

4. Geregelte Ströme. Kybernetik, elektrisch geschalteter Strom, Flowchart

Die Rede vom Strömen der Informationen hat Geschichte. Um einen Einstieg für deren Aufarbeitung zu finden, orientiere ich mich an den diskutierten kultur- und medienwissenschaftlichen Theorieszenen. Ausnahmslos alle untersuchten Arbeiten teilen, dass medientechnische Entwicklungen neue Beschreibungsmodelle erforderlich machten, die sich insbesondere aus einer jüngst zunehmenden Computerisierung und teils auch Kybernetisierung ergäben. Autor:innen identifizieren ein hiermit einhergehendes Aufkommen der Rede vom Informationsstrom, deren angenommene Selbstverständlichkeit sie wiederum zum Anlass nehmen, um die Stromwörter metaphorisch und konzeptuell als eine Beschreibungsressource zuzurichten. Ich setze bei der zunächst noch als selbstverständlich verstandenen Rede vom Informationsstrom an und drehe die Argumentation der Autor:innen der vorangehenden Kapitel um. Mit Blumenberg nehme ich an, dass es sich beim Wort Informationsstrom um einen mittlerweile nicht mehr als Metapher verstandenen, sondern naturalisierten, das heißt bereits verselbstständlichten Begriff handelt, dessen metaphorische Herkunft unberücksichtigt bleiben. Um diesen historischen Vorgang der Naturalisierung aufzuspüren, beziehe ich mich auf die Computerentwicklung. Damit gehe ich nicht vorgestellten Medienumbrüchen, sondern der Geschichte der Stromwörter nach, und zwar indem ich sie beim Wort nehme.

Eine Metapher beim Wort zu nehmen hat bei Blumenberg auch eine geschichtliche Dimension. Dieser Vorgang unterscheidet sich vom Zugang zur metaphorischen Rede in den vorangegangenen Kapiteln, den ich entlang der *Beobachtungen an Metaphern* (1971) und *Quellen, Ströme, Eisberge* (2012) ausgerichtet habe. Im Folgenden steht nicht mehr der Literalsinn des Strömens im Vordergrund, wobei es um seine interpretativen Auslegungen innerhalb der behandelten Texte geht, sondern es geht vor allem um die »Terminologisierung« (Blumenberg 2012, 253). Mit Petra Gehring gesprochen bezieht sich das auf »Metaphorik, die bereits zum Terminus geronnen scheint« (Gehring 2014, 211), also auf Metaphern, die nicht mehr als solche wahrgenommen werden: Die metaphorische Funktion wird stillgestellt. »Hier hat die Metapher aufgehört, Metapher zu sein«, schreibt Blumenberg, »sie ist ›beim

Wort genommen«, naturalisiert, ununterscheidbar von einer physikalischen Aussage geworden.« (Blumenberg 2013, 22) Das bedeutet nicht, dass es sich dann um einen Terminus handelt, der sich von der Metapher vollständig ablöst und seine metaphorische Funktion einbüßt. Naturalisiert bedeutet vielmehr, dass die Metapher für eine bestimmte Gemeinschaft von Sprechenden nicht mehr mitgelesen wird (Friedrich 2013, 33).¹

Die Metaphorik, die im nicht mehr als metaphorisch verstandenen Wort nicht mehr mitgelesen wird, ist aber noch präsent (vgl. Gehring 2014, 205). Auch wenn die metaphorische Rede irgendwann eingeschliffen und nicht mehr als Metapher verstanden wird, löst sie sich nicht einfach im Begriff auf. Blumenberg ergänzt an anderer Stelle: »Hier ist die Metapher im Wort aufgefangen, zwar nivelliert im terminologisierten Ausdruck, aber doch mit einer bloßen Wendung der Aufmerksamkeit heraushörbar« (Blumenberg 2013, 116). Entsprechend kann Blumenberg zufolge die eingeschliffene Metaphorik wieder zugänglich gemacht werden. Der Annahme, dass sich die Bedeutung der Metaphorik im Laufe ihres Gebrauchs abschleift, fügt Blumenberg eine analytische Umkehrbewegung an, die diese wieder kenntlich macht (ders. 2012, 46).² Bei Blumenberg wird dies, wie Gehring festhält, »durch ›beim Wort nehmen‹ oder sogar ›beim Bild nehmen‹ in Gang gesetzt« (Gehring 2012). Blumenberg erläutert: »Was schon zum Terminus geworden war, wird erkennbar für einen Augenblick in seine Bildlichkeit zurückgeholt und wieder beim Wort genommen.« (Blumenberg 2012, 47) Anders formuliert verdeutlicht er noch: »Die Metapher erfrischt nicht nur sich verschleifende Sprache, sie bedarf auch selbst der Auffrischung aus ihren imaginativen Erstreckungen.« (Ebd.) Die Rede vom Fließen beim Wort zu nehmen bedeutet, eine »Remetaphorisierung« in einem historischem Kontext anzustoßen (Gehring 2012). Die im Sprachgebrauch abgenutzte, da selbstverständlich gewordene metaphorische Rede stellt Blumenberg in einen historischen Kontext ein. Diese historische Suchbewegung zeitigt folgenden Effekt: Die »Wendung der Aufmerksamkeit auf einen nicht mehr wahrgenommenen Hintergrund« kann »störend, wenn nicht gar zerstörend« sein (Blumenberg 2012, 19).³ Ein nicht mehr berücksichtigter »Hintergrund« bezieht sich auf einen anderen historisch-semanticen Kontext der Metapher (ebd.), innerhalb dessen sie für eine theoretische Verlegenheit herangezogen worden sein kann (vgl. Gleich 2015, 95). Dann »zeigt sich plötzlich«, so Blumenberg, »daß die einzelne Metapher

1 Was in der Metaphorologie Blumenbergs die Naturalisierung von Metaphern ist, erfasst Alexander Friedrich als »Konventionalisierung« (Friedrich 2013, 34), wonach sich »[e]in bestimmtes Verständnis eines metaphorisch gebrauchten Ausdrucks [...] innerhalb einer bestimmten Sprechergemeinschaft ein[schleift]« (ebd., 33).

2 In der Linguistik entspricht das der »Wiederbelebung einer toten Metapher« (Gehring 2012).

3 Im Gegensatz zu einer vorangehenden Textfassung der *Quellen* in den *Beobachtungen an Metaphern* schreibt Blumenberg abmildernd: Dies kann »störend, wenn nicht gar verstörend« wirken (Blumenberg 1971, 192; Herv. MD).

zu einem Orientierungssystem gehört und dieses anzeigt« (Blumenberg 1971, 192). Diese Suchbewegung fahndet nach einem historischen Bedeutungshintergrund, nicht nach der Anschaulichkeit von Metaphern. Blumenberg weist schließlich aber darauf hin, dass »die Latenz des Hintergrundes auch durch die vermeintliche Evidenz der Metapher gesichert und abgesichert wird (ebd.).⁴ Die Annahme einer sich durch unmittelbare Anschaulichkeit einstellenden *Klarsicht* verdeckt die Nachfrage nach etwaigen Bezugssystemen. Blumenberg warnt, dass Metaphern in der historischen Perspektivierung dazu verleiten können, auf Anschaulichkeit abzuheben. Diese Anschaulichkeit verstellt den Nachvollzug der historischen Bedingungen, die dafür verantwortlich zeichnen, dass ein Wort in einer bestimmten Wissensformation gezielt als Metapher eingesetzt wird.⁵

Für die Suche nach solchen Bezugssystemen der Rede vom Informationsstrom gilt, dass es nicht zwangsläufig einen einzelnen historischen Hintergrund der metaphorischen Rede geben muss. Grundsätzlich kann es im selben historischen Zeitraum unterschiedliche Bedeutungskontexte einer Metapher geben, die parallel nebeneinander bestehen. Eine Metapher kann außerdem, nachdem sie zu einem Begriff wurde, erneut metaphorisiert werden: »Terminologisierung und Remetaphorisierung« sind die »zwei Pole, zwischen denen Metaphern sich gleitend hin und her bewegen können.« (Gehring 2012; vgl. Blumenberg 2013, 116ff.) Dementsprechend muss sich die Rede vom Informationsstrom nicht auf eine ursprüngliche oder eigentliche Vorstellung strömenden Wassers beziehen. Es geht mir also nicht darum, ein irgendwie anschauliches *Bild* von fließendem Wasser ausfindig zu machen, das sich von der Rede vom Informationsstrom nicht ablösen ließe (vgl. Féaux de la Croix 2014, 98; Peters/Steinberg 2015, 256).⁶ Und schließlich ist in der folgenden Analyse ausschlaggebend, dass sich der jeweilige historische Hintergrund im Gebrauch der Rede vom Fließen und Strömen fortschreibt. Um diesen Hintergrund heute beschreibbar zu machen muss »das, was die Metapher potentiell schon enthält, nun dem Wort ausdrücklich hinzugefügt werden« (Blumenberg 2013, 116).

-
- 4 Blumenberg bezieht das aus dem Protokoll einer Historikertagung. Zur Diskussion steht, welchen Stellenwert die *Quellen*-Metapher für die Historiographie hat und welches die hieraus bezogenen Selbstverständlichkeiten der historischen Arbeitsweise sind. Das bezieht sich auf den Reinheitsgrad der *Quellen*. So wirkt die Metapher nach, indem sie es naheliegend erscheinen lässt, den Stellenwert historischer Quellen als ungetrübt zu verstehen (ebd., 191).
 - 5 Damit ist auch geklärt, warum die semantischen Aufladungen der Rede vom Informationsstrom in den Theorieszenen keine ernst zu nehmenden Remetaphorisierungen sind. Sie beziehen keinen historischen Rahmen ein, sondern stellen lediglich Bezüge zu Psychologie, Philosophie, Unternehmens- oder Werbevokabular her.
 - 6 Das schließt auch die Abkehr von einer Etymologie der Metapher ein (vgl. Friedrich 2015, 130-133), die nach einem singulären Ursprung der Metapher in der Geschichte ihres Gebrauchs sucht.

Da die in den beiden vorangehenden Kapiteln diskutierten Theoriearbeiten zu strömenden Informationswelten von Medienumbrüchen ausgehen, die in Zusammenhang mit der Computerisierung und teilweise auch der Kybernetik stehen, beziehe ich mich auf deren Geschichte. Als ein naheliegender Ausgangspunkt für den geschichtlichen Nachvollzug erweist sich das »Dispositiv des Digitalrechners« (Pias 2009, 268). Um die 1950er Jahre kommen in der Entwicklung digitaler Computer das Elektroingenieurwesen, die Informationstheorie und die frühe Kybernetik zusammen. Mit dieser Setzung verfolge ich keine Mediengeschichte, die computerisierte Infrastrukturen an das vorläufige Ende einer Geschichte von Kino, Fernsehen und Radio stellt (vgl. Hansen 2015). Es geht auch nicht um die Beschreibung jüngerer medientechnischer Umbrüche, wenngleich sich die Theoriearbeiten zum Informationsstrom selbst jeweils kurz nach einem solchen Umschlagpunkt verorten. Auch bewege ich mich nicht entlang einer Geschichte der Information⁷ oder des Begriffs *Informationstechnologie* (Kline 2006), ich verfolge außerdem keine Geschichte des Computers oder des Computings⁸ und keine der Kybernetik.⁹ Ich nehme die unterschiedlichen Disziplinen in den Blick, die an der Entwicklung des Computers beteiligt sind und befrage sie mit Blumenberg als historischen Hintergrund.¹⁰ Hierin kommen unterschiedliche Wissensbereiche zusammen, die dazu beitragen, dass – wenn auch spärlich – vom *Strömen* der Informationen gesprochen wird.¹¹

In den unterschiedlichen Disziplinen schenken Autor:innen in Forschungspapieren, -memoranden und Anleitungen dem Wort Informationsstrom selbst oftmals wenig Beachtung. Die in diesem Kapitel exemplarisch untersuchten Publika-

7 Zur geschichtlichen Aufarbeitung der Semantik des Informationsbegriffs im 20. Jahrhundert bis in die Gegenwart, siehe Geoghegan 2008; vgl. ders. 2016; Burkhardt 2015, 150-167; für eine umfassende historische Aufarbeitung des Informationsbegriffs, siehe Peters 1988; vgl. Nunberg 1996; zu den Ursprüngen der Informationstheorie: Ralph Vinton Lyon Hartley (1928) und Harry Nyquist (1928); exemplarisch zur zeitgenössischen Theoriegeschichte der Information, siehe Cherry 1951; zu einer philosophischen Perspektive auf Information, Floridi 2010.

8 Siehe einschlägig Haigh/Ceruzzi 2021; Campbell-Kelly et al. 2011; Stern 1979; vgl. Haigh 2018.

9 Exemplarisch Aspray 1985; Galison 2001; Pias 2003.

10 Ich lege keine chronologische Abfolge technischer Entwicklungen und Neuerungen im Kontext der Informationstheorie oder der Computerentwicklung dar, die sich ohnehin erst im Nachgang benennen lassen und Entwicklungen verkennt, die nicht Teil heute gängiger historischer Erzählungen sind (vgl. Mindell 2002, 6).

11 Die Arbeit *Control. Digitality as Cultural Logic* von Franklin (2015) wählt einen ähnlichen Weg. Seine historischen Bezugspunkte, bis zu denen sich ein (kybernetisches) Kontrolldenken zurückverfolgen lasse, sind Charles Babbages *On the Economy of Machinery and Manufactures* (Franklin 2015, 20ff.) und Herman Holleriths Lochkarten-Prinzip (ebd., 27ff.), die er über eine digitale Schaltlogik bis hin zu kontrollgesellschaftlichen Überlegungen weiterführt. Vgl. Asendorfs Unterkapitel *Zerlegung in elektrische Impulse III: Daten*, in dem er ebenfalls über Hollerith und Babbage die Vorwegnahme des »Grundaufbau[s] des modernen Computers« beschreibt (Asendorf 1989, 26ff.).

tionen verhandeln die Rede vom Strömen weder eingehend in Bezug auf ihre Bedeutung, noch setzen sie das Wort ausdrücklich als Metapher ein. Auch handelt es sich nicht um einen gut definierten Fachbegriff, das Wort wird in den unterschiedlichen Disziplinen nicht lexikalisiert. Eine metaphorische oder *bildhafte* Vorstellung von fließendem Wasser findet in Zusammenhang mit einem Informationsgeschehen in keinem dieser Wissensfelder Erwähnung. Die ingenieurwissenschaftlichen Arbeiten ziehen die Rede vom Strömen nicht heran, um eine Verlegenheit um Worte metaphorisch zu überbrücken. Stattdessen handelt es sich hier bereits, mit Blumenberg gesprochen, um eine »naturalisiert[e]« Metapher (Blumenberg 2013, 26). Die Rede vom Strömen hat sich als Metapher sprachlich schon eingeschliffen: »Hier hat die Metapher aufgehört, Metapher zu sein; sie ist ›beim Wort genommen‹, naturalisiert, ununterscheidbar von einer physikalischen Aussage geworden.« (Ebd.)

Zentral sind hierfür die Entwicklung der Schaltung elektrischen Stroms sowie die Flowchart. Die Binärschaltung regelt den elektrischen Strom, um Logikoperationen durchzuführen, und die Flowchart dient dem Zweck, erst manuelle Arbeitsvorgänge effizienter zu gestalten und später die Arbeitsschritte für Rechengänge im Computer zu organisieren. Das Strömen bezeichnet unterschiedliche Ensemble mathematischer Berechnungen, technischer Anordnungen und Praktiken. Anlehnend an Moritz Gleich, der ebenfalls mit Blumenberg argumentiert, führe ich aus, dass die Rede vom Strömen zu einem »spezifische[n] System der diskursiven Verfertigung« avanciert (Gleich 2015, 98). Sie ist damit »in den Status einer operablen Größe gerückt« (ebd., 99). Anschließend an die Überlegungen Gleichs zeige ich, dass sich mit der Rede vom Strömen »systematisch Aussagen, Kenntnisse und Praktiken verschalte[n]«. Das Strömen steht für »die Positivität eines Diskurses, der das, wovon er handelt, zugleich auch hervorbringt.« (Ebd.) Das heißt nicht, dass Unterscheidungen zwischen »Aussagen, Kenntnisse[n] und Praktiken« (ebd.) ineinander kollabieren und die Rede vom Strömen in eine Passung mit bestimmten Operationen der Binärschaltung, der Flowchart oder des Computers überführt wird. Die Rede vom Strömen bezeichnet ein *geregelt*es Strömen, das mathematische Berechnungen, Technik und Praktiken herstellen.

Das Stromvokabular bildet in Zusammenhang mit der elektrischen Schaltung im Speziellen, dem Vokabular des Elektroingenieurswesens im Allgemeinen sowie der Flowchart die Ausgangsbedingung, dass die Rede vom geregelten Strömen im Rahmen der Entwicklung des digitalen Computers an die Verarbeitung und Übertragung von Informationen gebunden wird. Die Semantik der Rede vom Strömen kommt zur Deckung mit einem Kalkül, das sich zunächst auf ein berechenbares Informationsgeschehen im Computer bezieht und sich ab den 1960er Jahren mit der Popularität der Kybernetik in unterschiedlichsten Wissensfeldern entfaltet. Beim geschichtlichen Hintergrund der Rede vom Strömen handelt es sich um ein übergreifendes ingenieurwissenschaftliches Kalkül der Regelung.

