan, Joseph F., »Hole in Heart Closed, Device Pumps Blood«, *The Philadelphia Inquirer* (8. Mai 1953), S. 1, 16.
- Noys, Benjamin, »The Discreet Charm of Bruno Latour«, in: Jernej Habjan und Jessica Whyte (Hg.), *(Mis)readings of Marx in Continental Philosophy*, London: Palgrave Macmillan 2014, S. 195–210.
- Oberman, H. A., »Early History of Blood Substitutes. Transfusion of Milk«, *Transfusion* 9/2 (1969), S. 74–77.
- Orland, Barbara, »Enlightened Milk: Reshaping a Bodily Substance into a Chemical Object«, in: Ursula Klein und Emma C. Spary (Hg.), *Materials and Expertise in Early Modern Europe. Between Market and Laboratory*, Chicago: University of Chicago Press 2010, S. 163–197.
- Otis, Laura, »The Metaphoric Circuit: Organic and Technological Communication in the Nineteenth Century«, *Journal of the History of Ideas* 63/1 (2002), S. 105–128.
- Pasquinelli, Matteo, *The Eye of the Master. A Social History of Artificial Intelligence*, London: Verso 2023.

- Patton, Thomas B., Arnold G. Ware und Walter H. Seegers, »Clotting of Plasma and Silicone Surfaces«, *Blood* 3/6 (1948), S. 656–659.
- Pauly, Philip J., *Controlling Life. Jacques Loeb and the Engineering Ideal in Biology*, New York: Oxford University Press 1987.
- Pearce, Dick, »New Mechanical Heart Revealed in U.C. Lecture«, *San Francisco Examiner* (26. April 1950), S. 5.
- Pelis, K., »Blood Clots: The Nineteenth-Century Debate over the Substance and Means of Transfusion in Britain«, *Annals of Science* 54/4 (1997), S. 331–360.
- Pemberton, Stephen, »Canine Technologies, Model Patients. The Historical Production of Hemophiliac Dogs in American Biomedicine«, in: Susan R. Schrepfer und Philip Scranton (Hg.), *Industrializing Organisms: Introducing Evolutionary History*, New York: Routledge 2004, S. 191–213.
- Peters, John P. und Donald D. Van Slyke, *Quantitative Clinical Chemistry*, Bd. 2: Methods, Baltimore: Williams & Wilkins 1932.
- Pfeffer, Naomi, »How Abattoir ›Biotrash‹ Connected the Social Worlds of the University Laboratory and the Disassembly Line«, in: David Cantor, Christian Bonah und Matthias Dörries (Hg.), *Meat, Medicine and Human Health in the Twentieth Century*, London: Pickering & Chatto 2010, S. 63–76.
- Pfeiffer, Sabine, *Digitalisierung als Distributivkraft. Über das Neue am digitalen Kapitalismus*, Bielefeld: transcript 2021.
- Picichè, Marco (Hg.), *Dawn and Evolution of Cardiac Procedures. Research Avenues in Cardiac Surgery and Interventional Cardiology*, Mailand: Springer 2012.
- Pickering, Andrew, *Constructing Quarks. A Sociological History of Particle Physics*, Chicago: University of Chicago Press 1984.
- Pickering, Andrew, *The Mangle of Practice. Time, Agency, and Science*, Chicago: University of Chicago Press 1995.
- Pickering, Andrew, »Practice and Posthumanism. Social Theory and a History of Agency«, in: Theodore R. Schatzki, Karin Knorr-Cetina und Eike Savigny (Hg.), *The Practice Turn in Contemporary Theory*, London: Routledge 2001, S. 172–183.
- Pickering, Andrew, *The Cybernetic Brain. Sketches of Another Future*, Chicago: University of Chicago Press 2010.
- Polanyi, Michael, *Science, Faith and Society*, London: Oxford University Press 1946.
- Polanyi, Michael, *Implizites Wissen*, übers. von Horst Brühmann, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1985.
- Polanyi, Michael, *Personales Wissen. Auf dem Weg zu einer postkritischen Philosophie*, übers. von Joachim Schulte, Berlin: Suhrkamp 2023.