Die Auswahl an Texten, über die ich diesen Hintergrund der Rede von strömenden Informationen herausarbeite, ist keineswegs unproblematisch. Bei den untersuchten Texten handelt es sich vorwiegend um nordamerikanische Veröffentlichungen im Bereich des Ingenieurwesens und der Kybernetik, die fast ausschließlich von männlichen Autoren verfasst wurden. Hinzu kommt, dass ich nicht gezielt alternative historische Erzählungen anstrebe, wie sie jüngst beispielsweise für die Geschichte der Computerentwicklung in Sybille Krämers Band zu *Ada Lovelace. Die Pionierin der Computertechnik und ihre Nachfolgerinnen* (2015), Thomas Haigh und Mark Priestleys *Innovators Assemble: Ada Lovelace, Walter Isaacson, and the Superheroines of Computing*¹² (2015), oder Nathan Ensmengers *The Computer Boys Take Over* (2010) vorgelegt wurden.¹³ Die folgende von einer historischen Fragestellung geleitete Untersuchung leistet keinen direkten Beitrag zu einer kritischen Befragung der herangezogenen Textquellen sowie ihrer Rezeption nach den Anforderungen heute gängiger Maßstäbe wissenschaftlichen Arbeitens.¹⁴ Problematisch ist die im Folgenden beschriebene Geschichte, weil sie bewusst konservativ erzählt wird und sie die insbesondere in der Kybernetik und im Zusammenhang mit Kriegstechnik entworfenen Steuerungsphantasien unterstreicht (vgl. Peters 1988, 17). Jedoch erweist sich die folgende historische Skizzierung deshalb als notwendig, weil sie zeigt, dass die herangezogenen Arbeiten und die darin eingeschriebenen Vorstellungen eines Kalküls der Regelung noch gegenwärtig wirksam sind. Das betrifft auf das kultur- und medienwissenschaftliche Schreiben über digitale Kulturen. Vorstellungen eines spezifisch *kybernetischen* Kontrollkalküls bestimmen noch heute maßgeblich mit, was mit Informationsübertragung gemeint ist, wenn von deren Strömen gesprochen wird. Und das gilt insbesondere dort, wo medienwissenschaftliche Arbeiten der Kybernetik eine Wirksamkeit attestieren, die bis in die Gegenwart reicht. So schlussfolgert etwa Pias:

12 Siehe dazu auch *Eniac in Action* von Haigh, Priestley und Rope (2016), insbesondere ab 71ff.

13 Ensmenger schreibt vornweg: »The story of the computer boys begins, intriguingly enough, with a group of women.« (Ensmenger 2010, 14) Siehe weiter beispielweise Janet Abbates *Re-coding Gender* (2012), Margot Lee Shetterlys *Hidden Figures* (2016) oder Joy Lisi Rankins *A People's History of Computing in the United States* (2018). Siehe jüngst den Band *Your Computer is on Fire* (Mullaney et al. 2021) und das Big-Data-Glossar *Uncertain Archives* (Thylstrup et al. 2021). Für eine kollaborative erstellte Bibliografie zur Geschichte von Technik, insbesondere unter dem Aspekt von Antirassismus, siehe: <https://www.historyoftechnology.org/doing-history-of-technology/Bibliography%20for-doing-antiracist-history-of-technology/> (letzter Zugriff 31.05.2022).

14 Gerade was den Einbezug forschender Personen angeht verstehe ich darunter – in Anschluss an die Kriterien der Einladung von Gastwissenschaftler:innen am Lüneburger *Digital Culture Research Labs* – ein ausgewogenes Geschlechterverhältnis, den Einbezug sowohl oft zitierter und bislang weniger bekannter wissenschaftlicher Positionen, wie zuletzt auch ein gutes Verhältnis junger akademischer sowie bereits etablierter wissenschaftlicher Positionen.

So wird man nicht nur die Fragen nach einer Veränderung der ›Regierungsmentalität‹ oder einem ›Ende der Arbeit‹, sondern auch die Diskussionen um den Zusammenhang zwischen Technologie und Sozialem (unter Schlagworten wie ›electronic government‹ oder ›Netzwerkgesellschaft‹) im Horizont jener Kybernetik der 50er und 60er Jahre betrachten müssen, deren Archäologie zugleich die unserer Gegenwart ist. (Pias 2004, 36)

Über solche bewusst *kybernetisch* zugerichteten Gegenwartsdiagnosen hinausgehend wiederholen jedoch auch Beschreibungen einer durch strömende Informationen hervorgebrachten Welt im Fluss jenen Bedeutungshintergrund eines Kalküls der Regelung. All das, was Teil einer Welt ist, deren Kernmerkmal geregelte Ströme von Informationen sind, wird selbst zu einem regelbaren Element. Ziel des Kapitels ist es, den historischen Hintergrund der Rede vom Informationsstrom herauszuarbeiten. Die Grundlage bietet die Untersuchung der Bedeutungen und sprachlichen Funktionen der Rede vom Strömen in der Kybernetik sowie im Rahmen der Flowchart und der Binärschaltung, die ergänzt werden vom Nachvollzug der Entwicklung des Stromworts im Nachgang der Kybernetik erster Ordnung.

4.1 Kybernetik 1940/1950: Informationsströme in der Wissenschaft der Kontrolle

Der Einsatzpunkt der historischen Untersuchung ist zunächst die Kybernetik als Wissenschaft der Kontrolle. Ich folge neben der Verbindung der Rede vom Informationsstrom mit einem als kybernetisch ausgewiesenen Kapitalismus auch der Annahme, dass das Wort selbst der Kybernetik entspringe.¹⁵ Mit Kybernetik ist in erster Linie eine Forschungsgemeinschaft der Nachkriegszeit angesprochen, deren Mitglieder aus unterschiedlichen Disziplinen wie Mathematik und Neurowissenschaft, Philosophie, Elektroingenieurswesen und Medizin stammen (vgl. Aspray 1985).¹⁶ Neben Claude Shannon, Norbert Wiener und John von Neumann führt der Wissenschaftshistoriker William Aspray zudem Warren McCulloch, Walter Pitts und Alan Turing als zentrale Figuren an. Jeder von ihnen ist mit den Arbeiten der jeweils anderen vertraut, einige stehen in engem Austausch miteinander.¹⁷ Alle verbindet, dass sie an derselben Fragestellung interessiert sind:

15 Zur Verbindung von Kybernetik und der Rede vom Strömen der Informationen: Beniger 1986, 8; Colomina 2001, 16; Geoghegan 2008, 70; Hayles 1999, 53f.; Kline 2015, 12; Schmitt 2016b. Hierauf komme ich später im Detail zurück.

16 Siehe exemplarisch Claus Pias Herausgabe der Protokolle der Macy-Konferenzen (2003) und die Einleitung in den zweiten Band: *Zeit der Kybernetik – Eine Einstimmung* (2004); siehe weiter Ronald Klines *The Cybernetics Moment* (2015); vgl. ders. 2006; Galison 2001.

17 Siehe hierzu Aspray 1985, 118; Anm. 2 und 4.

The seminal idea was that an interdisciplinary approach is appropriate to solve problems in both biological and physical settings in cases where the key to the problems is the manipulation, storage, or transmission of information and where the overall structure can be studied using mathematical tools. (Ebd., 118)

Claus Pias ergänzt durch die Schlüsselbegriffe »Schaltalgebra, Informationstheorie und Feedback« die »drei grundlegenden Konzepte der Kybernetik«, die wiederum alle auf »Digitalität« gründen (Pias 2004, 14).¹⁸

Die Rede vom Strömen nimmt im Zusammenhang mit Informationsverarbeitung und -übertragung in den 1940er Jahren zunächst eine untergeordnete Funktion ein. Das ändert sich erst Mitte der 1950er Jahre. Entsprechend finden sich in den frühen Jahren der Kybernetik nur wenige Stellen und Passagen, in denen überhaupt vom Strömen der *Informationen* gesprochen wird. Zudem handelt es sich nicht um eine gezielt eingesetzte Metapher, die auf eine Verlegenheit antworten würde, sondern das Strömen ist bereits naturalisiert. Die Bildung des Kompositums *Informationsstrom* hat keine lange Geschichte. Sie erweist sich dafür als recht heterogen und in sich verzweigt. Dies wiederum macht die Darstellung im Sinne eines Gesamtüberblicks im Rahmen dieser Arbeit nahezu unmöglich. Daher zeige ich anhand einiger Texte nur schlaglichtartig wichtige Stationen in dieser Geschichte auf. Dazu zählen zunächst Norbert Wiener (1968 [1948]), Claude Shannon (2001 [1948]) sowie Shannon mit Warren Weaver (1976 [1949]), die als kanonisierte Wegbereiter der Kybernetik und der Informationstheorie gelten.¹⁹ Ihnen ist gemein, dass sie Information statistisch fassen, wodurch sie mathematisch berechenbar wird.

Den Beginn der historischen Skizzierung bildet Shannons *A Mathematical Theory of Communication*, die 1948 im *The Bell System Technical Journal* veröffentlicht wurde. Ein Jahr später wird derselbe Text nur unwesentlich verändert in einem Buch mit dem fast identischen Titel *The Mathematical Theory of Communication* (1949) erneut abgedruckt. Allein der Artikel ist geändert, um den Stellenwert des vorgelegten Texts zu erhöhen. Das Buch enthält einen zusätzlichen Text von Weaver, der als Einführung in die Kommunikationstheorie sowie als allgemeine Hinführung zu dem gele-

18 »Digitalität« lässt sich mit Pias auf eine Differenzlogik, ihre universale Anwendbarkeit und Wahrscheinlichkeit beziehen, das heißt »universal[e] Symbolmanipulation«, »binär[e] Operationen«, Statistik und »Ereigniswahrscheinlichkeiten« (Pias 2004, 14). Sie sind zugleich Gegenstand ständiger diskursiver Aushandlungen. Pias schreibt zur Frage des Digitalen im Hinblick auf die Macy-Konferenzen: »Vom ersten bis zum letzten Gespräch wirbeln die regelmäßig wiederkehrenden Unterhandlungen um ›analog‹ und ›digital‹ jedes Mal neue Begriffs-paare an die Oberfläche: Entropie versus Information, kontinuierlich versus diskontinuierlich, linear versus nichtlinear, Ereignis versus Wiederholung, Wahrscheinlichkeit versus Unwahrscheinlichkeit, Reales versus Symbolisches, Natur versus Artefakt usw.« (Ebd., 14f.).

19 Beispielsweise bezieht Robert M. Fano, der vor allem für seine Arbeiten zur Informationstheorie bekannt ist, die »Entwicklung der Kommunikationstheorie«, die er im ersten Kapitel *Die Übertragung von Information* behandelt, auf Wiener und Shannon zurück (Fano 1961, 1).

sen werden kann, was Shannon schließlich mathematisch ausführt (vgl. Shannon/Weaver 1976). Shannon und Weaver heben den Stellenwert der Information hervor. Für ihre nachrichtentechnische Bestimmung von Information ist ausschlaggebend, dass sie zwischen dem Übertragenen und seiner Bedeutung unterscheiden.²⁰ Weaver schreibt in seinem Beitrag: »Information in der Kommunikationstheorie bezieht sich nicht so sehr auf das, was gesagt wird, sondern mehr auf das, was gesagt werden könnte. Das heißt, Information ist ein Maß für die Freiheit der Wahl, wenn man eine Nachricht aus anderen aussucht.« (Weaver 1976, 18) Als Einheit der Information wählen sie das »Bit« (ebd., 19), das als wichtiger Bezugspunkt der Institutionalisierung der Informationswissenschaft gilt.²¹ Information wird nach wissenschaftlichen Maßgaben definiert. »To make communication theory a scientific discipline«, ergänzt Aspray, »Shannon needed to provide a precise definition of information that transformed it into a physical parameter capable of quantification.« (Aspray 1985, 119)²² Information bestimmt Shannon somit aufbauend auf den frühen Arbeiten zur Informationstheorie der Ingenieure Hartley (1928) und Nyquist (1928) als eine berechenbare physikalische Variable.

Shannon und Weaver beschreiben die Informationsübertragung aber nicht ausdrücklich als strömend. Das schließt zugleich nicht aus, dass sich dennoch Textstellen finden, in denen sich Stromvokabular findet. Gleich zu Beginn zeigt sich das im vielfach herangezogenen Kommunikationsdiagramm Shannons. In der Erläuterung der Komponenten spricht er bei der Erklärung des »Senders« vom elektrischen Strom: »A transmitter which operates on the message in some way to produce a signal suitable for transmission over the channel.« (Shannon 2001, 4; Herv.

20 Zur Genese des Informationsbegriffs der Bell-Ingenieure Hartley (1928) und Nyquist (1928) bis zu Shannon und Weaver, siehe Weavers einleitende Anmerkung (Shannon/Weaver 1976, 11; Anm. 1; Shannon 2001, 3; Anm. 1 und 2; vgl. Aspray 1990, 174f.)

21 John Durham Peters bringt Shannons Kommunikationstheorie mit Witz und Scharfsinn auf den Punkt: »Claude Shannon's *Mathematical Theory of Communication* (1948) was many things to many people. It gave scientists a fascinating account of information in terms of the old thermodynamic favorite, entropy, gave AT&T a technical definition of signal redundancy and hence a recipe for ›shaving‹ frequencies in order to fit more calls on one line, and gave American intellectual life a vocabulary well suited to the country's newly confirmed status as military and political world leader.« (Peters 2000, 23; Herv. i.O.)

22 Aspray untersteicht: Shannon »accomplished this transformation by distinguishing information from meaning. He used ›information‹ to refer to the number of different possible messages that could be carried along a channel, depending on the message's length and on the number of choices of symbols for transmission at each point in the message. Information in Shannon's sense was a measure of orderliness (as opposed to randomness) in that it indicated the number of possible messages from which a particular message to be sent was chosen. The larger the number of possibilities, the larger the amount of information transmitted, because the actual message is distinguished from a greater number of possible alternatives.« (Aspray 1985, 119f.)

i.O.) Dies führt er unter anderem am wenig komplexen, aber anschaulichen Beispiel der Telefonie aus: »In telephony this operation consists merely of changing sound pressure into a proportional electrical current.« (Ebd.) Das zu übertragende Signal wird hergestellt, indem es in elektrischen Strom gewandelt wird. Diese Umwandlung beschränkt sich nicht auf jene von gesprochener Sprache in elektrische Ströme, sondern findet sich ähnlich in der Telegrafie: »In telegraphy we have an encoding operation which produces a sequence of dots, dashes and spaces on the channel corresponding to the message.« (Ebd.)²³ Shannon beschreibt nicht ein Strömen von Informationen, sondern die Codierung eines Signals in Form von elektrischem Strom und dessen anschließender Übertragung durch einen Kommunikationskanal. Das ist soweit weder überraschend noch ungewöhnlich. Auch in der deutschen Übersetzung dieser Stelle ist nicht die Rede von strömenden Informationen: »In der Telegraphie haben wir eine Codieroperation, die eine Folge von Punkten, Strichen und Leerstellen im Kanal erzeugt, die der Nachricht entsprechen.« (Ders. 2000a, 12) Mehr Gewicht kommt einer Stelle zu, in der Weaver in einer Erklärung des Senders fast wörtlich dasselbe Beispiel aufnimmt. In einer allgemeineren Beschreibung vorweg hält er fest: »In telegraphy, the transmitter codes written words into sequences of interrupted currents of varying lengths (dots, dashes, spaces).« (Weaver 1998, 7) Erstaunlich ist nicht, dass er dieses Beispiel wählt, sondern welche Lesart diese leichte Abweichung zu Shannon ermöglicht. Sie zeigt sich in der deutschsprachigen Übersetzung: »In der Telegrafie verschlüsselt der Sender die geschriebenen Worte in Folgen von unterbrochenen Strömen verschiedener Länge (Punkte, Striche, Zwischenräume).« (Ders. 1976, 16) Verglichen mit Shannon steht eine codierte »Folge von Punkten, Strichen und Leerstellen im Kanal« (Shannon 2000a, 12) den »Folgen von unterbrochenen Strömen« gegenüber (Weaver 1976, 16).²⁴ Zwar lässt sich bei Weaver im Kontext der ganzen Textstelle eindeutig ablesen, dass er von elektrischem Strom spricht.²⁵ Nicht abwegig – oder zumindest nicht ausgeschlossen – ist jedoch eine Lesart, dass unterbrochene Ströme übertragen werden. Wenn aber vom Strömen gesprochen wird, handelt es sich ausdrücklich um elektrische Ströme, die für die De- und Recodierung der Nachricht in das Signal und umgekehrt

23 Shannon führt weiter das »Multiplex PCM System« sowie »Vocoder-Systeme, Fernsehen und Frequenzmodulation« an (Shannon 2000a, 12).

24 Auch deutet sich bereits an, dass die Gegenüberstellung eines metaphorischen Strömens mit einer nicht-metaphorischen Unterbrechung nicht aufgeht. (Elektrische) Ströme beschreibt er als nicht kontinuierlich.

25 »Der Sender übersetzt diese *Nachricht* in das *Signal*, welches dann über den *Übertragungskanal* vom Sender zum *Empfänger* übertragen wird. Im Fall der Telefonie ist der Kanal ein Draht, das Signal ein sich ändernder elektrischer Strom in diesem Draht; der Sender ist die Anlage (Telefonapparat usw.), die den Schalldruck der Stimme in einen sich ändernden elektrischen Strom übersetzt.« (Weaver 1976, 16; Herv. i.O.)

genutzt werden.²⁶ Dass die Autoren allgemeiner das Strömen auf die Übertragung selbst beziehen oder sogar als eine gezielt eingesetzte Beschreibungsressource für das Kommunikationsmodell nutzen, trifft weder bei Weaver noch bei Shannon zu.

In *A Mathematical Theory of Communication* nennt Shannon die Rede vom Strömen ein einziges Mal in Zusammenhang mit Information. Er bezieht dies zunächst nicht auf die Übertragung der Informationen, sondern auf die Codierung oder vielmehr die Produktion der Information durch eine »Quelle«: »We are now in a position to define a rate of generating information for a continuous source.« (Shannon 2001, 49)²⁷ In dem Zusammenhang errechnet Shannon die »rate of flow of binary digits« (ebd., 50), was sich am ehesten mit »Durchflussrate« übersetzen lässt. Sie bezieht sich auf die »Übertragungsrate in bits pro Sekunde« (»rate of transmission«; ebd.). Nahe liegt, den Flow und die Übertragung synonym zu verstehen, wie es auch die deutsche Übersetzung stützt. An dieser Stelle bezeichnet der Flow die »Übertragungsrate von Binärzeichen« (Shannon 2000a, 91). Diese Übertragung meint dann kein ununterbrochenes Übertragungsgeschehen; sondern die Rate verweist darauf, dass die bits *Stück für Stück* übertragen werden. Die Rede vom Strömen oder vom Flow kann an dieser Stelle zwar mit der Übertragung als gleichbedeutend gelesen werden.²⁸ Da es aber nur eine Stelle hierzu gibt, erweist sich dies aus Sicht des heute ubiquitären Gebrauchs des Strömens von Informationen nicht als belastbarer Bezugspunkt.

Hinzu kommt, dass weniger die Überwindung einer Distanz im Vordergrund steht. Als weitaus wichtiger erweisen sich die Codierung und das Einspeisen von Nachrichten in den Kanal unter Berücksichtigung seiner physikalischen Auslastungsgrenzen. Es handelt sich um die Berechnung der Übertragung im Sinne eines Kalküls, insofern sie die größtmögliche und effizienteste Nutzung von Kanalkapazitäten bezeichnet (vgl. Burkhardt 2015, 158; Anm. 19). Deshalb gibt es auch keine unkontrollierte Übertragung. Dies unterstützt Shannons Definition des Kanals, der *lediglich* der Übertragung diene: »The channel is merely the medium used to transmit

26 Ein Schluss auf kontinuierliche oder diskrete Übertragung ist unzulässig, da Shannon zwischen kontinuierlichen, diskreten und gemischten Formen der Signalübertragung unterscheidet: »We may roughly classify communication systems into three main categories: discrete, continuous and mixed. By a discrete system we will mean one in which both the message and the signal are a sequence of discrete symbols. A typical case is telegraphy where the message is a sequence of letters and the signal a sequence of dots, dashes and spaces. A continuous system is one in which the message and signal are both treated as continuous functions, e.g., radio or television. A mixed system is one in which both discrete and continuous variables appear, e.g., PCM transmission of speech.« (Shannon 2001, 4f.)

27 Zur ebenfalls nicht-metaphorischen Rede von Quellen und Senken siehe später.

28 Zugespielt: Ohne Flow nicht nur keine Übertragung, sondern auch keine Information. Danke an Thomas Haigh für diesen Hinweis während der Summer School *Historiographies of Digital Cultures* (16.-19.09.2018) in Lüneburg.

the signal from transmitter to receiver. It may be a pair of wires, a coaxial cable, a band of radio frequencies, a beam of light etc.» (Shannon 2001, 4; Herv. i.O.) Der Kanal, der keineswegs metaphorisch zu verstehen ist, transportiert bei Shannon keine *Ströme*. Dass der Rede vom Fließen und Strömen keine gesonderte Rolle zukommt,²⁹ lässt sich schließlich exemplarisch in Asprays Fazit zur Geschichte des kybernetischen Informationsbegriffs ablesen:

Shannon initiated a new science of information by providing a precise definition of information, a way of measuring it, and theoretical results about the limits of its transmission. His efforts resulted in a theory of communication sufficiently general to treat of any sort of transmission of information from one place to another in space or time. (Aspray 1985, 137)

Anstelle vom Strömen der Information zu sprechen beschreibt Aspray eine Übertragung, die sich als Bewegung zwischen zwei Orten beziehungsweise in der Zeit ereignet. Der »Kanal« markiert dagegen die *Übertragung* von Information (»carried along a channel«; ebd., 119) als Bewältigung einer Distanz in einer gewissen Zeit.³⁰ Umgekehrt zeigt dies, dass die Information selbst zwar mathematisch berechenbar wird, aber die Rede von deren Strömen keine Rolle spielt.³¹ Informationsübertragung findet in einem Kanal statt, sie wird aber nicht als strömend bezeichnet. Quelle, Übertragungsrate und Kanal sind auch in Shannons *Communication in the Presence of Noise* zentrale Begriffe der Informationsübertragung (Shannon 1949). Doch die Rede vom Strömen wird nicht eingesetzt. Sie wird weder gezielt als Metapher noch als Fachbegriff verwendet, der die Übertragung von Information näher spezifizierte. Dass keine Notwendigkeit zu bestehen scheint, die Übertragung selbst gezielt mit der Rede vom Fließen und Strömen oder einer Metaphorik treffend zu beschrei-

29 Hartley (1928) und Nyquist (1928) selbst sprechen von der Übertragung von Signalen als Information, nicht aber von Informationsströmen. Deutlich wird darin auch die Quantifizierung von Information wie bei Shannon: »When we speak of the capacity of a system to transmit information we imply some sort of quantitative measure of information.« (Hartley 1928, 536)

30 Dass es Shannon nicht um die Bedeutung von Information geht, macht er gleich zu Beginn klar: »Frequently the messages have meaning; that is they refer to or are correlated according to some system with certain physical or conceptual entities. These semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering problem.« (Shannon 2001, 3)

31 Dies zeigt sich auch bei Amiel Feinstein, Informationstheoretiker am MIT und Autor von *Foundations of Information Theory* (1958), der Mitte der 1950er auch gemeinsam mit Shannon publizierte. In der Publikation *A New Basic Theorem of Information Theory* (1954) unterstreicht seine bewusst vereinfachende Darstellung des Kanals: »By a communication channel we mean, in simplest terms, an apparatus for signaling from one point to another.« (Feinstein 1954, 2; Herv. MD)

ben, untermauert das *Institute of Radio Engineers*.³² In den erst gut zehn Jahre nach Shannon und Weavers Veröffentlichungen erscheinenden *Standards on Information Theory* (1958) findet sich weder eine Definition des Informationsstroms noch die Rede vom Strömen. Das entsprechende Komitee, darunter die beiden einflussreichen Informationstheoretiker Robert Fano und Peter Elias, definieren dagegen etwa das Bit, den Kanal, die Informationsrate oder die Übertragung von Information, die als »Transinformation« beschrieben wird.³³

Angesichts der derzeit allgegenwärtig gebrauchten Rede von strömenden Informationen und ihrer geschichtlichen Verankerung in der frühen Kybernetik, ist ihr Ausbleiben bei Shannon zunächst irritierend. Ein Hinweis darauf, dass sich das Strömen der Informationen als fester Terminus möglicherweise erst nach einiger Zeit konsolidiert hat und rückwirkend eingeschrieben wird, findet sich wiederum bei Aspray. Zur Informationsverarbeitung und ihrer Theoretisierung schreibt er an anderer Stelle: »Shannon gave abstract definitions of the components of a communication system (source, transmitter, channel, receiver, destination) and general theorems about the theoretical limits on the capacity of information flow along a channel subject to noise.« (Aspray 1990, 174) Spielt das Strömen bei Shannon selbst im Rahmen der Nachrichtentechnik so gut wie keine Rolle, zählt Aspray das Wort Informationsstrom bereits zum Kernbestand von Shannons Kommunikationstheorie. Der Flow sei das, was zwischen den Komponenten des Kommunikationssystems stattfindet und der zudem ausschlaggebend sei für die Steigerung der »Kapazität«, also die Kanalauslastung oder die Menge an zu übertragenden Informationen (ebd.). Bemerkenswert ist, dass Aspray selbst noch fünf Jahre zuvor davon absieht, die Rede vom Fließen in Zusammenhang mit der Übertragung von Information zu verwenden.

Mitte der 1950er Jahre kommt dem Strömen im Rahmen der Kybernetik selbst eine größere Bedeutung zu. Das Wort nimmt in Zusammenhang mit Informationsübertragung im Text *A Note on the Maximum Flow Through a Network*, den Shannon gemeinsam mit Peter Elias und Amiel Feinstein verfasst (1956), eine wichtige Funktion ein.³⁴ Der Unterschied zu den vorangegangenen Arbeiten ist, dass Informati-

32 Zur institutionellen Geschichte der IRE, der AIEE sowie der IEEE, die aus den ersten beiden hervorgeht, siehe: <https://www.ieee.org/about/ieee-history.html> (letzter Zugriff 31.05.2022).

33 In den Standards lautet die Definition: »Transinformation (of an output symbol about an input symbol). The difference between the *Information Content* of the input symbol and the *Conditional Information Content* of the input symbol given the output symbol.« (IRE Standards on Information Theory 1958, 1648; Herv. i.O.) Die Proposition trans- stützt auch hier die gängige Auffassung, dass Informationen von einem Ort zum anderen übertragen werden.

34 Siehe zur Diskussion des »maximum flow« weiterführend Lester Ford und Delbert Fulkersons Paper *Maximal Flow Through a Network* (1956) und später die Monografie *Flows in Networks* (1962), die beide auf Elias/Feinstein/Shannon (1956) aufbauen. Elias et al. verweisen ihrer-

onsübertragung innerhalb eines verteilten Kommunikationsnetzes berechnet wird. Das Netz hat, wie Abbildung 1 zeigt, einen Input auf der einen und einen Output auf der anderen Seite, die Wege von *Quelle* zu *Senke* können unterschiedlich sein. Was durch dieses Netzwerk transportiert wird, beschränkt sich aber nicht auf Informationen. »The branches of the network«, erklären die Autoren, »might represent communication channels, or, more generally, any conveying system of limited capacity as, for example, a railroad system, a power feeding system, or a network of pipes« (Elias et al. 1956, 117). Die Autoren bilden anhand eines Graphen die Übertragungskanäle dieses Netzwerks ab und bezeichnen das, was darin transportiert wird, ausdrücklich als strömend. Der Pfad dessen, was in diesem Netzwerk transportiert wird, hängt davon ab, ob Kapazitäten verfügbar sind.

Abb. 1 – Netzwerkfluss

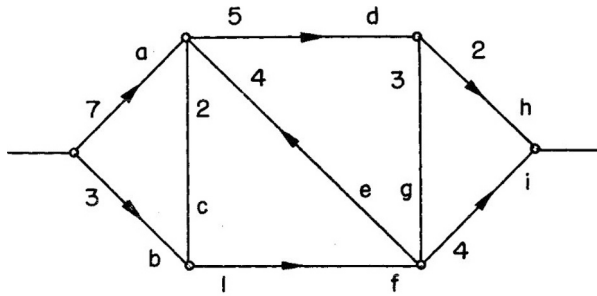


Fig. 1

Quelle: Elias et al. 1956, 117.

Für jeden Übertragungsweg oder Kanal bestimmen die Autoren die größtmögliche Auslastung: »[I]n each case it is possible to assign a definite maximum allowed rate of flow over a given branch.« (Ebd.; Herv. MD) Bei Shannon bezeichnete das Strömen zunächst noch die größtmögliche und zulässige Menge an Informationen, die

seits in ihrem Paper auf die noch nicht veröffentlichte Publikation von Ford/Fulkerson 1954. Siehe auch den Mathematiker Seifollah Louis Hakimi, der in *Simultaneous Flows Through a Communication Network* (1962) an beide Arbeiten anschließt. Leonard Kleinrock nimmt alle vorangehenden Positionen in seiner Monografie *Communication Nets* als Ausgangspunkte seiner Diskussion des Flows auf (Kleinrock 1964, 7). Die Ursprünge liegen nicht ausschließlich in Kommunikationsnetzen. Ford und Fulkersons Monografie verweist eingangs darauf, dass das mathematische Problem aus der Beschäftigung mit »Transport- oder Kommunikationsnetzwerken« hervorgeht (Ford/Fulkerson 1962, 1) und beziehen sich auf das RAND Memorandum *Fundamentals of a Method for Evaluating Rail Net Capacities* (Harris/Ross 1955).

innerhalb eines Kanals jeweils übertragen werden kann. Bei Elias et al. (1956) bezieht sich der Flow ebenfalls auf die maximal zulässige Menge an Informationen, Zügen oder Energie, die sich aus der materiell-physischen Begrenztheit der Kanäle ergibt, durch die jeweils übertragen wird. Die Übertragung erfolgt abhängig vom Pfadcharakter sowohl in eine Richtung als auch beidseitig.³⁵ Für die weitere Bestimmung, was die Rede vom Strömen bedeutet, gibt die Aufgabe der Knotenpunkte des Netzwerks weiter Aufschluss: »At the nodes or junction points of the network, any redistribution of incoming flow into the outgoing flow is allowed, subject only to the restriction of not exceeding in any branch the capacity, and of obeying the Kirchhoff law that the total (algebraic) flow into a node be zero.« (Ebd.) Die Kirchhoff'schen Regeln gehen auf den Physiker Gustav Robert Kirchhoff zurück, der Mitte des 19. Jahrhunderts Gesetze für elektrische Stromkreise aufstellte. Der Physiker Károly Simonyi fasst anschaulich zusammen:

Die erste Kirchhoffsche Regel oder Knotenregel lautet: Die Summe der sich in einem Knotenpunkt treffenden Ströme ist gleich Null. Bei der Summenbildung werden die dem Knotenpunkt zufließenden Ströme mit negativem, die abfließenden Ströme mit positivem Vorzeichen versehen. (Simonyi 1990, 335)

Die Summe der elektrischen Eingangsströme muss abzüglich der aus dem Knoten abgehenden Ströme Null ergeben. Dies hat zur Folge, dass an einzelnen Knotenpunkten die Weiterleitung von elektrischem Strom, Informationen oder von Zügen mithin verzögert oder unterbrochen werden muss, um einen reibungslosen Betrieb des gesamten Netzes gewährleisten zu können. Das gilt insbesondere für den »Informationsstrom«. Hierzu halten die Autoren weiter fest: »Note that in the case of information flow, this may require arbitrarily large delays at each node to permit recoding of the output signals from that node.« (Elias et al. 1956, 117) Aus dieser Codierungsfunktion der Knoten ergibt sich die Problemstellung: »The problem is to evaluate the maximum possible flow through the network as a whole, entering at the left terminal and emerging at the right terminal.« (Ebd.) In diesem Sinne liegt der Fokus weitaus mehr auf der Regelung der Ströme selbst, nicht nur deren Bedingungen. Die Übertragung *ist* der geregelte Flow, der sich wiederum aus der Summe einzelner geregelter Flows innerhalb der Netzwerkpfade und in Abhängigkeit der höchsten Netzlast ergibt.³⁶

35 »The links may be of two types, either one directional (indicated by arrows) or two directional, in which case flow is allowed in either direction at anything up to maximum capacity« (Elias et al. 1956, 117).

36 Zur zweiten Regel, »die Maschenregel: Betrachtet man in einem allgemeinen Netzwerk einen beliebigen geschlossenen Kreis, so ist die Summe der »elektromotorischen Kräfte« (der inneren Spannungen) gleich der Summe der Spannungsabfälle an den Widerständen. Dabei müssen natürlich die entsprechenden Vorzeichen berücksichtigt werden.« (Simonyi 1990, 335)

Die Publikation von Elias, Feinstein und Shannon (1956) beschreibt die zwischen einem Sender und Empfänger übertragenen Informationen, die den Weg der zwischen ihnen liegenden Kanäle nehmen müssen, als Flow. Dieser Strom ist mathematisch berechenbar und kann nicht ungeregelt fließen, weil er den Beschränkungen des Netzwerks unterliegt. Entweder er fließt geregelt, oder er fließt nicht. Vorgänge des Verzögerns des Flows durch die Knotenpunkte gehen in die Beschreibung der Übertragung als strömend mit ein. Dieses Kalkül beschreibt Techniken, die mit der Regelung der Informationsübertragung zusammenhängen. Die Knotenpunkte passen die Weiterleitung und Verzögerung von Information an das gesamte Netz an.³⁷ Somit verweist das Strömen noch in einem weiteren Sinne auf seine Berechenbarkeit. Das betrifft die unterschiedlichen Ebenen, in denen er beschrieben wird. Das Strömen bezeichnet sowohl einzelne Übertragungen von Informationen zwischen den Knotenpunkten des Übertragungsnetzes, als auch die zu berechnende, größtmögliche Menge an Information, die durch ein verteiltes Netz übertragen werden kann. Beide Ebenen sind voneinander abhängig. Bei der Rede vom Strömen handelt es sich nicht um eine Metapher oder ihre Interpretation als Sprachbild. Zutreffend ist, dass der Flow ein Übertragungsgeschehen bezeichnet, das mathematisch berechenbar ist.

In den herangezogenen Textpassagen nimmt die Rede vom Strömen der Informationen nur eine marginale Rolle ein. Bei Weaver wird der Zusammenhang von elektrischem Strom und Informationsübertragung angedeutet, in der Publikation von Elias, Feinstein und Shannon ist das Strömen eine berechenbare Variable der Informationsübertragung in Netzwerken mit mehreren Pfaden beziehungsweise Kanälen. Ströme bezeichnen die Übertragung als Produkt von Berechnungen, die sich auf die Beschränkungen des jeweiligen Netzwerks beziehen. Sie werden nicht als Metapher, sondern als mathematische Größe verhandelt, sie sind »ununterscheidbar von einer physikalischen Aussage« und damit bereits »naturalisiert« (Blumenberg 2013, 26). Die Rede vom Strömen ist kein Kürzel eines kontinuierlichen und einheitlichen Informationsgeschehens, da das Wort sowohl die Einschränkungen der Übertragung, als auch die Teilströme in Bezug zum gesamten Netzwerk umfasst.

37 Zur Beschreibung der Übertragung in verteilten Computernetzen der 1960er, siehe später im Kapitel.

Die Rede vom Strömen bei Norbert Wiener

Norbert Wiener hegt eine andere Vorstellung von Information und entsprechend auch von deren Übertragung.³⁸ In seinen Arbeiten zeichnet sich zunächst der nicht-metaphorische Gebrauch der Rede vom Strömen ebenfalls deutlich ab. Angeregt von Shannons Veröffentlichungen spricht er in *Kybernetik* (1968) zunächst noch von unterschiedlichen Strömen, die vorwiegend aus der Elektrizität stammen. Neben »elektrische[n] Ströme[n]« und dem »Fluß der Elektrizität«, der »nicht ein kontinuierlicher« sei (Wiener 1968, 13; ebd., 215),³⁹ führt Wiener auch den Zeitstrom an.⁴⁰ Hierbei handelt es sich nur um einzelne Stellen, in denen die Rede vom Strömen zwar genannt wird, eine systematische Auseinandersetzung mit dem Wort selbst jedoch ausbleibt. Dies ändert sich mit der »Nachrichtentechnik«, für die er festhält: »In Wirklichkeit kann sich die Nachrichtentechnik mit Strömen jeder beliebigen Stromstärke und mit der Bewegung von Maschinen, die kräftig genug sind, massive Geschütztürme zu drehen, beschäftigen.« (Ebd., 13; vgl. ebd., 63ff.)⁴¹ Handelt es sich hier ebenfalls um elektrische Ströme, findet im Rahmen der Theoriebildung zur Nachrichtentechnik allerdings eine Umstellung statt. Er führt dazu aus:

In einer solchen Theorie befassen wir uns mit Automaten, die tatsächlich mit der Welt außerhalb nicht nur durch ihren Energiefluß, ihren Stoffwechsel verbunden sind, sondern auch durch einen Strom von Eindrücken, von hereinkommenden Nachrichten und durch Aktionen hinausgehender Nachrichten. Die Organe, durch die Eindrücke empfangen werden, sind die Äquivalente der menschlichen und tierischen Sinnesorgane. (Ebd., 67)⁴²

-
- 38 Die beiden Informationsbegriffe von Shannon und Wiener unterscheiden sich zwar, teilen aber eine Gemeinsamkeit, die Yuk Hui deutlich herausstellt: »For Wiener information takes a different definition [than for Shannon], it is the measure of disorder. Disorder and surprise are different, but they share something in common which is ›difference‹. Hence Bateson is able to define information as ›a difference which makes a difference‹.« (Hui 2014)
- 39 Wiener führt aus: »Es ist wohlbekannt, daß elektrische Ströme nicht kontinuierlich geleitet werden, sondern durch einen Elektronenstrom, der statistische Abweichungen von der Gleichförmigkeit besitzen muß.« (Wiener 1968, 215)
- 40 Im Aufsatz *Time, Communication and the Nervous System* (1948b) schreibt Wiener zum Verständnis des Zeitstroms noch auf der ersten Seite: »We shall [...] not consider relativistic time in this paper. Neither shall we consider theories of time which give it an atomic *rather than a continuously flowing nature*. [...] We shall take the time to be that of the physics of Newton, or else of its main offshoot, that of Gibbs.« (Wiener 1948b, 197; Herv. MD) Zum Zeitstrom (»flow of time«; »time stream«), ebd., 201. Zur allgemeinen Diskussion von »Newtonsche[m] und Bergsonsche[m] Zeitbegriff«, siehe ders. 1968, 53–69.
- 41 Zur Herkunft der Überlegungen aus Projekten, die noch im zweiten Weltkrieg entstanden sind, siehe Galisons *Die Ontologie des Feindes* (2001); vgl. Aspray 1985, 125.
- 42 Im Original: »In such a theory, we deal with automata effectively coupled to the external world, not merely by their energy flow, their metabolism, but also by a flow of impressions,

Diese Stelle verdeutlicht das zentrale Argument von Wiener. Seine Kybernetik baut auf der Gleichsetzung menschlicher und maschinischer Prozesse auf.⁴³ Beobachtungen an technischen Einrichtungen und technisches Vokabular dienen der Beschreibung organischer Vorgänge und umgekehrt.⁴⁴ Er schreibt, dass »die neuere Untersuchung der Automaten, ob aus Metall oder aus Fleisch, [...] ein Zweig der Nachrichtentechnik« ist. Sie entlehne »ihre Hauptbegriffe [...] der Nachricht, Betrag der Störung oder ›Rauschen‹« mitunter vom »Telefoningenieur«. (Ebd.) Aspray stellt noch Wieners Nähe zu Shannon heraus, gerade was den Status der Informationen angeht:

Wiener adopted Shannon's concern for the importance of information in the world of communication engineering and applied it to the biological realm, by showing the importance of control and communication of information, especially of feedback information, to the regulation of biological systems. (Aspray 1985, 137)

Die wissenschaftliche Engführung der jeweiligen Logik von Maschine und lebendem Organismus hat Folgen für beide Bereiche.⁴⁵ Beschreibungen des Menschen

of incoming messages, and of the actions of outgoing messages.« (Wiener 1948a, 54) Deutlich zeigt sich die Nähe Wieners zu Ludwig von Bertalanffy bereits Ende der 1920er Jahre entwickelten Entwurf einer Systemtheorie, worin er in Bezug zum »*Fließgleichgewicht* [steady-state]« (Bertalanffy 1968, 158; Herv. i.O.) auch auf Heraklit verweist (ebd., 160). Dessen Diktum, wonach alles fließt, überträgt Bertalanffy unter thermodynamischen Gesichtspunkten (ebd., 148) auf lebendige Organismen und ihren Stoffwechsel. Möglich ist dies, weil er Organismen als »offene Systeme« begreift (ebd., 156; 158). Das ist nicht metaphorisch gemeint. An anderer Stelle führt er aus: »Jeder lebende Organismus erhält sich in einem Heraklitischen Fluss, Einfuhr und Ausfuhr, Aufbau und Abbau seiner materiellen Bestandteile. [...] [P]rimär im lebenden Organismus ist die Erhaltung im Materialfluß« (ders. 1970, 128).