- Porter, Rufus und J. D. Bradley, *Elastic-Tube Pump*, US12753A, United States Patent Office 1855.
- Porter, William T., *An Introduction to Physiology*, Cambridge, MA: The University Press 1901.

- Prinz, Benjamin, »Operieren am blutleeren Herzen. Eine Geschichte chirurgischer Zeit zwischen Handwerk, Maschinen und Organismen, 1900–1950«, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 26/3 (2018), S. 237–266.
- Prinz, Benjamin und Henning Schmidgen, »Vitalist Marxism: Georges Canguilhem and the Resistance of Life«, *Theory, Culture & Society* 41/4 (2024), S. 3–21.
- Pugh, Emerson W., *Building IBM. Shaping an Industry and Its Technology*, 3. Aufl., Cambridge, MA: MIT Press 1996.
- Radaf, Awad Abdalla Elawad, *Sudan Gum: A History of its Production and Trade up to 1982*, Major Thesis: Universität Bergen 1983.
- Ramey, Joshua, »Neoliberalism as a Political Theology of Chance: the Politics of Divination«, *Palgrave Communications* 1/1 (2015), S. 1–9.
- Rasmussen, Nicolas, *Picture Control. The Electron Microscope and the Transformation of Biology in America, 1940–1960*, Stanford: Stanford University Press 1997.
- Reed, Albert E., »Screens in the Process Industries«, *Industrial and Engineering Chemistry* 30/12 (1938), S. 1369–1371.
- Regnault, Victor und Jules Reiset, *Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes*, Paris: Bachelier 1849.
- Rehn, Ludwig, »Zur Chirurgie des Herzens und des Herzbeutels«, *Verhandlungen der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie* 36 (1907), S. 305–360.
- Reich, Leonard S., *The Making of American Industrial Research. Science and Business at GE and Bell, 1876–1926*, Cambridge: Cambridge University Press 1985.
- Reid, James D., *The Telegraph in America and Morse Memorial*, New York: John Polhemus Publishers 1886.
- Reisch, George A., *How the Cold War Transformed Philosophy of Science. To the Icy Slopes of Logic*, Cambridge: Cambridge University Press 2005.
- Rheinberger, Hans-Jörg, *Experiment, Differenz, Schrift: Zur Geschichte epistemischer Dinge*, Marburg an der Lahn: Basiliken-Press 1992.
- Rheinberger, Hans-Jörg, *Experimentalsysteme und epistemische Dinge. Eine Geschichte der Proteinsynthese im Reagenzglas*, Göttingen: Wallstein 2001.
- Rheinberger, Hans-Jörg, *Epistemologie des Konkreten: Studien zur Geschichte der modernen Biologie*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2006.
- Rochow, Eugene G., *Silicium und Silicone. Über steinzeitliche Werkzeuge, antike Töpfereien, moderne Keramik, Computer, Werkstoffe für die Raumfahrt und wie es dazu kam*, übers. von Eduard Krahé, Berlin: Springer 1991.
- Rochow, Eugene G., Louis B. Jaques und Ivan Brown, »Silicone«, in: Carl J. Potthoff (Hg.), *The Preservation of the Formed Elements and of the Proteins of the Blood*, Boston: American National Red Cross 1949, S. 305–309.
- Romaine-Davis, Ada, *John Gibbon and His Heart-Lung Machine*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1991.
- Roosth, Sophia und Susan Silbey, »Science and Technology Studies: From Controversies to Posthumanist Social Theory«, in: Bryan S. Turner (Hg.), *The New Black-*

- well Companion to Social Theory*, Chichester, West Sussex: Wiley-Blackwell 2009, S. 451–473.
- Rosenberg, Charles E., »Toward an Ecology of Knowledge«, in: Alexandra Oelsen und John Voss (Hg.), *The Organization of Knowledge in Modern America, 1860–1920*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 1979, S. 440–455.
- Sappol, Michael, *A Traffic of Dead Bodies. Anatomy and Embodied Social Identity in Nineteenth-Century America*, Princeton: Princeton University Press 2002.