- 43 Zum oft zitierten Verweis auf das griechische *Kybernetes*: »Wir haben beschlossen, das ganze Gebiet der Regelung und Nachrichtentheorie, ob in der Maschine oder im Tier, mit dem Namen ›Kybernetik‹ zu benennen, den wir aus dem griechischen ›κυβερνήτης‹, ›Steuermann‹, bildeten. (Wiener 1968, 32; Herv. i.O.)
- 44 Pias legt zunächst die Komplexität von Wieners Unternehmen dar, um es sogleich einzugrenzen. Er beschreibt, dass »in der Ähnlichkeit von Maschinen und Organismen zugleich eine radikale Unähnlichkeit steckt (so wie man Räder und nicht Beine an einer Eisenbahn benutzt), daß diese Unähnlichkeit aber zugleich völlig belanglos ist, wenn und solange man sich auf Verhaltensäquivalente oder Modelle beschränkt.« (Pias 2004, 24)
- 45 Sprenger argumentiert über Evelyn Fox-Keller und in Bezug auf Ross Ashby, dass »die Kybernetik das Verhältnis von Maschine und Organismus nicht als Analogie, sondern als Homologie« begreift (Sprenger 2019a, 200). Zugespißt schreibt Galison, dass »Wieners Anstrengungen darauf gerichtet [waren], die Unterschiede zwischen Mensch und Maschine aufzuheben.« (Galison 2001, 299) Kurz darauf ergänzt er, dass diese Nivellierung nur »in ›wissenschaftlicher Hinsicht‹ Geltung beansprucht: ›Wenn Menschen sich in ›wissenschaftlicher Hinsicht‹ nicht von Maschinen unterscheiden, dann deswegen, weil der wissenschaftliche Standpunkt der vierziger Jahre derjenige der Mensch-Maschinen im Krieg war. Das Mensch-Flugzeug-Radar-Prädiktor-Artillerie-System war ein geschlossenes System, in dem es mög-

zählen von technisch-mechanischem Vokabular und umgekehrt. Im obigen Zitat Wieners ist letzteres der Fall. In der Regel verweist der »Energiefluß«, gerade in Zusammenhang mit dem »Stoffwechsel« auf einen lebenden Organismus und ist für den Erhalt seines Gleichgewichtszustandes zuständig. Hier bezieht er sich auf unbelebte Automaten.⁴⁶ Für den »Strom von Eindrücken« folgt daraus, dass er ebenfalls nicht mehr nur dem Menschen vorbehalten ist, sondern sich auch auf nachrichtentechnische Übertragung beziehen kann: »[F]otoelektrische Zellen und andere Empfänger für Licht, Radarsysteme, die ihre eigenen kurzen Hertzischen Wellen empfangen, *pH*-Wertmesser, von denen man sagen kann, sie »schmecken«, Thermometer, Druckmesser verschiedener Arten, Mikrofone und so fort« (Wiener 1968, 67; Herv. i.O.). Daran anschließend kann auch die Rede vom Fließen der Informationen aufgeschlüsselt werden. Diese führt Wiener nicht im Rahmen der Nachrichtentechnik an, sondern bezieht den Informationsfluss an anderer Stelle auf das menschliche Hören und Sehen. Er adressiert ausdrücklich die kognitiven und organisch-biologischen Verarbeitungsvermögen des Menschen (ebd., 178). Aber wenn Ströme von Eindrücken sowie Energieflüsse die Prozesse der Nachrichtentechnik beschreibbar machen, erscheint es zumindest nicht abwegig, dass der Informationsfluss bei Wiener auch das Vermögen der Maschine bezeichnet, Nachrichten zu verarbeiten, das heißt, sie erhalten und versenden zu können. Wieners Projekt schließt nicht aus, den menschlich-organischen und einen nachrichtentechnischen *Strom der Informationen* äquivalent zu behandeln.⁴⁷

Die Rede vom Strömen steht in Zusammenhang mit dem Rückkopplungsprinzip.⁴⁸ Ströme sind das Äquivalent permanenten Inputs und Outputs, um entgegen der Entropie das Gleichgewicht – des Körpers oder der Maschine – aufrecht zu er-

lich erschien, Menschen durch Maschinen und Maschinen durch Menschen zu ersetzen. Für einen Flugabwehroperator handelte der Feind tatsächlich wie ein autokorrelierter Servomechanismus.« (Ebd., 307)

- 46 Zur Überlagerung von Physiologie und Nachrichtentechnik siehe vor allem die Arbeiten Wieners mit Rosenblueth (siehe Aspray 1985, 124).
- 47 Folgendes darf nach Wiener dabei nicht vernachlässigt werden: »Information is information not matter or energy. No materialism which does not admit this can survive at the present day.« (Wiener 1948a, 155)
- 48 Sprenger verbindet das Feedback mit der Rede von der Zirkulation von Informationen und bezieht sich auf eine noch vor den Macy-Konferenzen veranstaltete Tagung. Er schreibt: »Demnach bedeutet Feedback, so die auf der von der Macy-Foundation 1942 ausgerichteten Konferenz *Problems of Central Inhibition in the Nervous System* diskutierte These, das kontinuierliche Zirkulieren von Information, wodurch die Organisation reguliert werden kann, indem eine bestimmte Form aufrechterhalten wird oder ein Prozess stabil abläuft.« (Sprenger 2019a, 192; Herv. i.O.) In diesem Abschnitt halte ich die Unterscheidung zwischen den Begriffen Strömen und Zirkulieren und damit auch dem Feedback aufrecht, da Wiener selbst diese nicht gleichsetzt.

halten. Hierzu schreibt Wiener in *The Human Use of Human Beings: Cybernetics and Society*:

It is the pattern maintained by this homeostasis, which is the touchstone of our personal identity. Our tissues change as we live: the food we eat and the air we breathe become flesh of our flesh and bone of our bone, and the momentary elements of our flesh and bone pass out of our body every day with our excreta. We are but whirlpools in a river of ever-flowing water. We are not stuff that abides, but patterns that perpetuate themselves. (Ders. 1989, 96)⁴⁹

Diese Homöostase bedarf einer Regelung, die durch Feedback hergestellt wird. Die Rede vom Strömen ließe sich demnach bei Wiener auf den Regelkreis beziehen, der über Messfühler permanent den Ist-Wert abfragt, um durch über Regler Anpassungen an den »Sollwert« vorzunehmen (ders. 1968, 127). Ströme bezeichneten dann die andauernde Rückkopplung (ebd., 124ff.), nicht aber in erster Linie eine Übertragung von Information.

In *Zeitreihen, Information und Kommunikation*, dem dritten Kapitel von *Kybernetik*, konkretisiert Wiener schließlich, was unter Information zu verstehen sei (ebd., 86ff.) und kommt in dem Zuge auch auf »das Problem des Informationsflusses« zu sprechen (ebd., 116). Wiener spricht nicht von einem technischen Informationsstrom. Der Fluss der Informationen bezieht sich ebenfalls auf das Verarbeitungsvermögen des menschlichen Hörens, konkret der physiologischen Leistungsgrenzen sowie der Beeinträchtigung des Hörvermögens. Wiener überblendet dazu die von Shannon für das Ingenieurwesen formulierte Bedingtheit der Nachricht durch das »Rauschen« und deren mathematische Berechnung mit dem menschlichen Hören: »Wie man sieht, hängt er [der Informationsfluss] nicht allein von der Breite des Frequenzbandes ab, das für die Übertragung dieser Nachricht verfügbar ist, sondern auch von der Größe des Rauschens.« (Ebd., 117) Unabhängig von den Gleichsetzungen zwischen Mensch und Maschine ist festzuhalten, dass das Fließen und Strömen keiner begrifflichen Analyse unterstellt wird. Beim Strömen handelt es sich nicht um eine Metapher. Erst in Zusammenhang mit Wieners statistischem Verständnis von Information und seinem Bezug auf Shannon wird deutlich, dass der Informationsfluss für ihn eine physikalische Variable ist, die im kybernetischen Rahmen durch andere physikalische Faktoren beeinflusst wird. Somit leitet er das menschliche Wahrnehmungsvermögen mathematisch her und macht es berechenbar. Beim Strömen von Informationen handelt es sich um keine metaphorische Rede, die entsprechend auch nicht für eine theoretische Verlegenheit einsteht. Damit ist der Fluss der Informationen auch hier bereits beim Wort genommen und naturalisiert.

49 Vgl. Turner 2006, 191f.

Einerseits verdeutlichen die Textpassagen, dass der Regelkreis mit dem Informationsverständnis von Elias, Feinstein und Shannons Arbeiten sowie denen von Shannon und Weaver in Konflikt steht. Andererseits wird deutlich, dass auch Wiener das Strömen nicht als Metapher versteht. Ähnlich wie schon bei Shannon äußert sich außerdem eine Differenz zwischen heutigen Zuschreibungen, wonach das Strömen von Informationen insbesondere in der Kybernetik Wieners zu verorten sei, und ihrer beschreibbaren Verwendung in den 1940er und 1950er Jahren. Wiener selbst räumt der Rede vom Strömen der Informationen nur einen geringen Stellenwert ein. Dies steht in starkem Kontrast zu neueren historisierenden Beschreibungen der Kybernetik. Am augenfälligsten wird das in einer Buchankündigung von Wieners *Cybernetics*, das 2019 von der MIT Press in der zweiten Auflage von 1961 erneut aufgelegt wird. Die kurze Ankündigung des Buchs auf der Homepage der MIT Press zeigt die Diskrepanz: »With the influential book *Cybernetics* [...], Norbert Wiener laid the theoretical foundations for the multidisciplinary field of cybernetics, the study of controlling the flow of information in systems with feedback loops, be they biological, mechanical, cognitive, or social.« (MIT Press Homepage)⁵⁰ Kybernetik wird gleichgesetzt mit der Wissenschaft der Kontrolle von Strömen. Angesichts der oben dargelegten Stellen und der unterschiedlichen Funktionen der Rede vom Strömen in Wieners Buch selbst, liegt diese starke Setzung nicht auf der Hand. Dennoch ist sie gängig und findet sich beispielsweise auch in der Rezension Martin Schmitts (2016b) zu Ronald Klines *The Cybernetics Moment* (2015). Hinsichtlich des angenommenen Anspruchs der Kybernetik als interdisziplinärer Universalwissenschaft schreibt Schmitt, dass »Kognitionswissenschaftler, Molekularbiologen und andere Wissenschaftler [...] ihre Forschungsgegenstände in Form von Strömen, Rückkoppelungen und Informationsverarbeitung [konzipieren].« (Schmitt 2016b) Wenngleich sich dies auf die gegenwärtige »Prägestkraft« der Kybernetik bezieht (ebd.), wird doch ein Zusammenhang mit der Rede vom Strömen hergestellt, der gerade in Bezug auf die 1940er nicht tragfähig ist. Aber auch Kline selbst schreibt im besprochenen Buch gleich vorneweg: »Information was a key concept in *Cybernetics*. When used quantitatively, it measured what was communicated in the messages flowing through feedback control loops that enabled all organisms, living and nonliving, to adapt to their environments.« (Kline 2015, 12f.; Herv. i.O.) Ausschlaggebend ist der darauffolgende Satz: »When used metaphorically, information related the principles of cybernetics to wider social issues.« (Ebd., 13) Dieser metaphorische Gebrauch bezieht sich nicht auf den Flow, sondern auf die Information. Mag dies zwar einladen, den Flow als Metapher zu verstehen, bezieht sich Kline später ohne Metaphorik auf den Informationsstrom:

50 Homepage der MIT Press, <https://mitpress.mit.edu/contributors/norbert-wiener> (letzter Zugriff 31.05.2022). Offen bleibt auch, in welchem Verhältnis Informationsströme und Rückkopplung stehen.

By claiming the word *information*, these groups attempted to show that they had the expertise to determine its scientific definition, to reinterpret their own field in terms of information flow, to devise artifacts and systems to solve the ›information crisis‹, and to understand (and thus perhaps control) the essential commodity and technological basis of the future. (Ebd., 204; Herv. i.O.)

Dass ein ganzes Forschungsfeld um den Begriff des Informationsstroms umgearbeitet würde, lässt sich so nicht zeigen. Aber die Verknüpfung der Kybernetik mit der Rede von strömenden Informationen ist geläufig. Das zeigt sich auch in der Argumentation Bernard Geoghegans: »Wiener argued that cybernetic information flows provided a unified theory of animal, machine, and social systems.« (Geoghegan 2008, 70) Wie selbstverständlich ist die Rede vom Strömen der Informationen im Zusammenhang mit der Kybernetik. Wahrscheinlich nähert sich Geoghegan dieser Sicht aus einem Aufsatz von Beatriz Colomina (2001), auf den er im Text an anderer Stelle verweist.⁵¹ Darin schreibt Colomina:

A number of wartime research projects, including work on communications, ballistics and experimental computers, had quickly developed after the war into a full-fledged theory of information flow, most famously with the publication of Claude Shannon's *The Mathematical Theory of Communication* in 1949, which formalized the idea of an information channel from sender to recipient whose efficiency could be measured in terms of speed and noise. (Colomina 2001, 16)

Gemessen an den Belegstellen, in denen Shannon die Informationsübertragung überhaupt mit der Rede vom Strömen in Verbindung setzt, erscheint die Formulierung einer *voll ausgeprägten* Theorie des Informationsstroms überzogen. Dies ähnelt wiederum Asprays (1990) Zusammenfassung des nachrichtentechnischen Kommunikationsmodells von Shannon, worin er nahelegt, dass es sich beim Strömen um eine zentrale kybernetische Beschreibungskategorie handelte, was sich bei Shannon in der Form nicht findet.

Dass Shannon, Weaver und Wiener das Strömen als modellbildenden Faktor der von der Kybernetik erfassten Gegenstandsbereiche beschreiben, spiegelt sich – wie eben gezeigt – nicht in der Deutlichkeit in deren Arbeiten wider. Die Kluft zwischen den kybernetischen Arbeiten und deren Historisierung prägt auch Hayles Argumentation. Sie schreibt zum Informationsbegriff: »Shannon and Wiener defined information so that it would be calculated as the same value regardless of the context in which it was embedded, which is to say, they divorced it from meaning.« (Hayles 1999, 53f.) Die Autorin beschreibt, dass Information nicht im Sinne von *Bedeutung*

51 Der Verweis befindet sich zwar an einer anderen Stelle, dennoch spricht der Zusatz in der Anmerkung dafür: »For more, see B. Colomina [...] noting in particular the treatment of information theory and communications flows« (Geoghegan 2008, 76f.; Anm. 13).

zu verstehen sei. Sie fährt fort: »*In context*«, das heißt innerhalb der Kybernetik als Disziplin, »*this was an appropriate and sensible decision. Taken out of context, the definition allowed information to be conceptualized as if it were an entity that can flow unchanged between different material substrates*« (Ebd., 54; Herv. i.O.).⁵² Auch wenn Hayles Argumentation die Konsequenz beschreibt, die sich aus der Ablösung des Informationsbegriffs von der Kybernetik als historischem Bezugsrahmen ergibt, liegt der Fokus der Autorin auf der Unveränderlichkeit dessen, was an Information übertragen wird. Der Flow bezeichnet dagegen die Übertragung selbst und deutet zumindest an, dass es sich um einen Begriff Shannons und Wieners handle. Das ist, wie gezeigt, nicht der Fall.

Prominent beschreibt auch James Beniger die Verbindung der Rede vom Strömen mit der Kybernetik erster Ordnung. Beniger erhält hier insofern eine Sonderstellung, weil seine Beschreibung einer Kontrollgeschichte in der jüngeren kultur- und medienwissenschaftlichen Rezeption häufig aufgenommen wird. Der Historiker spricht, wie bereits im Zuge der Diskussion von Erich Hörls Gegenwartsdiagnose angeführt, ebenfalls von Informationsströmen. Beniger bindet das Strömen über Wiener an das Feedback an und beschreibt eine gerichtete Kommunikation mit dem Begriff »*feedback*«. Dies bezeichnet einen »*reciprocal flow of information back to a controller*« (Beniger 1986, 8; Herv. i.O.). Dass Beniger das Feedback sogleich auf die Rede vom Strömen bezieht, hebt die Selbstverständlichkeit hervor, mit der bereits in den 1980er Jahren die Rede vom Strömen der Informationen an die Ausübung von Kontrolle und an Wieners Kybernetik zurückgebunden wird. Die von Beniger beschriebene Kontrollgeschichte ist selbst Ausdruck des Erfolgs einer populären Sichtweise auf die Kybernetik, die der Historiker mit der Kontrolle strömender Informationen in Verbindung bringt.