- Sarnoff, David, »Three Decades of Radio«, *RCA Review* 1/3 (1937), S. 5–18.
- Sauerbruch, Ferdinand, *Das war mein Leben*, Bad Wörishofen: Kindler & Schiermeyer 1951.
- Schlich, Thomas, »Die Geschichte der Herztransplantation: Chirurgie, Wissenschaft, Ethik«, in: Andreas Frewer, Matthias Köhler und Claus Rödel (Hg.), *Herztransplantation und Ethik. Historische und philosophische Aspekte eines paradigmatischen Eingriffs der modernen Medizin*, Erlangen: Palm & Enke 1996, S. 13–38.
- Schlich, Thomas, *Surgery, Science, and Industry. A Revolution in Fracture Care, 1950s–1990s*, Houndmills: Palgrave Macmillan 2002.
- Schlich, Thomas, »Ein Netzwerk von Kontrolltechnologien. Eine neue Perspektive auf die Entstehung der modernen Chirurgie«, *NTM. Zeitschrift für Geschichte der Wissenschaften, Technik und Medizin* 16/3 (2008), S. 333–361.
- Schlich, Thomas, »The Days of Brilliancy are Past: Skill, Styles and the Changing Rules of Surgical Performance, ca. 1820–1920«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 379–403.
- Schlich, Thomas, »Physiological Surgery«. Laboratory Science as the Epistemic Basis of Modern Surgery (and Neurosurgery)«, in: Stephen T. Casper und Delia Gavrus (Hg.), *The History of the Brain and Mind Sciences. Technique, Technology, Therapy*, Rochester: University of Rochester Press 2017, S. 48–76.
- Schlich, Thomas 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.
- Schmidgen, Henning, »Die Donders-Maschine. Ein Kapitel Physiologiegeschichte mit Deleuze und Guattari«, in: ders. (Hg.), *Lebendige Zeit. Wissenskulturen im Werden*, Berlin: Kulturverlag Kadmos 2005, S. 242–279.
- Schmidgen, Henning, *Die Helmholtz-Kurven. Auf der Spur der verlorenen Zeit*, Berlin: Merve Verlag 2009.
- Schmidgen, Henning, *Hirn und Zeit. Die Geschichte eines Experiments 1800–1950*, Berlin: Matthes & Seitz 2014.
- Schmidgen, Henning, *Bruno Latour zur Einführung*, 3., vollst. überarb. Aufl., Hamburg: Junius 2019.

- Schmidgen, Henning, »Das Problem der Umwelt. Maurice Halbwachs und Georges Canguilhem«, in: Georges Canguilhem, *Über Maurice Halbwachs*, Berlin: August 2022, S. 33–87.
- Schmoeckel, Michael et al., »Xenotransplantation von Organen«, *Die Chirurgie* 95/8 (2024), S. 603–609.
- Schrepfer, Susan R. und Philip Scranton (Hg.), *Industrializing Organisms. Introducing Evolutionary History*, New York: Routledge 2004.
- Schröer, Heinz, *Carl Ludwig. Begründer der messenden Experimentalphysiologie, 1816–1895*, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft 1967.
- Schröter, Jens, »Money Determines Our Situation«, in: Armin Beverungen et al. (Hg.), *Markets*, Minneapolis, MN: meson press 2019, S. 71–115.
- Schulz, Stefan, »Vom Paraffin zum Bernstein: Die ›Evolution‹ von Bluttransfusionsapparaten aus gerinnungsverzögernden Materialien im frühen 20. Jahrhundert«, *Jahrbuch des Deutschen Medizinhistorischen Museums* 10 (1999), S. 221–255.
- Schüttpelz, Erhard, »Vom Werkzeug zum Behälter, vom Behälter zum Medium. Die Ausweitungen des Körpers«, in: Nina Engelhardt und Johannes F. M. Schick (Hg.), *Erfinden, Schöpfen, Machen. Körper- und Imaginationstechniken*, Bielefeld: transcript 2021, S. 25–72.
- Schwann, Theodor, »Note sur deux appareils permettant de vivre dans un milieu irrespirable«, *Revue Universelle des Mines* 7/2 (1880), S. 601–609.