In einem weiteren Schritt überträgt Beniger den auf die Kybernetik bezogenen Informationsbegriff zurück bis ins 19. Jahrhundert. Dort prägt aber noch eine bürokratische Semantik, was unter Information verstanden wird (Peters 1988, 14-16). John Durham Peters hält in seiner Begriffsgeschichte der Information fest: »*Between the middle of the eighteenth and the middle of the nineteenth centuries, there arose a new kind of empiricism, no longer bound by the scale of the human body. The state became a knower; bureaucracy its senses; statistics its information.*« (Ebd., 1988, 14)⁵³ Beniger veranschlagt rückwirkend nicht nur einen kybernetischen Informationsbegriff, den es so im 19. Jahrhundert nicht gegeben hat, sondern beschreibt auch ein Strömen von Informationen, das es wiederum in der Kybernetik nicht gegeben hat. Die Beschreibung der Kontrollgeschichte basiert

52 Siehe Burkhardts Arbeit zur Datenbank und seine historische Aufarbeitung der semantischen Unschärfe des Begriffs Information (Burkhardt 2015, 153ff.).

53 Peters Begriffsgeschichte deckt sich mit Foucaults Beschreibung der *Gouvernementalität*. Vgl. Foucault 2006, 152ff.

damit selbst auf einer kybernetischen Erkenntnisperspektive. Benigers Kontrollgeschichte erweist sich als Ergebnis einer kybernetischen Erzählung, die er selbst herbeischreibt und an deren vorläufigen End-, aber nicht Höhepunkt er sich selbst und die Informationsgesellschaft verortet.⁵⁴

Die Rede vom Strömen der Informationen nimmt in den herangezogenen Texten der Kybernetik nicht den Stellenwert ein, der ihr rückwirkend zugesprochen wird. Zwischen der Erwartungshaltung an das Strömen im Kontext eines kybernetischen Theoriesettings und den hier analysierten Textstellen, in denen Stromwörter verwendet werden, um ein Informationsgeschehen zu beschreiben, besteht ein eklatanter Unterschied. Dieses Ungleichgewicht verweist auf eine bestimmte, nämlich kybernetische Auffassung vom Strömen der Informationen, welche jüngere Historisierungsunternehmen in ihre Beschreibungen digitaler Kulturen übersetzen. Die historischen Bezugnahmen auf ein kontrollierendes Strömen bei Shannon und Wiener zeigen, dass es in den Beschreibungen der Autor:innen nicht um die Kybernetik als interdisziplinäres Forschungsvorhaben der 1940er bis 1970er Jahre geht, sondern um eine historisch nicht nachvollziehbare Kybernetisierung, deren Kontrolldenken bis in die Gegenwart reiche. Diese kybernetische Kontrollvision übersieht ein bestimmtes Denken der Regelung, dass auch außerhalb der Kybernetik der Nachkriegsjahre und insbesondere in Zusammenhang mit der Computerentwicklung steht und – so mein Argument – aufschlussreicher ist, als die Annahme einer in jüngster Medientechnik zur vollen Entfaltung kommenden kybernetischen Kontrollgesellschaft.

4.2 Elektrisch geschaltete Ströme

Dass die Rede vom Strömen in den Textpassagen zur Kybernetik bei Wiener, Shannon sowie Weaver in Bezug zum elektrischen Strom steht, ist exemplarisch für Publikationen im Umfeld früher Digitalrechner. Im Weiteren beziehe ich mich anhand einzelner, aussagekräftiger Textstellen zunächst auf die Binärschaltung und frage, inwiefern ihre Entwicklung mit der Rede vom geregelten Strömen einhergeht. Shannons Magisterarbeit *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits* (1938) nimmt hierbei eine wichtige Funktion ein, da sie als ein Wegbereiter des frühen digitalen Computers gilt. Als sie bereits im Jahr nach der Einreichung in den *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers* in gekürzter Fassung publiziert wird, ist Shannon noch als wissenschaftlicher Mitarbeiter im *Department*

54 Zugleich ist das der Witz von Benigers Projekt. Ein der Kybernetik zugeschriebener Kontrollbegriff, den er zur Beschreibung der Industrialisierung Mitte des 19. Jahrhunderts heranzieht, erlaubt ihm bestimmte Aspekte der Industrialisierung beschreibbar zu machen, die mit einem bürokratischen Informationsbegriff nicht beschreibbar wären.

of *Electrical Engineering* am MIT angestellt. Die wichtige Funktion von Shannons Arbeit rührt daher, dass er die mathematische Logik und die Operationen elektrischer Schaltkreise miteinander verbindet. Im Blick hat er folgendes Ziel:

Jede Schaltung wird durch eine Menge von Gleichungen dargestellt, wobei die Terme der Gleichungen den verschiedenen Relais und Schaltern der Schaltung entsprechen. Es wird ein Kalkül [calculus] entwickelt, um diese Gleichungen durch einfache mathematische Verfahren zu verändern, die nahezu alle den gewöhnlichen algebraischen Operationen ähneln. (Shannon 2000b, 179)⁵⁵

Als Anwendungsfelder beschreibt er »automatisch[e] Fernsprechanlagen« oder beispielsweise »industriell[e] Motorkontrollanlagen«, wobei sich dieses Kalkül »beinahe in allen Schaltungen [wieder findet], die zur automatischen Ausführung komplexer Operationen entworfen werden.« (Ebd.) Für die Suche nach Bezugspunkten zur Rede vom Strömen von Informationen erweisen sich diese Beispiele als wenig hilfreich. Weder spricht Shannon von Informationen, noch von deren Übertragung oder Strömen. Trotzdem leistet er mit seiner Arbeit einen wichtigen Beitrag, dass im Ingenieurwesen wenige Zeit später von strömenden Informationen gesprochen wird.

Prinzipiell regelt eine Schaltung, wo und wann elektrischer Strom fließt und wo und wann nicht. Um das elektrische Schaltprinzip und seine Übersetzung in die Logik zu erklären, beschränkt Shannon seine Ausführungen zunächst auf wenige Bauteile, die später zu den grundlegenden Komponenten von Computern zählen. Seine Aufmerksamkeit richtet sich im Wesentlichen auf einfache Schaltungen: »Wir werden unsere Untersuchung auf Schaltkreise beschränken, die nur Relais und Schalter enthalten; deshalb muß ein Schaltkreis zwischen beliebigen Zweipolen [between any two terminals] zu jedem gegebenen Zeitpunkt entweder offen sein [...] oder geschlossen« (ebd., 180). Im einfachsten Fall wird ein Stromkreis durch einen Schalter gesteuert, der eine Verbindung herstellen und trennen kann. Ist der Stromkreis geschlossen, fließt elektrischer Strom, wenn er offen ist, ist er unterbrochen und kein Strom fließt.⁵⁶ Shannon führt hierzu aus:

Mit einem Symbol X_{ab} oder einfacher X wollen wir die Pole a und b bezeichnen. Diese Variable, die eine Funktion der Zeit ist, soll die Hindrance des Zweipolschalt-

55 Direkt anschließend heißt es: »Dieser Kalkül, so soll gezeigt werden, entspricht genau dem Propositionenkalkül, wie er in der symbolischen Logik, d.h. der symbolischen Analyse logischer Strukturen, Verwendung findet.« (Shannon 2000b, 179)

56 Zur Anbindung von Shannon an Derrida erklärt Siegert: »[D]ie *hindrance*, das Wesen der Schaltung, [nimmt] die *différance* Derridas vorweg.« (Siegert 2003, 10; Herv. i.O.) Shannons Differenzlogik sehe ich bei Batesons Beschreibung der »Information« als »ein *Unterschied*, der einen *Unterschied* ausmacht« (Bateson 1985, 582; Herv. i.O.), besser aufgehoben als in der französischen Theoriebildung.

kreises $a - b$ genannt werden. Das Symbol 0 (Null) wird zur Darstellung der Hindrance einer geschlossenen Schaltung verwendet, und das Symbol 1 (Einheit), um die Hindrance einer offenen Schaltung darzustellen. (Ebd.; Herv. i.O.)⁵⁷

Bezeichnet die Null das »Symbol«, dass der Stromkreis unterbrochen ist (»Hindrance einer geschlossenen Schaltung«) und daher kein elektrischer Strom fließt, repräsentiert die 1, dass der Kreis geschlossen ist und Strom fließt (ebd.). Die Übersetzer des Texts merken an: »Stromkreis geschlossen = Strom fließt = Hindrance 0; Stromkreis unterbrochen = kein Strom fließt = Hindrance 1.« (Ebd.; Anm. 3) Indem Shannon zwei unterschiedliche, klar voneinander abzugrenzende Zustände beschreibt, schafft er die Grundlage, um anhand eines Schalters in elektrischen Stromkreisen die Elektrotechnik an mathematische Logik zu koppeln. Somit macht es einen Unterschied, ob elektrischer Strom fließt oder nicht. Shannon zeigt, wie man mit Strom rechnen kann. »Es ist möglich«, so Shannon, »komplexe mathematische Operationen mit Hilfe von Relaischaltungen durchzuführen« (ebd., 211). Unter Bezugnahme auf die Boole'sche Algebra beschreibt er:

Zahlen können dabei durch die Stellung von Relais oder Schrittschaltern dargestellt werden und, um unterschiedliche mathematische Operationen darzustellen, können Verbindungen zwischen Gruppen von Relais gebildet werden. In der Tat kann jede Operation, die mit einer endlichen Zahl von Schritten unter Verwendung der Worte »wenn«, »oder«, »und« etc. [...] vollständig beschreibbar ist, von Relais automatisch ausgeführt werden. (Ebd.)

Shannon legt vor, wie ein Rechnen mit elektrisch geschaltetem Strom nicht nur in der Theorie möglich, sondern auch technisch umsetzbar wird. Die Verschaltung der Zustände von Stromkreisen, das heißt entweder geöffneter oder geschlossener Schalter in Bezug zueinander, repräsentiert Zahlen und macht die mathematische Logik schaltbar. Dies bildet die Basis für automatisierte Rechengänge im digitalen Computer.

Shannons formale Ausführungen werden dort greifbarer, wo sie in Publikationen zur Computerentwicklung verhandelt werden. Die Entstehungsgeschichte digitaler Rechner, die hierfür im Folgenden den Rahmen bildet, fasst die Computerhistorikerin Nancy Stern überblicksweise zusammen. Zu den sogenannten »firsts« zählt sie

(1) the ENIAC, first electronic digital computer; (2) the EDVAC, first electronic digital computer designed to incorporate the stored program concept; (3) the BINAC,

57 Zum Begriff »hindrance« merken die Übersetzer des Texts an: »Shannon verwendet hier den Begriff »hindrance« (dt. Hindernis, Hinderung oder Sperrung) analog zu »resistance« und dem von Oliver Heaviside eingeführten Neologismus »impedance« für den Widerstand in Wechselstromkreisen.« (Shannon 2000b, 180; Anm. 2)

first operational stored program computer completed in the United States; and (4) the UNIVAC, first commercial electronic stored program digital computer. (Stern 1979, 9)

Stern fügt sogleich an, dass für deren historische Erforschung einige Vorsicht geboten sei: »All of these projects require careful historical analysis not only because they represent important ›firsts‹, but because there continues to be a significant amount of controversy surrounding each of them.« (Ebd.)⁵⁸ Mir geht es nicht um eine Aufarbeitung einer Geschichte des Computers, sondern ich frage im Rahmen von Shannons Logik nach dem Gebrauch der Rede vom Strömen in Zusammenhang mit Informationsverarbeitung. Diese Verbindung zeigt sich bereits in einem Anfang der 1950er Jahre veröffentlichten Papier. Darin beschreibt John Presper Eckert, der gemeinsam mit John Mauchly bereits den ENIAC mitentwickelte, mit weiteren Autoren den BINAC (Auerbach et al. 1952).⁵⁹ Hierbei handelt es sich um einen »high-speed, automatic digital computer, operating in serial fashion on numbers expressed in binary form.« (Ebd., 12)⁶⁰ In den Spezifikationen des Computersystems führen die Autoren zuerst an, wie der Rechner Information repräsentiert und gehen dazu auf die »*Electrical Representation of Numerical Data*« ein (ebd., 13; Herv. i.O.). Der BINAC verwendet das »binary system of notation«, dessen Vorzug gegenüber dem »decimal system« darin bestehe, dass es lediglich »two states« kenne: »0, 1; +, –; on, off; and so on.« (Ebd.) Es eigne sich, um Information zu repräsentieren. Albert Auerbach und seine Koautoren führen aus: »This system is particularly well adapted to the representation of information by the use of relays, flip-flops, binary counters, and other circuits having only two stable states. To this list may be added vacuum tubes, in general, which are either fully conducting or completely cut off.« (Ebd.)⁶¹ Hier folgt die direkte Zusammenführung von elektrischem Strom und Information, oder genauer, deren Repräsentation. Die Autoren

58 Thomas Haigh beschreibt lakonisch, dass diese nachträgliche, ausdrücklich amerikanische Geschichte nicht unproblematisch sei: »Die Geschichte hinter all diesen ›Erstzuschreibungen‹ lautet ungefähr wie folgt: Von den späten 1930er Jahren bis Mitte der 1940er wurde eine ganze Reihe automatischer Rechenmaschinen gebaut. Ihre Erfinder wussten oft nichts voneinander. Manche nutzten elektromechanische Relais für ihre Logikschaltungen, während andere auf der Basis von Elektronenröhren bauten. Daneben gab es Maschinen, die Abfolgen von Anweisungen von Lochstreifen ablasen.« (Haigh 2015, 127)

59 Alle Autoren sind oder waren zu der Zeit Teil der von den ENIAC-Entwicklern Eckert und Mauchly gegründeten *Eckert-Mauchly Computer Corporation*.

60 Zum Automatik-Begriff: »The computer is automatic in the sense that, properly instructed, it will perform a complicated series of computations by itself.« (Auerbach et al. 1952, 12) Für einen reich bebilderten Überblick zu frühen Rechenanlagen siehe die Publikation des Computerpioniers Wilfried de Beauclair: *Rechnen mit Maschinen* (2005 [1968], insbesondere das sechste Kapitel *Rechenautomaten in Röhrentechnik*, 111–172).

61 Zur technischen Auseinandersetzung mit dem FlipFlop siehe Dennhardt 2009.

fahren fort: »A ›one‹ is then represented in the computer by the presence of a pulse at some instant, the setting of a flip-flop or counter to the ›one‹ position, or possibly by the energizing of a relay.« (Ebd.) Auf dieselbe grundlegende Weise formuliert dies der Elektroingenieur Harry Gray kurze Zeit vorher in Bezug auf den EDVAC.⁶² Prägnant hält er fest: »[T]he binary digit ›1‹ is represented by a voltage pulse and the binary digit ›0‹ is represented by the absence of a pulse.« (Gray 1952, 29) Spielt bei Gray das Strömen von Informationen keinerlei Rolle, wird es bei Auerbach und Koautoren angedeutet. Sie nennen den »flow of information« ein einziges Mal, und zwar noch im Abstract der Publikation. Hier bezieht sich der Informationsstrom auf elektrische Schaltkreise, genauer die »switching gates«. Zu diesen Logikgattern schreiben sie: »[S]witching gates [...] control the flow of information in accordance with signals received from function tables or similar sources« (Auerbach et al. 1952, 12). Die Rede vom geregelten Informationsstrom ersetzen die Autoren im Text durch das Wort *Informationsverarbeitung* und bezeichnen damit den »transfer« zwischen einzelnen Bauelementen des Computers (ebd., 13). Entscheidend ist hierbei, dass sie stets von *Repräsentation* sprechen. Die »physikalisch[e] Aussage« (Blumenberg 2013, 26) und der technische Vorgang kommen nicht zur Deckung.

In ähnlicher Form ist das auch in einer Publikation Jean Howard Felkers zu finden, der für die *Bell Telephone Laboratories* arbeitet. Felker ist an der Entwicklung des ersten Computers beteiligt, der auf der Basis von Transistoren operiert.⁶³ Er schreibt in Bezug auf die Verbindung elektrischer Ströme mit Rechenoperationen: »[C]omputer operations can be divided into two classes, memory and logic. Memory can be defined as a representation in space of a function of time. The logic operations can be defined as *the recognition of spatial distributions of voltages and currents*.« (Felker 1951, 105; Herv. MD) Die Kopplung von elektrischem Strom an die Repräsentation von Information ist nicht so explizit wie bei Auerbach et al. (1952) beschrieben. Abhängig davon, wo Spannung anliegt, macht dies jeweils einen Unterschied für die Rechenoperationen. Spricht Felker vom Flow, bezieht er ihn ausschließlich auf elektrische Ströme im Schaltkreis (ebd., 107).

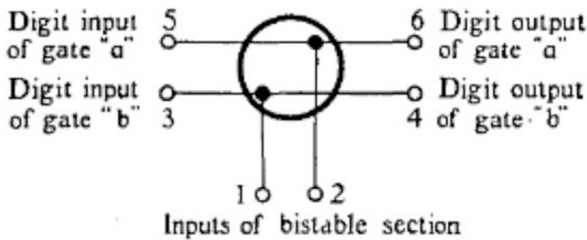
Elektroingenieur Charles Brian Speedy, der für das *Electrical Engineering Department* arbeitet, beschreibt zur gleichen Zeit allgemeiner die Computerarchitektur. In seiner kleinteiligen Erklärung ihrer Grundlagen koppelt er die Rede vom Strömen und die mathematische Logik ausdrücklich aneinander. »Despite the apparent complexity of modern digital machinery«, so Speedy, »it is well known that the logical processes they perform are relatively simple.« (Speedy 1954a, 677) Er reduziert die Rechenmaschine auf drei wesentliche Bestandteile, die für deren Funktionieren verantwortlich sind: »These are a bistable element for the storage of a digit, a gate element for controlling the flow of digits, and a diode for controlling the direction of

62 Kurzform von Electronic Discrete Variable Computer.

63 TRADIC: Transistor Digital Computer (de Beauclair 2005, 172; vgl. Irvine 2001).

flow of digits.« (Ebd.) Speedy spricht hier mit Bezug auf das Logikgatter ausdrücklich von einem geregelten Strömen von Informationen. In einer längeren Fassung des Texts führt er dies näher aus. Anhand des in Abbildung 2 dargestellten »binary-gating element« erklärt er: »Terminal 1 is connected to the input of the bistable section, and when pulsed, the gate »b« is opened to permit the flow of information from terminals 3 to 4, and at the same time the gate »a« is closed to inhibit the flow from terminals 5 to 6.« (Ders. 1954b, 50) Umgekehrt gilt: »A pulse to terminal 2 reverses these conditions.« (Ebd.)