- Senecal, Vance E., »Du Pont and Chemical Engineering in the Twentieth Century«, in: William F. Furter (Hg.), *History of Chemical Engineering*, Washington, D.C.: American Chemical Society 1980, S. 283–301.
- Serres, Michel, *Der Parasit*, übers. von Michael Bischoff, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 1987.
- Sharpe, George B., »The Dairy Industry Owes a Great Debt to the De Laval Cream Separator«, in: De Laval Separator Company (Hg.), *De Laval Dairy Hand Book*, New York: De Laval Separator Company 1916, S. 68–71.
- Sherwood, Thomas K., *Absorption and Extraction*, New York: McGraw-Hill 1937.
- Shumacker, Harris B., Jr., *The Evolution of Cardiac Surgery*, Bloomington, IN: Indiana University Press 1992.
- Shumacker, Harris B., Jr., *A Dream of the Heart. The Life of John H. Gibbon, Jr. Father of the Heart-Lung Machine*, Santa Barbara, CA: Fithian Press 1999.
- Shumacker, Harris B., Jr., »The Birth of an Idea and the Development of Cardiopulmonary Bypass«, in: Glenn P. Gravlee et al. (Hg.), *Cardiopulmonary Bypass. Principles and Practice*, 3. Aufl., Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins 2008, S. 21–32.
- Shumacker, Harris B., Jr., Thomas C. Moore und Harold King, »The Experimental Closure of Atrial Septal Defects«, *Journal of Thoracic Surgery* 26/6 (1953), S. 551–573.
- Simondon, Gilbert, *Die Existenzweise technischer Objekte*, übers. von Michael Cuntz, Zürich: Diaphanes 2012.

- Smith-Howard, Kendra, *Pure and Modern Milk. An Environmental History since 1900*, New York: Oxford University Press 2014.
- Stadler, Max, *Assembling Life. Models, the Cell, and the Reformations of Biological Science, 1920–1960*, Dissertationsschrift: Imperial College London 2010.
- Starr, Paul, *The Social Transformation of American Medicine*, New York: Basic Books 1982.
- Stedman, Donald F., *Liquid and Vapor Contacting Device*, US2227164A, United States Patent Office 1940.
- Steininger, Benjamin und Alexander Klose, *Erdöl. Ein Atlas der Petromoderne*, Berlin: Matthes & Seitz 2020.
- Stephenson, Larry W., »The History of Cardiac Surgery«, in: Jeffrey A. Norton et al. (Hg.), *Surgery. Basic Science and Clinical Evidence*, 2. Aufl., New York: Springer 2008, S. 1471–1479.
- Stewart, Irvin, *Organizing Scientific Research for War. The Administrative History of the Office of Scientific Research and Development*, Boston: Little, Brown and Company 1948.
- Stiansen, Endre, »The Gum Arabic Trade in Kordofan in the Mid-Nineteenth Century«, in: ders. und Michael Kevane (Hg.), *Kordofan Invaded. Peripheral Incorporation and Social Transformation in Islamic Africa*, Leiden: Brill 1998, S. 60–85.
- Stiegler, Bernard, *Symbolic Misery*, Bd. 1: *The Hyperindustrial Epoch*, übers. von Barnaby Norman, Cambridge: Polity Press 2014.
- Stokes, Thomas L. und John B. Flick Jr., »An Improved Vertical Cylinder Oxygenator«, *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine* 73/3 (1950), S. 528–529.
- Stokes, Thomas L. und John H. Gibbon Jr., »Experimental Maintenance of Life by a Mechanical Heart and Lung During Occlusion of the Venae Cavae Followed by Survival«, *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 91/2 (1950), S. 138–156.
- Svedberg, The und Robin Fåhræus, »A New Method for the Determination of the Molecular Weight of the Proteins«, *Journal of the American Chemical Society* 48/2 (1926), S. 430–438.
- Swan, Henry et al., »The Experimental Creation and Closure of Auricular Septal Defects«, *The Journal of Thoracic Surgery* 20/4 (1950), S. 542–551.