Abb. 2 – Logikgatter und Flow



Quelle: Speedy 1954b, 50.

An dieser Stelle verdeutlicht sich die sprachliche Verbindung von elektrischem Strom und dem Strömen der Informationen. Der elektrische Strom, der den Unterschied macht zwischen den Zuständen Null und Eins, geht als »physikalische Aussage« über in einen »flow of information« (ebd.). Die Rede vom Strömen bezeichnet ein durch Logikgatter reguliertes Informationsgeschehen, das sich auf Rechenvorgänge im Computer bezieht.⁶⁴

Die Passagen zeigen, dass Shannon einen theoretischen Grundstein legt, um mit elektrischem Strom rechnen zu können. Ingenieure, die dieses Prinzip technisch umsetzen, schreiben – wenn auch sparsam – von *strömenden Informationen*, sie verfertigen hiermit auch den Begriff *Informationsstrom*. In der frühen Computerentwicklung bezeichnet dieses Strömen das Informationsgeschehen in den Rechnern,

64 Siehe auch Howard Aitkens *Proposed Automatic Calculating Machine*. In einem zunächst unveröffentlichten Memorandum schreibt er 1944 zur Vorstellung eines »Master control panel« des Mark I (IBM Automatic Sequence Controlled Calculator): »The purpose of this control is to route the flow of numbers through the machines and to start operation.« (Aiken 1964, 69) Hierauf verweisen auch die Autoren um Martin Campbell-Kelly in ihrer Geschichte des Computers als Informationsmaschine (Campbell-Kelly et al. 2014, 56), gehen aber nicht näher auf die Rede vom Strömen der Informationen ein.

also Vorgänge der Informationsverarbeitung.⁶⁵ Dass Mitte der 1950er Jahre auch Elias, Feinstein und Shannon die Verarbeitung von Informationen in Netzwerken mit begrenzter Kapazität als strömend beschreiben, überrascht vor diesem Hintergrund nicht mehr. Denn das gesamte Feld der frühen Computerentwicklung beschäftigt sich in unterschiedlicher Weise mit der Verarbeitung und Übertragung binär codierter Informationen innerhalb der Computer sowie auch zwischen den Großrechnern und externen Speichermedien, deren jeweilige Übertragungsvorgänge auch als strömend beschrieben werden. Jenes Stromvokabular beruht in keiner der angeführten Veröffentlichungen auf Vorstellungen fließenden Wassers und wird auch nicht als Metapher behandelt. Im Gegenteil, die Rede von strömenden Informationen ist naturalisiert, »ununterscheidbar von einer physikalischen Aussage« (Blumenberg 2013, 26) und bezieht sich hier auf den elektrischen Strom.

Die Textstellen verdeutlichen, dass das Rechnen mit elektrischem Strom in der Computerentwicklung bedingt, dass im Ingenieurwesen vom Strömen der Informationen gesprochen wird. Dabei handelt es sich beim elektrischen Strom selbst ebenfalls um keine Metapher mehr. In dem Rahmen führt Klaus Mecke aus: »Am Beginn der mathematisch-physikalischen Theorie stand aber die Metapher des ›Fließens‹ und ihre Übertragung auf den neuen Erfahrungsbereich der magnetischen und elektrischen ›Felder‹, die zu magnetischen und elektrischen ›Flüssen‹ führen.« (Mecke 2015, 44) Dies verfolge ich an dieser Stelle nicht weiter. Zwar ließe sich gleichermaßen mit Blumenberg eine Geschichte der Naturalisierung beschreiben, die sich zunächst auf die metaphorische Rede vom Flüssigen innerhalb der Erforschung der Elektrizität bezieht und die zu einer nicht-metaphorischen Rede wird, die sich schließlich in Form von Definitionen in Lexika, Fachpublikationen und Handbüchern findet.⁶⁶ Das steht hier aber nicht im Vordergrund. Für das Anliegen dieses

65 Als Randnotiz sei angemerkt, dass Paul Freiberger, Autor des Eintrags zur Geschichte des Computings in der *Encyclopedia Britannica*, einen Übergang vom elektrischen Strom zum Strom der Logik beschreibt: »When computers became electronic, the binary system was particularly appropriate because an electrical circuit is either on or off. This meant that on could represent true, off could represent false, and the flow of current would directly represent the flow of logic.« (Freiberger 2020; Herv. MD) In dieser zugespitzten Form findet sich dies nicht in den hier untersuchten Publikationen.

66 Einschlägig zur Verschränkung der Rede vom Fließen und der Elektrizität: Roderick Homes *The Effluvial Theory of Electricity* (1981; sowie ders. 2002), die auch in Sprengers Arbeit einen zentralen Stellenwert einnimmt; vgl. weiter Sprenger (2012) zum Effluvium: 61-65; 78-83; 97-99; siehe weiter Thomas Kuhn (1973) in der Beschreibung wissenschaftlicher Revolutionen zur »elastische[n]« (Kuhn 1973, 50) beziehungsweise »elektrischen Flüssigkeit« (ebd., 51) sowie der »gründliche[n] Revision der Flüssigkeitstheorie«, die durch Experimente mit der Leidener Flasche ermöglicht wird und »das erste vollständige Paradigma für die Elektrizität lieferten.« (Ebd., 91) Home kritisiert Kuhns Ansatz wiederum: »We now know that the story was much more complicated. Kuhn's simple picture turns out to be itself an historical artifact«. Und weiter: »[T]here is much more continuity of development in the story than before.

Kapitels ist hinreichend, dass die Rede vom Strömen in Bezug auf die Elektrizität um die Mitte des 20. Jahrhunderts nicht als Metapher identifiziert wird. Sie ist ebenfalls eine »physikalisch[e] Aussage« (Blumenberg 2013, 26), das Strömen der Elektrizität bezeichnet berechenbare physikalische Vorgänge. Vor allem steht in meiner Argumentation im Vordergrund, dass es sich um ein geregeltes Strömen handelt. Das verdeutlicht sich insbesondere noch dort, wo die Rede vom Strömen in Zusammenhang mit der Rede von *Quellen* und *Senken* steht. Auch wenn ein Bezug zu Vorstellungen fließenden Wassers nahe zu liegen scheint, ist das nicht der Fall. *Quellen* und *Senken* beziehen sich auf naturalisierte Metaphern der Elektrizität.

Das Strömen von Informationen steht nicht in Verbindung mit fließendem Wasser. Das gilt sowohl für metaphorische Vorstellungen, als auch für physikalische Gesetzmäßigkeiten. Insbesondere dann, wenn es sich um Computernetzwerke handelt, erweist sich dieser Bezug als ein Trugschluss. Die Informationstheoretiker Thomas Cover und Joy Thomas (2006) zeigen dies in der historischen Aufarbeitung *Elements of Information Theory*, einem Standardwerk der Informationstheorie. Die Autoren räumen dem Informationsstrom in Computernetzwerken ein ganzes Kapitel ein und berücksichtigen die Vergleichbarkeit mit fließendem Wasser unter mathematischen Gesichtspunkten.⁶⁷ Im Vordergrund der Analyse von Cover und Thomas steht das Theorem von Ford/Fulkerson (1962), das bereits im Zuge der Beschreibung des »maximum flow« in einem Netzwerk bei Elias, Feinstein und Shannon (1956) angeführt wurde. Cover und Thomas gehen der Frage nach, inwiefern die Übertragung von Informationen mit dem physikalischen Verhalten fließenden Wassers vergleichbar ist. Die Autoren zeigen zunächst, dass das Theorem von Ford/Fulkerson für die Berechnung des Durchflusses von Wasser in einfachen Röhren durchaus produktiv ist: »The theory of flow in networks has satisfying answers in domains like circuit theory and the flow of water in pipes.« (Cover/Thomas 2006, 511)⁶⁸ Sie errechnen, welches das größtmögliche Wasservolu-

To be sure, a major shift occurred during the middle decades of the eighteenth century in the way people thought about electricity. However, we no longer think this occurred all at once, or that Franklin was solely responsible.« (Home 2002, 55). Die Naturalisierung der Rede vom Strömen der Elektrizität zu beschreiben erforderte ein weiteres Buch.

- 67 Cover und Thomas führen noch im Vorwort aus: »The huge subject of network information theory [...] is the study of the simultaneous achievable flows of information in the presence of noise and interference (Cover/Thomas 2006, xix)«. Die Ausführungen zum Strömen und der Netzwerktheorie nehmen das ganze Kapitel *Network Information Theory* ein (ebd., 509-611).
- 68 Ford/Fulkerson stellen den Vergleich mit einem Netzwerk aus Kanälen, durch die Wasser fließt, selbst nicht an. Dort stehen allgemeiner »transportation problems« im Vordergrund, die durch »network flow problems« ersetzt werden. Sie argumentieren: »We use the latter name, not only because it is more nearly suggestive of the mathematical content of the subject, but also because it is less committed to one domain of application.« (Ford/Fulkerson 1962, vii)

men ist, das abhängig von der jeweiligen Kapazität der einzelnen Röhren insgesamt durch ein Netzwerk übertragen werden kann. Am Beispiel eines einfachen Netzwerks zeigen sie, dass sich dies mit der Formel von Ford/Fulkerson prinzipiell berechnen ließe. Im Beispiel gibt es nur eine Quelle und eine Senke, die durch mehrere Pfade miteinander verbunden sind: »[F]or the single-source single-sink network of pipes [...], the maximum flow from A to B can be easily computed from the Ford-Fulkerson theorem.« (Ebd.; Herv. i.O.)⁶⁹ Das ändert sich allerdings, sobald es sich nicht mehr um Wasser, sondern um die Übertragung von Informationen handelt. Hierzu schreiben die Autoren weiter: »The theory of information flow in networks does not have the same simple answers as the theory of flow of water in pipes.« (Ebd., 512) Die Engführung von strömendem Wasser mit Informationsübertragung hat Grenzen, da physikalische Eigenschaften des Fließens von Wasser mit der als strömend bezeichneten Übertragung nicht vergleichbar sind. Auch wenn eine Wassermenge in einem Netzwerk aus Kanälen geteilt wird, ist es bei seiner Zusammenführung an der Senke dasselbe. Bei Informationen, die als diskrete Einheiten in distribuierten Netzwerken übertragen werden, ist das nicht der Fall. Wird die Übertragung im Netz aufgeteilt, muss ihre Zusammenführung an den Knotenpunkten sowie an der Senke unter Berücksichtigung der Gesamtlast des Netzes stets berechnet werden. Wie gerade bei Elias, Feinstein und Shannon deutlich wurde, wird an jedem Knotenpunkt eines Netzwerks die Information erneut berechnet und codiert, womit sich die Information selbst verändert.

Dies kann am Problem des maximalen Durchflusses in Computernetzwerken veranschaulicht werden, das die Mathematiker und Informationstechniker um Robert Ahlswede aufnehmen. Sie schreiben, dass der Vergleich mit fließendem Wasser oder allgemeiner mit dem physikalischen Verhalten von flüssigen Stoffen nicht zulässig sei: »[C]ontrary to one's intuition, it is in general not optimal to consider the information [...] in a network as a ›fluid‹ which can simply be routed or replicated at the intermediate nodes. Rather, network coding has to be employed to achieve optimality.« (Ahlswede et al. 2000, 1205; vgl. Liang 2006) Die Notwendigkeit mathematischer Berechenbarkeit und der Codierung an Knotenpunkten des Netzwerks bricht die angenommene semantische Nähe vom Durchfluss von Wasser und dem der Informationen auf. Die Autoren führen aus:

In classical information theory for point-to-point communication, we can think of information as a ›fluid‹ or some kind of physical entity. For network information flow with one source, this analogy continues to hold when there is one sink,

69 Cover und Thomas beschreiben dies wie folgt: »Assume that the edges have capacities C_i as shown. Clearly, the maximum flow across any cut-set cannot be greater than the sum of the capacities of the cut edges. Thus minimizing the maximum flow across cut-sets yields an upper bound on the capacity of the network. The Ford-Fulkerson theorem shows that this capacity can be achieved.« (Cover/Thomas 2006, 511f.; Herv. i.O.)

because information flow conserves at all the intermediate nodes in an optimal scheme. However, the analogy fails for multicasting because information needs to be replicated or coded at the nodes. (Ahlswede et al. 2000, 1215)

Die Übertragung von Informationen durch die Netzwerkpfade wird an den jeweiligen Knoten eines komplexeren Netzwerks neu codiert und ist veränderlich. Das Wasser in einer Röhre bleibt dasselbe, egal ob es dazwischen abgezweigt wird und erst am Ende zusammenfließt. Für die mathematische Berechnung macht es einen Unterschied, ob es sich um Wasser handelt, das strömt, oder um Informationen. Um nochmals auf den Beginn des vorliegenden Buchs zurückzukommen, gilt auch in den Ingenieurwissenschaften: *Fließen ist nicht gleich fließen*.

In den verhandelten Positionen zeichnet sich ab, dass auch die Rede von Quellen und Senken nicht metaphorisch zu verstehen ist. Obwohl es scheinbar nahe liegt, dass Informationen wie Wasser aus einer *Quelle sprudeln* und ein *Gefälle herab zur Senke strömen*, handelt es sich nicht um ein anschauliches Bildfeld, das durch den Bezug zu Wasser organisiert wird. Die Fachtermini der Quellen und Senken entstammen der Erforschung der Elektrizität, wie exemplarische Textausschnitte im Zeitraum der 1950er und frühen 1960er Jahre verdeutlichen. Der Mathematiker Louis Hakimi befasst sich in der Publikation *Simultaneous Flows Through a Communication Network* in den *Transactions on Circuit Theory*⁷⁰ ebenfalls mit dem Problem des *maximum flow*. Im Hinblick auf Kommunikationsnetze zeigt er, dass »Inputs« als »Quellen« der Information«, »Outputs« wiederum als »Senken« der Information« bezeichnet werden (Hakimi 1962, 170).⁷¹ Die Kommunikationsstruktur funktioniert wie das vereinfachte Netzwerk bei Ford/Fulkerson (1962). Quellen und Senken markieren die beiden Seiten, zwischen denen Informationen übertragen werden: »We assume that the information flows from the source to the sink.« (Hakimi 1962, 170) Diesen Flow der Übertragung umschreibt Hakimi: »It is clear that every portion of the flow $f_{i,o}$ travels through a path in N from terminal vertex i to o . All such paths allow the passage of information in each direction and in both directions simultaneously.« (Ebd.; Herv. i.O.) Der Flow beschreibt sowohl übertragene Informationen innerhalb eines bestimmten Pfads, auch die Gesamtlast im Netz, deren Übermittlung zwischen Quelle und Senke mathematisch berechnet werden kann. Mac van Valkenburg, Doktorvater von Louis Hakimi, schließt kurze Zeit später gemeinsam mit Wataru Mayeda direkt daran an: »A communication net is a model of a communication flow system in which flow takes place through edges from a source ter-

70 Hier wird nochmals die Nähe des Elektroingenieurwesens mit der frühen Computerwissenschaft und computerisierter Kommunikation deutlich.

71 Vorneweg hält Hakimi fest: »We lose no generality by assuming that all terminal vertices designated by the letter i are assumed to be inputs or the »sources« of information, and those which are designated by the letter o are the outputs or the »sinks« of information.« (Hakimi 1962, 170; Herv. i.O.)

minal to a sink terminal.« (Mayeda/van Valkenburg 1965, 334)⁷² Die Rede vom Flow bezieht sich auf das geregelte Übertragungsgeschehen in Netzen. Quelle und Senke weisen keinerlei Bezug zu Wasser oder einer Metaphorik aus, die sich auf fließendes Wasser bezieht. Abschließend sei dazu beispielhaft auf das Buch *Network Flow, Transportation, and Scheduling: Theory and Algorithms* (1969) des Mathematikers Masao Iri verwiesen. Gleich zu Beginn verdeutlicht er: »A network-flow problem is, mathematically, a special case of mathematical programming problems, in which the constraint relations imposed on variables are intimately connected with a graph, i.e., with a geometrical figure consisting of points and lines.« (Masao 1969, 1)⁷³ Die Rede vom Strömen steht in Zusammenhang mit einem mathematischen Problem, nicht mit einer Metapher oder anschaulichen Vorstellungen fließenden Wassers. Die Rede von strömenden Informationen bezeichnet eine geregelte Übertragung diskreter Einheiten zwischen Quelle und Senke. Ergänzend zu den Ausführungen zu Schaltung und elektrischem Strom gehe ich im Folgenden der Frage nach, inwiefern die Flowchart mit der Rede vom Strömen der Informationen in Verbindung steht. Ich zeige, dass die Flowchart dazu beiträgt, dass die Rede vom Strömen der Informationen in der Entwicklung von Computern gebraucht wird.

4.3 Die Geregelten Ströme der Flowchart

Zahlreiche historische Studien haben die Entstehung und die Funktionen der Flowchart materialreich aufgearbeitet. Das gilt insbesondere für die wissenschaftliche Verortung in der Logistik und der Betriebswirtschaft.⁷⁴ Obwohl sich keine direkte Verbindungslinie von der *ursprünglichen* Flowchart bis zur Rede vom Informationsstrom im Kontext früher Digitalrechner ziehen lässt, können zumindest einige Bezüge aufgezeigt werden. Ausgehend von der Flowchart bedingt die Rede vom geregelten Strom sowohl den Diskurs als auch die Praktiken in der

72 Neben der Modellierung vernetzter Informationsübertragung findet sich die nicht-metaphorische Rede von Quellen und Senken auch in Bezug auf lokale Computerspeichertechnik. Siehe hierzu exemplarisch Corn et al. 1965, 284f.

73 »In the case of a network-flow problem, the physical quantities in question are ›flows‹ and ›tensions‹, and a network is a graph, to each of whose branches a flow [...] and a tension [...] are associated, and each of whose branches is endowed with a function called the ›branch characteristic‹ which constrains the flow and the tension in a prescribed relation.« (Iri 1969, 75) Flows bezeichnen nach Iri die Kontinuität dessen, was innerhalb der Netze übertragen wird: »The flows in a network are assumed to satisfy the continuity condition that the flows do not stagnate, i.e., the sum of the entering (or outgoing) flows at each node is equal to zero« (ebd., 76) Er bedient sich ebenfalls der Kirchhoff'schen Regeln und bezieht zudem Brüche und »Spannungen [tensions]« mit ein (ebd.).