- Talcott, Samuel, *Georges Canguilhem and the Problem of Error*, Cham: Palgrave Macmillan 2019.
- Tanner, Jakob, »Komplexität, Kybernetik und Kalter Krieg. »Information« im Systemantagonismus von Markt und Plan«, in: Michael Hagner und Erich Hörl (Hg.), *Die Transformation des Humanen. Beiträge zur Kulturgeschichte der Kybernetik*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2008, S. 377–413.
- Taylor, R., »A Mechanical Heart-Lung Apparatus«, *IBM Journal of Research and Development* 1/4 (1957), S. 330–340.
- Templeton III, John Y., »Early Recollections of Dr. John H. Gibbon, Jr.«, *Journal of Cardiac Surgery* 8/3 (1993), S. 396–397.

- Templeton III, John Y. und John H. Gibbon Jr., »Experimental Reconstruction of Cardiac Valves by Venous and Pericardial Grafts«, *Annals of Surgery* 129/2 (1949), S. 161–176.
- Thomas, Vivien T., *Pioneering Research in Surgical Shock and Cardiovascular Surgery: Vivien Thomas and His Work with Alfred Blalock*, Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1985.
- Thornton, Tamara P., *Cultivating Gentlemen. The Meaning of Country Life Among the Boston Elite, 1785–1860*, New Haven: Yale University Press 1989.
- Timmermans, Stefan, »A Black Technician and Blue Babies«, *Social Studies of Science* 33/2 (2003), S. 197–229.
- Tracy, Sarah W., »A Global Journey – Ancel Keys, the FAO, and the Rise of Transnational Heart Disease Epidemiology, 1949–1958«, *The International History Review* 41/2 (2019), S. 372–390.
- Trendelenburg, Friedrich, »Ueber die operative Behandlung der Embolie der Lungenarterie«, *Archiv für klinische Chirurgie* 86/3 (1908), S. 686–700.
- Tudico, Christopher, *The History of the Josiah Macy Jr. Foundation*, New York: Josiah Macy Jr. Foundation 2012.
- Underhill, Charles R., *Electrons at Work. A Simple and General Treatise on Electronic Devices, their Circuits, and Industrial Uses*, New York: McGraw Hill 1933.
- University of Toronto, *Report of the Board of Governors for the Year Ended in 30th June 1937*, Toronto: Bowman 1938.
- U.S. Department of Commerce, *World Chemical Developments in 1935*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1936.
- U.S. Navy Department, Bureau of Ships, *Bureau of Ships Manual*, Bd. 15: Gasoline Stowage and Equipment, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office 1951.
- Van der Kloot, William, »William Maddock Bayliss's Therapy for Wound Shock«, *Notes and Records of the Royal Society* 64/3 (2010), S. 271–286.
- Van Slyke, Donald D. und J. M. Neill, »The Determination of Gases in Blood and Other Solutions by Vacuum extraction and Manometric Measurement. I«, *The Journal of Biological Chemistry* 61 (1924), S. 523–543.
- Verne, Jules, *Von der Erde zum Mond*, Hamburg: Impian 2018.
- Vidal de la Blache, Paul, »Les genres de vie dans la géographie humaine. Premier article«, *Annales de géographie* 20/111 (1911), S. 193–212.
- Vidal de la Blache, Paul, »Les genres de vie dans la géographie humaine. Second article«, *Annales de géographie* 20/112 (1911), S. 289–304.
- Wakeman, Reginald L., *The Chemistry of Commercial Plastics*, New York: Reinhold 1947.
- Walker, Thomas A., *The Severn Tunnel: Its Construction and Difficulties. 1872–1887*, London: R. Bentley & Son 1888.
- Walter, C. F. und E. P. Richards, »The Biomaterials Access Assurance Act of 1998«, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine* 18/2 (1999), S. 125–127.

- Wang, Jessica, *American Science in an Age of Anxiety. Scientists, Anticommunism, and the Cold War*, Chapel Hill, NC: University of North Carolina Press 1999.
- Warren, S. Reid, 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.