74 Siehe Dommann 2011; Hoof 2015; Gilbreth/Gilbreth 2012.

Computerentwicklung. Die im Weiteren exemplarisch herangezogenen Positionen unterstreichen einmal mehr, dass es sich beim Strömen nicht um Metaphorik handelt. Bereits bei Frank und Lillian Gilbreth, den Entwickler:innen der heute noch im Rahmen der Logistik zum Einsatz kommenden Flowchart, zeichnet sich dies deutlich ab. Grundsätzlich erweist sich die Flowchart als ein »Mittel [means]«, um einen bestimmten Vorgang oder Ablauf grafisch und durch standardisierte Symbole zu »visualisieren« (Gilbreth/Gilbreth 1921, 3). Die Flowchart, bei den Gilbreths noch »process chart« genannt,⁷⁵ verspreche den Nutzen, insbesondere jeweils in den Blick genommene Arbeitsschritte effizienter zu gestalten. »The Process Chart«, so die beiden Gilbreths, »is a device for visualizing a process as a means of improving it.« (Ebd.) Im Rahmen der *Process Chart* bezeichnen die Autor:innen zu verbessernde Vorgänge synonym auch als »Prozesse«. Erfolg hat die *Process Chart* aus dem Grund, weil sie sich als Mittel der Effizienzsteigerung auf ganz unterschiedliche Vorgänge beziehen lässt. Hier zählen häufig wiederholte Bewegungs-, Arbeits- oder Produktionsabläufe.⁷⁶ Die Gilbreths schreiben hierzu:

The process chart lends itself equally well to the routine of production, selling, accounting and finance. It presents both simple and complicated problems easily and successfully; it provides records that are comparable; it assists in solving problems of notification and interdepartmental discrepancies, and it makes possible the more efficient utilization of similarities in different kinds of work and in the transfer of skill. (Ebd., 4)

Die systematische Erfassung und die anschließende Zerlegung unterschiedlicher Vorgänge zum Zweck der Effizienzsteigerung könne sich auf die Montage eines Produkts ebenso beziehen wie auf die standardisierte Kommunikation zwischen einzelnen Abteilungen innerhalb eines Unternehmens. Dabei verstehen sie die *Process Chart* als eine visuelle Darstellungsform, die einen schnell zu erfassenden Überblick über jeweils untersuchte Abläufe ermögliche:

The process chart is a record of present conditions. It presents, in simple, easily understood, compact form, data which must be collected and examined before any improvement in existing conditions and methods is undertaken. Even if exist-

75 Dies hat wiederum Vorläufer, die bis in die Vorkriegszeit zurückreichen. Zu nennen sind zum einen Frank Gilbreths frühere Arbeiten (Gilbreth 1911), zum anderen, schreibt Monika Dommann, »gab es in den 1910er Jahren in den USA aus Kreisen der Verwaltung, des Ingenieurwesens und der Wissenschaften im Rahmen eines Joint Committee on Standards for Graphic Presentation Bemühungen, die grafischen Darstellungsformen zu standardisieren.« (Dommann 2011, 89)

76 Zum Taylorismus siehe das anschließende Kapitel.

ing conditions are apparently satisfactory, the chart is useful as presenting much information in condensed form. (Ebd.)⁷⁷

In der zitierten Passage zeichnet sich deutlich ab, dass ein zu dieser Zeit gängiger, noch nicht durch die Informationstheorie bestimmter Begriff von Information verwendet wird, der eng an die Statistik angelehnt ist (vgl. Peters 1988, 14-16). Obwohl die *Process Chart* möglichst viele »Informationen« (Gilbreth/Gilbreth 1921, 4) über einen bestehenden Vorgang registrieren soll, muss sie zugleich gewährleisten, möglichst schnell einen Gesamtüberblick zu vermitteln. Auf Grundlage dieser Bestandsaufnahme, welche die Produktmontage, die Verladung von Material oder die Unternehmenskommunikation in eine Darstellung überführt,⁷⁸ soll jeweils ein besser geregelter Ablauf eingerichtet werden. Die Autor:innen beschreiben das zusammenfassend als »procedure for making, examining and improving a process« (ebd., 17).⁷⁹ Vor dem Hintergrund der *Process Chart* werde all das, was in sie übertragen wird, als noch nicht ausreichend geregelter Vorgang formatiert, den es zu verbessern gelte. Bestehende Prozesse würden schließlich effizienter gemacht.

Vom Stromvokabular machen die beiden Autor:innen keinen Gebrauch. Für den Bezug zu Computern ist jedoch wichtig, dass im Elektroingenieurwesen die Vorstellung der über die *Process Chart* optimierten Abläufe wenig später mit der Rede vom Strömen in Verbindung gebracht wird. Der Einbezug der *Process Chart* verdeutlicht, dass an den Anfängen eines in die Flowchart eingeschriebenen Kalküls der Regelung keine Metapher oder eine anschauliche Vorstellung stehen, um vor allem Arbeitsvorgänge durch standardisierte Symbole zu erfassen und effizienter zu machen.

Anfang des 20. Jahrhunderts hat dieses Prinzip der Regelung im sich allmählich herausbildenden Bereich logistischer Waren- und Materialbewegungen sowie

77 Sie schreiben weiter: »Every detail of a process is more or less affected by every other detail; therefore the entire process must be presented in such form that it can be visualized all at once before any changes are made in any of its subdivisions. In any subdivision of the process under examination, any changes made without due consideration of all the decisions and all the motions that precede and follow that subdivision will often be found unsuited to the ultimate plan of operation.« (Gilbreth/Gilbreth 1921, 3)

78 »We avoid ›translating‹, interpreting and adapting«, so die Entwickler:innen, »thus eliminating waste.« (Ebd., 5; Herv. MD) Siehe zur zentralen medialen Funktion von Film und Fotografie Bernd Stieglers Herausgabe von Schriften der Gilbreths (2012); siehe zu den »micromotion studies«: »For best results, and especially when complete records are required, such, for example, as when the process charts are of the work that is highly repetitive, micromotion charts can be made which will give the maximum amount of analysis and visualization of component parts of the existing and proposed process.« (Gilbreth/Gilbreth 1921, 15f.).

79 Gilbreths zufolge handelt es sich zudem beim *Prozess* sowohl um das, was es zu erfassen gelte, als auch dessen Darstellung in der *Process Chart* sowie schließlich auch ein vorgestelltes Ideal: »The process chart [...] shows the planned process as well as the present process [...]. In many instances recording industrial processes in process-chart form has resulted in astonishing improvements.« (Ebd., 5)

im Arbeitskontext Konjunktur. Stefanie Müller und Peter Klaus halten in ihrer Einführung in die Geschichte der Wissenschaft von der Logistik fest: »The idea of using the metaphor of ›flow‹ in the context of economic research is very old.« (Klaus/Müller 2012, 10) Obwohl sie den Flow als Metaphorik aufrufen, sind die Autor:innen gerade nicht auf eine Anschaulichkeit von fließendem Wasser aus. Ihr Argument ist dagegen sogar kontraintuitiv und verweist gerade auf einen *nüchternen* Charakter des Flows: »It is obviously attractive to focus attention on the sequential interdependence of activities, and on the need to direct and control the flow of objects through complex networks« (ebd.).⁸⁰ Der Flow, in dem Fall die Beschreibung einer Bewegung von Objekten, die bereits einer bestimmtem Form der Regelung folgt, bedürfe weiterer Kontrolle.⁸¹

Zu Popularität verhilft der Flowchart in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts vor allem der Umstand, dass sie verschiedenste Vorgänge visuell handhabbar macht, die effizienter gestaltet werden sollen. Neben ihrem Einsatz in der industriellen Massenfertigung wird sie »in Wirtschaft und Militär« eingesetzt (Dommann 2011, 93). Beispielsweise dient die Flowchart als Optimierungsmittel sowohl für Warentransporte und die Organisation militärischer Nachschubwege, als auch für manuelle Arbeitsvorgänge oder Entscheidungsfindungen im Management. Ihr Kern bleibt, dass sie Vorgänge erfasst und regelnd eingreift. Dies unterstreicht Ethel Matala de Mazza am Beispiel der Massenfertigung. Sie zieht eine Parallele zum Arbeitsfluss und veranschaulicht das Prinzip der Flowchart. »Damit Herstellungsprozesse mit größter Zügigkeit vorankommen können und gesparte Zeit sich in gewonnenem Geld ausmünzt«, so die Autorin, »muss es bei der Fertigung ›rund‹ gehen, müssen Abläufe beim Übergang zwischen verschiedenen Stationen ›fließen‹.« (Matala de Mazza 2011, 87) Die Rede vom Fließen zieht sie in Bezug auf den Arbeitsfluss zwar gezielt als rhetorische Metapher heran. Sie dient der Autorin aber dazu, auf ein »zeitökonomische[s] Kalkül[l]« zu verweisen (ebd.). Das Fließen beschreibt das Ergebnis regulierender Maßnahmen. Der »Unterbrechung oder Stockung« im Arbeitsprozess müsse entgegengewirkt werden, denn diese werde »teuer bezahlt.« (Ebd.) Das wohl eingängigste Beispiel hierfür ist das Fließband:

Inbegriff und technischer Garant dieses zeitökonomischen Kalküls war das Fließband, das die Fabrikation eines Objekts in unzählige kleine und anspruchslose, dafür um so öfter wiederholbare Handgriffe zerlegte und die Bewegungen der Arbeiter auf eine gemeinsame Linie brachte, indem es sie einer maschinell diktierten Choreographie unterstellte. (Ebd.)

80 Klaus und Müller gehen in ihrer Geschichte der Logistik unter anderem bis zu Quesnay im 18. Jahrhundert zurück (Klaus/Müller 2012, 10). Für die Geschichte der Rede vom Strömen und Zirkulieren siehe ausführlich im fünften Kapitel.

81 Fraglich ist daher, warum die Autoren den Flow als Metapher bezeichnen.

»Handgriffe«, die vereinfacht und der Bewegung des maschinell betriebenen Fließbands unterworfen werden, bedingen den zu optimierenden Arbeitsvorgang (ebd.). Der reibungslose *Arbeitsfluss* beschreibt den Effekt eines Kalküls, durch das Verzögerungen, Leerlauf und Unterbrechungen in bestehenden Arbeitsvorgängen abgemildert oder ausgeschlossen werden sollen. Arbeitende müssen ihre Bewegungsabläufe diesem *geregelten Fluss* unterstellen.

Ein weiterer Grund für den weitverbreiteten Gebrauch der Flowchart ist die bereits früh standardisierte Legende von Symbolen. Abzulesen ist das an einem 1947 publizierten Standard der *American Society of Mechanical Engineers* (ASME). Die im ASME-Standard entworfenen Symbole sind ausdrücklich an die der Gilbreths (1921) angelehnt.⁸² Den Standard für die »Operation and Flow Process Charts« definieren sie folgendermaßen:

A flow process chart is a graphic representation of the sequence of all operations, transportations, inspections, delays, and storages occurring during a process or procedure, and includes information considered desirable for analysis such as time required and distance moved. (ASME Standard 1947, 3)

Dommann unterstreicht, dass Flowcharts allerdings nicht auf ein Wunschdenken zu reduzieren seien, das sich in der Repräsentation von Arbeitsvorgängen oder Warentransporten äußere, da sie folgenreiche Auswirkungen hätten. »Flowcharts sind weit davon entfernt«, so Dommann, »bloß etwas zu repräsentieren.« (Dommann 2011, 90) Sie beschreibt, dass Flowcharts nicht lediglich die Funktion einer Veranschaulichung innehätten, sondern gerade die Repräsentation von Arbeitsprozessen Konsequenzen habe. Die Historikerin schreibt: »Sie stellen zugleich auch Diskussionsunterlagen, Empfehlungen, Verbesserungsvorschläge, Instruktionsanweisungen, Lehr- und Unterrichtsmedien dar.« (Ebd.) Sie konkretisiert in Bezug auf die Bewegung von Material, dass solche »mit Schablonen und Schreibmaschinen erstellten *flowcharts* der Verladung [...] eine klare Botschaft« transportierten: »Operationen, Transportwege, Lagerungsprozesse und Inspektionen sollen reduziert, Wegstrecken verkürzt und die Arbeitszeit dezimiert werden.« (Ebd.; Herv. i.O.) Die Flowchart ist zugleich Imperativ und Regelungsphantasie. Sie hat spürbare Folgen für logistisch organisierte Bewegungen und Arbeitsabläufe in Fabrik, in Unternehmen und im Militär. Als »grafische[r] Methode«, so Dommann, »[deute sich] jenes ingenieurwissenschaftliche Paradigma der Materialbewegung und

82 In den Standards heißt es: »(a) The material type presents the process in terms of events which occur to be material. (b) The man type presents the process in terms of the activities of man.« (ASME Standard 1947, 3) Die Gilbreths werden im Vorwort (ebd., 2) und in Bezug auf die Standardisierung der Symbole (ebd., 4) genannt.

des Materialflusses an, das in der Nachkriegszeit zum zentralen Leitmotiv der Betriebsökonomie avancierte.« (Ebd.)⁸³

Dieses ingenieurwissenschaftliche Leitdenken und der Wunsch nach Regelung spielen auch in die Kybernetik hinein. Claus Pias führt zu dem Zusammenhang aus:

Wesentlich beteiligt an der Herstellung von Analogien sind die (Fluß-)Diagramme, derer sich die Kybernetik unablässig bedient. Denn ein ›Modell bauen‹ heißt ja noch nicht, es materiell zu implementieren, sondern nur eine hypothetische (oder heuristische) ›Maschine‹ herzustellen, deren Eigenheit es (Deleuze/Guattari folgend) ist, heterogene Elemente durch Rekursion und Kommunikation dazu zu bringen, Maschine zu sein. Das Grundmodell einer solchen Maschine, an dem noch die verschiedensten Phänomene kybernetisch ›geerdet‹ werden können, ist der Regelkreis. (Pias 2004, 23f.)⁸⁴

Um diesen kybernetischen Bezug geht es mir im Weiteren. Die Flowchart ist ein Mittel der Regelung, deren Effekt – möglichst reibungslose Abläufe – in der Kybernetik als Flow bezeichnet wird. Entsprechend der vielseitigen Verwendungsformen der Flowchart beschreibt Ross Ashby (1999 [1957]), dass sie Mitte der 1950er auch fernab der Schauplätze von Fabrik, Büro und Verladerampe gebräuchlich sind: »Such diagrams are already of common occurrence. They are often used in physiology to show how a related set of variables (such as blood pressure, pulse rate, secretion of adrenaline, and activity at the carotid sinus) act on one another.« (Ashby 1999, 57) Die Flowchart verspricht, als Regelkreis universell einsetzbar zu sein. Daraus lassen sich wiederum Handlungsanweisungen und Einflussmöglichkeiten erstellen, um außerhalb der vorgegebenen Norm stehende physiologische Werte anpassen zu können.

Ashby geht schließlich auch auf die Kybernetik und die Computerentwicklung ein. »In the design of computing machines and servomechanisms«, heißt es dort,

83 Dommann schreibt weiter: »*Flowcharts* wurden in der Betriebsberatung als Analyse-, Kommunikations- und Vorschriftsinstrumente verwendet. Diese Polyvalenz begründet ihren Erfolg weit über die ursprünglichen Anwendungsfelder in Wirtschaft und Militär hinaus. Flowcharts überquerten in den 1950er Jahren den Atlantischen Ozean und wurden in Europa in betriebswissenschaftliche Lehrgänge integriert und bei Rationalisierungsmaßnahmen verwendet. Sie avancierten zu Symbolen US-amerikanischer Betriebsrationalisierung, galten als einfach handhabbare Rezepte gegen ›Komplexität‹, als ›Abbild‹ unternehmerischer Operationen, als Instrument der Datenerhebung und als ›road map‹ für Planung.« (Dommann 2011, 90ff.; Herv. i.O.)

84 In der synonymen Verwendung von *Tabelle* und *Diagramm* zeichnet sich ab, dass die Flowchart allein schon begrifflichen Veränderungen unterworfen wird. Die Flowchart dient als Mustervorlage für unterschiedliche Visualisierungsmittel und wird in ihren jeweiligen Einsatzbereichen unterschiedlich spezifiziert. Das bedeutet, dass unter dem Begriff nicht zwingend stets dasselbe gemeint ist, da sich die Verfahren der Repräsentation deutlich voneinander unterscheiden können (vgl. Ensmenger 2016).

»they are known as ›control-flow charts‹. They are also used in some large businesses to show the relations of control and information existing between the various departments.« (Ebd.)⁸⁵ Ashby versteht die Regelungsfunktion der Flowchart im Sinne einer kybernetischen Kontrollfunktion. In der Entwicklung und Programmierung der ersten digitalen Computer kommen Flowcharts zwar zum Einsatz, sie stehen aber nicht ausdrücklich in Zusammenhang mit *kybernetischer* Kontrolle. Zudem erweisen sie sich auch nicht als universell einsetzbare Regelkreismodelle. Das zeigen beispielsweise Publikationen im Kontext der Entwicklung und Programmierung des ersten elektronischen Computers ENIAC. Barkley Fritz (1994), der selbst als ENIAC-Programmierer und -analyst am *Ballistics Research Laboratory* gearbeitet hat, beschreibt, welche Funktionen Flowcharts in der Computerentwicklung eingenommen haben.⁸⁶ Rückblickend hält er fest: »A logical description is [...] outlined by setting up a flow diagram of the machine's method of operation for the particular problem. The flow diagram represents a graphical description of the method for obtaining the solution to the problem.« (Fritz 1994, 38) Das Flussdiagramm beschreibe die notwendigen Rechenschritte, die der Computer zur Lösung eines mathematischen Problems ausführen müsse.⁸⁷ Über die Flowchart übersetzen die mit Computern arbeitenden Personen die gewünschten Rechengänge des Computers in den Rechner. Als Bezugspunkt nennt Fritz lediglich in einer Fußnote die Arbeit *Planning and Coding of Problems for an Electronic Computing Device* von John von Neumann und Herman Goldstine (1947), die die Planung sowie den Ablauf von

85 Zur Blackbox schreibt Ashby: »Thus the theory of the Black Box is simply the study of the relations between the experimenter and his environment, when special attention is given to the flow of information.« (Ashby 1999, 110) Hier bezieht er sich auf Stanford Goldmans *Information Theory*. Als Beispiel für jenen »Informationsstrom« führt er später neben anderen die Klimaanlage an: »If I live in an air-conditioned room, and can tell, by the hotness of the room, that it is getting hot outside, then that conditioner is failing as a regulator. If it is really good, and the blinds are drawn, I shall be unable to form any idea of what the outside weather is like. The good conditioner blocks the flow inwards of information about the weather.« (Ebd., 200) Der Informationsstrom bezeichnete dann die (Nicht-)Übertragung von Information, wobei es keinen Unterschied machte, ob sie von einem Menschen oder einer Maschine gesendet und von wem sie empfangen wird. In Bezug auf Wiens Flugabwehr »predictor« und seiner Darstellung im Blockdiagramm hält er an anderer Stelle fest: »[B]ut what do the arrows mean? what is transmitted from box to box? Energy? No, says cybernetics – information.« (Ders. 1952, 154; vgl. weiter Sprenger 2019a, 204f.)