- Warrick, Earl L., *Forty Years of Firsts. The Recollections of a Dow Corning Pioneer*, New York: McGraw-Hill 1990.
- Waters, Ralph M., »Clinical Scope and Utility of Carbon Dioxid Filtration in Inhalation Anesthesia«, *Current Researches in Anesthesia & Analgesia* 3/1 (1924), S. 20–22, 26.
- Waters, Ralph M., »Carbon Dioxide Absorption from Anaesthetic Atmospheres«, *Proceedings of the Royal Society of Medicine* 30/1 (1936), S. 11–22.
- Waters, Ralph M., »Explosion Jitters«, in: ders., *Holding Court With the Ghost of Gilman Terrace: Selected Writings of Ralph Milton Waters, M.D.*, hg. von David C. Lai, Park Ridge, IL: Wood Library-Museum of Anesthesiology 2002, S. 111.
- Weatherby, Leif, *Transplanting the Metaphysical Organ. German Romanticism between Leibniz and Marx*, New York: Fordham University Press 2016.
- Webster, Edwin H., *The Farm Separator: Its Relation to the Creamery and to the Creamery Patron*, Washington, D.C.: Government Printing Office 1904.
- Whitehead, Don, *The Dow Story. The History of the Dow Chemical Company*, New York: McGraw-Hill 1968.
- Whitfield, Nicholas, »Surgical Skills Beyond Scientific Management«, *Medical History* 59/3 (2015), S. 421–442.
- Whyte, Jessica, »The Invisible Hand of Friedrich Hayek: Submission and Spontaneous Order«, *Political Theory* 47/2 (2019), S. 156–184.
- Whyte, Jessica, *The Morals of the Market. Human Rights and the Rise of Neoliberalism*, London: Verso 2019.
- Wiener, Norbert, *Kybernetik. Regelung und Nachrichtenübertragung im Lebewesen und in der Maschine*, übers. von E. H. Serr, Düsseldorf: Econ 1963.
- Wiesemann, Claudia, »Notwendigkeit und Kontingenz. Zur Geschichte der ersten Hirntod-Definition der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie von 1968«, in: Thomas Schlich und Claudia Wiesemann (Hg.), *Hirntod. Zur Kulturgeschichte der Todesfeststellung*, Frankfurt a.M.: Suhrkamp 2001, S. 209–235.
- Wiest, Edward, *The Butter Industry in the United States. An Economic Study of Butter and Oleomargarine*, New York: Columbia University Press 1916.
- Wilson-Harris, Nadine und Jonielle Daley, »Staff Knuckle Down as Hospitals Buckle under COVID«, *The Gleaner* (24. Februar 2021).
- Wohl, Stanley, *The Medical Industrial Complex*, New York: Harmony Books 1984.
- Worboys, Michael, Julie-Marie Strange und Neil Pemberton, *The Invention of the Modern Dog. Breed and Blood in Victorian Britain*, Baltimore: Johns Hopkins University Press 2018.

- Wurtzler, Steve J., *Electric Sounds. Technological Change and the Rise of Corporate Mass Media*, New York: Columbia University Press 2007.
- Zhai, Kevin, »The Changing Landscape of Semiconductor Manufacturing: Why the Health Sector Should Care«, *Frontiers in Health Services* 3 (2023), S. 1–3.
- Zhong, Raymond und Amy Chang Chien, »Taiwan's Drought Pits Tech vs. Farmers«, *The New York Times* (12. April 2021), S. B1.
- Zimmer, Heinz-Gerd, »The Isolated Perfused Heart and Its Pioneers«, *Physiology* 13/4 (1998), S. 203–210.
- Zimmer, Heinz-Gerd, »Who Discovered the Frank-Starling Mechanism?«, *Physiology* 17/5 (2002), S. 181–184.
- Zimmer, Heinz-Gerd, »The Heart-Lung Machine was Invented Twice – the First Time by Max von Frey«, *Clinical Cardiology* 26/9 (2003), S. 443–445.
- Zworkyn, Vladimir K. und Earl D. Wilson, *Photocells and their Application*, 2. Aufl., New York: Wiley & Sons 1932.