86 Kurz für »Electronic Numerical Integrator and Computer«. Siehe einschlägig Haigh, Priestley und Ropes Arbeit *ENIAC in Action. Making and Remaking the Modern Computer* (2016). An der Programmierung des ENIAC und des EDVAC war auch John von Neumann maßgeblich beteiligt (Aspray 1985, 120; 133).

87 Zwar mag es naheliegen, zum Begriff des Algorithmus zu greifen, aber: »The term ›algorithm‹ was not in use in 1951.« (Fritz 1994, 38)

Computerprogrammen beschreibt.⁸⁸ Der Computerhistoriker Nathan Ensmenger betrachtet von Neumanns Flowchart ebenfalls als wichtige Wegmarke in der frühen Computerentwicklung: »Originally introduced into computing by John von Neumann in the mid-1940s, flowcharts were a schematic representation of the logical structure of a computer program.« (Ensmenger 2016, 322f.) Die Flowchart repräsentiere die Arbeitsweise des Computers, um Rechenprozesse planen, nachvollziehen und durchführen zu können. Ähnlich wie die *Process Chart* der Gilbreths diene die Flowchart in der Computerentwicklung dazu, einen möglichst genauen Überblick über die Rechenvorgänge zu behalten. William Aspray und Arthur Burks konkretisieren dies hinsichtlich von Neumanns Arbeit zur Flowchart.⁸⁹ In einer Kapiteleinführung in der Sammlung wiederabgedruckter Texte von Neumanns verdeutlichen sie, auf welches spezifische Problem die Flowchart im Rahmen der Programmierung von Computern antworte. Aspray und Burks beschreiben, dass der Computer umfassende Rechenaufgaben in so kurzer Zeit bewältigen könne, dass es einer Schematisierung bedürfe, um sein volles Rechenpotential auszuschöpfen. Computer rechneten schlichtweg zu schnell: »Von Neumann saw that these new computers would be able to solve large problems so fast that new programming procedures would be needed to enable mathematicians and programmers to make full use of them.« (Aspray/Burks 1987, 146)⁹⁰ Die Flowchart, hier synonym auch als Flussdiagramm bezeichnet, konnte Abhilfe schaffen: »For this he conceived of flow diagrams, what we now call flow-charts.« (Ebd.) Die folgende Definition der Flowchart fügt sich nahtlos in die bisherigen Beschreibungen ein: »A flow diagram is a labeled graph composed of enclosures and points connected by lines.« (Ebd., 148) Hinzu kommt, dass die Flowchart konkret als ein Zwischenglied diene, um mathematische Aufgaben und Problemstellungen in der Sprache des Computers, das heißt seiner Operationslogik kompatibel zu machen: »To help bridge this gap between the mathematician's description of the desired computation in mathematical language and the corresponding program in program code, von Neumann invented the flow diagram.« (Ebd.) Mit der Flowchart zieht auch das Vokabular vom Strömen in Beschreibungen von Rechenvorgängen im Computer ein.

In dieser Hinsicht ist das Flussdiagramm keineswegs nur ein Darstellungsmittel. Vielmehr muss sie auch das, was vom Computerprogramm berechnet werden soll, in seiner Logik darlegen. Sie hat die Aufgabe, die Rechenprobleme in der Form

88 Fritz fügt an: »Goldstine and von Neumann's work was cited as a reference in the original 1951 paper.« Hierbei bezieht er sich auf seine eigene Veröffentlichung (ders. 1951).

89 Allgemeiner zu von Neumanns Arbeit am EDVAC, siehe Aspray 1990, 238-241.

90 Aspray zeigt zudem, dass sich auch Alan Turings Text *Intelligent Machinery* (ebenfalls von 1947) auf die Flowchart nach Goldstine und von Neumann bezieht. Genauer handelt es sich um »flow-diagramming techniques« (ders. 1985, 132).

zu beschreiben, dass sie von der Rechenlogik des Computers gelöst werden können, um die Rechenleistung voll zu nutzen. Hiermit geht zugleich auch die Rede vom Flow in die Beschreibung der Arbeitsweise von Computern über. Aspray und Burks legen dies dort nahe, wo sie den Vollzug im Sinne der konkreten Durchführung der Rechenschritte in der angefertigten Flowchart beschreiben: »In executing the program corresponding to a given flow diagram, the computer *in effect travels* through the flow diagram.« (Ebd.; Herv. MD) Der Computer rechnet gemäß der von der Flowchart vorgegebenen Pfade. »It begins at the start circle«, so die Autoren weiter, »executes the sequences of orders described in operation boxes, and cycles back or branches off to a new part of the diagram according to the criteria stated in alternative boxes.« (Ebd.) Erst wird die Funktionsweise des Computers in der Flowchart aufgezeichnet, um mathematische Problemstellungen in der Logik des Computers beschreiben zu können. Bei der Verarbeitung der einzelnen Schritte arbeitet dieser schließlich entlang der vorgegebenen Schritte in der Flowchart. Diesen »dynamischen Prozess« des Computers beschreibt Aspray an anderer Stelle als *Flow* (Aspray 1990, 69). Dabei stellt er die Dynamik des Rechners den nicht-dynamischen, statischen Vorgaben der Flowchart gegenüber. Er zeigt, dass Goldstine und von Neumann in Bezug zur Programmierung des Computers zwei Charakteristika anführen: »[W]riting the static code that is entered into the machine and understanding the dynamic process by which the machine executes these orders« (ebd.). Goldstine und von Neumann selbst führen aus: »Since coding is not a static process of translation, but rather the technique of providing a dynamic background to control the automatic evolution of a meaning, it has to be viewed as a logical problem and one that represents a new branch of formal logics.« (Goldstine/von Neumann 1947, zitiert nach Aspray 1990, 69) Dazu eigne sich besonders die Flowchart. »To aid in this dynamic analysis«, so Aspray, »Goldstine and von Neumann invented a logical tool known as a flow diagram: a labeled graph for tracing the dynamic flow as the computer executes orders and changes values of variables.« (Aspray 1990, 69f.; Herv. MD) Aspray legt nahe, dass die Flowchart die Rechenoperationen des Computers im Sinne eines Flows nachvollziehbar mache. Damit findet eine Umkehrung statt: Die Rechenlogik des Computers wird zunächst mit der Flowchart als *Werkzeug* berechenbar. Der Computer arbeitet die einzelnen Abschnitte des Flussdiagramms in der vorgegebenen Reihenfolge ab, wodurch die computerisierten Rechenoperationen wiederum mit dem Flow parallelisiert werden können. Diese Analogie bricht schließlich weg; das Operieren des Computers wird selbst als Flow im Sinne einer »physikalischen Aussage« bezeichnet (Blumenberg 2013, 26).⁹¹ Diese Beschreibung

91 Zu einer kybernetisch motivierten Vereigentlichung siehe David Mindells »Vorgeschichte« der Kybernetik in den Zwischenkriegsjahren. Er zeigt die Verzahnung von Datenstrom und Flowchart am Beispiel der Signalverarbeitung von *Naval Control Systems* (Mindell 2002, 19-68). »Through the interwar years«, schreibt er, »drawings and manuals began to portray

verweist weder auf eine Vorstellung fließenden Wassers, noch ist der Flow eine Metapher.

Publikationen von Standards im Bereich der Computerentwicklung zeigen, dass die Beschreibung von Rechenvorgängen im Computer als Flow zunächst eine Ausnahme bleibt. Anlehnend an *The ACM First Glossary of Programming Terminology* von 1954 stellt Herbert Bright, ebenfalls unter Bezugnahme auf Goldstine und von Neumann, folgende Definition an den Anfang seines Standardisierungsvorschlags: »*Flow Chart* – a graphical representation of a sequence of operations, using symbols to represent the operations such as compute, substitute, compare, jump, copy, read, write etc.« (Bright 1959, 17; Herv. i.O.) Bei der Abfolge einzelner Schritte eines Programms handelte es sich um Rechenvorgänge, die von der Flowchart symbolisch dargestellt werden, nicht aber um einen Flow selbst. Die graphische Tabelle machte demnach die »sequence of operations« des Computers beschreibbar.⁹² Weiter heißt es bei Bright: »In actual practice the flow chart consists of a series of boxes connected by lines with arrows indicating the direction of flow.« (Ebd.) Das bezieht sich auf die Anfertigung von Flowcharts, womit der Flow im Sinne der abgearbeiteten Rechenschritte des Computers selbst zunächst in den Hintergrund rückt. Die »Richtung des Flows« wird im Flussdiagramm durch Pfeile dargestellt und repräsentiert auf dem Papier die nacheinander ausgeführte, schrittweise Logik von Rechenoperationen (ebd.).

Umgekehrt beschreibt Barkley Fritz, wie sich die Flowchart auf die Arbeitspraktiken der Bedienung von Rechnern auswirkt.⁹³ Er beschreibt eine hieraus abgeleitete Arbeitsteilung und koppelt die Flowchart an die Programmierer:innen. Zum »coder« schreibt er: »A person who prepares instruction sequences from detailed flow charts and other algorithmic procedures prepared by others, as contrasted with a *programmer* who prepares the procedures and flow charts.« (Fritz 1963, 154; Herv. i.O.)⁹⁴ Der Flow beschreibt bei Fritz die stufenweise Abfolge

flows of information.« (Ebd., 53f.) Dies ändere sich mit dem zweiten Weltkrieg: »Computing elements appear as black boxes (though sometimes in the shape of the machines themselves), relevant for their inputs and outputs but independent of their internal workings. Arrows represent data flow from one box to another.« (Ebd., 54) Spricht Mindell zunächst noch davon, dass der Flow in den Diagrammen dargestellt würde, nimmt er anschließend Bezug auf seine technische Umsetzung: »Technologies like integrators, amplifiers, servos, and switchboards all enabled data to flow through systems and across human-machine boundaries; technical documentation *both reflected and crystallized* that facility.« (Ebd.; Herv. MD) Die Kritik, inwiefern der Autor im historischen Rückblick ein kybernetisches Denken installiert, muss an anderer Stelle erfolgen.

92 Siehe weiter Rossheim (1963), der sowohl am ENIAC als auch am UNIVAC mitarbeitete.

93 Fritz war zugleich auch Vorsitzender des *Committee on Flow Chart Symbols* der *Association for Computing Machinery* ACM (Bright 1959, 17).

94 Ensmenger beschreibt die Flow Chart in der Computergeschichte fast deckungsgleich: »The idea was that an analyst would examine a problem, design an algorithmic solution, and out-

von Arbeitsschritten, die in Zusammenhang mit dem Programmieren stehen. Der von Programmierer:innen vorgesehene Flow geht als Repräsentation der Schritte, die ein Computer nacheinander durchführen muss, nicht zwangsläufig in den Operationen des Computers selbst auf. Den Grund hierfür beschreibt Ensmenger treffend. Er diagnostiziert später für die 1970er Jahre: »[C]omputer flowcharts were at once both widely used (and useful), and they were almost always an incorrect and inadequate reflection of reality.« (Ensmenger 2016, 324) Mit »Realität« ist das Rechnen des Computers selbst gemeint (ebd.). Flowcharts mussten oft angepasst und überarbeitet werden, bis der Computer die gewünschten Rechenoperationen auch in seiner Logik umsetzen konnte. Der mit der Flowchart angestrebte Flow entspricht nicht zwangsläufig den späteren Rechengängen. Der Flow der Flowchart verweise auf eine Spannung zwischen dem Wunsch nach geregelt ablaufenden Rechenoperationen und der Flowchart als Mittel zur Herstellung des Flows. Ensmenger ergänzt, dass die Flowchart von Programmierer:innen keineswegs nur als Hilfsmittel angesehen wurde: »But every programmer in this period also knew that although drawing and maintaining an accurate flowchart was what programmers were supposed to do, this is rarely what happened in actual practice.« (Ebd., 323)⁹⁵ Dementsprechend erweist sich das Wechselverhältnis zwischen Flowchart und Computer nicht ausschließlich als produktiv. »Many flowcharts«, schreibt Ensmenger gegen eine Idealvorstellungen an, »were only superficial sketches to begin with and were rarely updated to reflect the changing reality of a rapidly evolving software system.« (Ebd.) Er zeigt die Differenz zwischen der Vorstellung geregelt ablaufender Rechengänge und ihren Beschränkungen in der alltäglichen Umsetzung. Das verdeutlicht sich insbesondere in der Praxis. Was Programmierende am Schreibtisch an Befehlsstrukturen planen oder optimieren – oder auch nicht –, kollidiert durchaus mit deren Umsetzung im Computer. Dies geht auf dessen Rechenlogik zurück, der nur Eingaben und Befehle verrechnen kann, die seinem logischen Aufbau entsprechen. Zwischen den angefertigten Charts und den vom Computer ausgeführten Arbeitsprozessen besteht keineswegs eine Deckungsgleichheit. Trotzdem wird die Rede vom geregelten Strömen durch die Handhabung der Flowchart in den Diskurs der Computerentwicklung übersetzt. Hierin beschreibt die Flowchart prinzipiell einen geregelten oder kontrollierten Rechengang. Der Begriff zeigt sich sowohl in der Rede über Informationsverarbeitung durch Computer als auch in der Planung von Rechenarbeit mittels symbolischer Instruktionen. Was bei Gilbreths noch Arbeitende und Arbeitsabläufe

line that algorithm in the form of a flowchart diagram. A programmer (or <code>) would then translate that flowchart into the machine language understood by the computer.« (Ensmenger 2016, 322)

95 Flowcharts erweisen sich auch als lästig: »Most programmers preferred not to bother with a flowchart or produced their flowcharts only after they were done writing code.« (Ebd., 323)

sind, die durch die Anfertigung von Flowcharts durch das Management zu optimieren sind, wird schließlich zur (Rechen)Arbeit des Computers.⁹⁶ Die Gesamtheit der Verbindungslinien, die die einzelnen Boxen beziehungsweise geplanten Rechenschritte miteinander verbinden, repräsentiert den Flow des Flussdiagramms. Der Flow schreibt den Programmablauf vor, wobei die Rechenvorgänge selbst ausschließlich der computereigenen Logik und deshalb nicht strikt der Flowchart folgen können. Das zeigt sich gerade dann, wenn die Übersetzung der vorgesehenen Rechenoperationen von der Tabelle in den Computer nicht wie vorgesehen erfolgt.

Obwohl sich die Verbindungen zwischen Shannons Flussdiagramm zur Kommunikationstheorie, dem ingenieurwissenschaftlichen Vokabular elektrischer Ströme in der Entwicklung von Digitalrechnern sowie der Entwicklung der Flowchart noch enger ziehen ließen,⁹⁷ steht dies nicht im Mittelpunkt meines Interesses.⁹⁸ In keinem der angeführten Texte wird die Vorstellung fließenden Wassers herangezogen, um den Flow der Flowchart zu beschreiben. Und in keinem der Fälle ist der Flow eine Metaphorik oder antwortet auf eine theoretische Verlegenheit. Dabei macht es keinen Unterschied, ob der Flow eine gleichmäßig verstreichende Zeit, zu optimierende Bewegungsabläufe, die Arbeit von Programmier:innen oder Rechenvorgänge eines Computers bezeichnet. In die Flowchart schreibt sich die Vorstellung eines durchweg geregelten Strömens ein, das durch den Computer eingelöst werden soll. Er soll möglichst reibungsfrei und effizient rechnen. Die Rede vom Fließen und Strömen ist in Zusammenhang mit der Flowchart naturalisiert, Metaphorik spielt keine Rolle.

Die Beschreibungen der elektrischen Schaltung und der Flowchart machten deutlich, dass der Informationsstrom kein trennscharfer Begriff ist. Das Stromvokabular hat ganz unterschiedlich gelagerte Bedeutungen. Ohne ihren jeweiligen Kontext sagt die Rede vom Strömen zudem an sich wenig darüber aus, in welchem Umfang Informationen verarbeitet und übertragen werden oder was für ein Informationsgeschehen mit dem Strömen überhaupt adressiert ist. Was jene

96 Danke an Eva-Maria Nyckel für diesen Hinweis.

97 Aspray deutet die Verbindung der Flowchart und Computer in Bezug zu Unternehmen an und beschreibt die Tätigkeit von Neumanns als Berater für IBM (Aspray 1990, 242).

98 Das gilt auch für die Bestimmung, worum es sich bei der Flowchart im jeweiligen Fall handelt. Dass diese recht unterschiedliche Funktionen und Einsatzgebiete hat, beschreibt Ensmenger: »[E]very flowchart had multiple meanings and served several purposes simultaneously. Yes, flowcharts were imagined (and sometimes used) as design specifications for programmers, but they were also tools for analysis, planning, and communication. For managers, they were a mechanism for organizing the work process, estimating costs, managing projects, and exerting industrial discipline. Flowcharts were blueprints, contracts, and documentation. They could also be read as maps of the technological, social, and organizational life of software systems.« (Ensmenger 2016, 324)

Versatzstücke neben ihrem Bezug zur Computerentwicklung verbindet ist, dass es sich bei der Rede vom Strömen der Informationen nicht um eine Metapher handelt. Das Strömen wird nicht anhand einer vorgestellten Bildlichkeit austariert oder eigens zur Beschreibung der computerisierten Informationsverarbeitung und -übertragung zugeschnitten. Zudem ist die Rede vom Strömen nicht metaphorisch, sondern bereits *beim Wort genommen* und naturalisiert. Der historische Orientierungsrahmen der Rede von strömenden Informationen umschließt unterschiedliche Wissensfelder, die um die Frage der Regelung zentriert sind. Genauer meint das ein Kalkül der Regelung. Dies bezeichnet sowohl das Ideal umfassender Regelung im Sinne von Kontrollierbarkeit, als auch die Entwicklung von Techniken und praktischen Verfahren für die Herstellung jeweils geregelter Abläufe. Weiterhin schließt das nicht aus, dass die damit beschriebene Verarbeitung von Information unterbrochen sein kann oder ungleichmäßig abläuft. Dieser herausgearbeitete Hintergrund der Regelung verdeutlicht, dass die Beschreibung von Informationsströmen als bildliche Metapher nicht unproblematisch ist. Gegenwartsdiagnosen, die sich auf Vorstellungen fließenden Wassers oder auf kultur- und medienwissenschaftlich etablierte Konzepte beziehen, bekommen diesen geschichtlichen Hintergrund nicht in den Blick und übernehmen ihn zugleich durch den Gebrauch der Rede vom Strömen der Informationen. Das gilt auch für Untersuchungen, die metaphorische Lesarten des Informationsstroms durch eine sprachliche oder technische Eigentlichkeit aufzulösen versuchen. Beschreibungen der Gegenwart, die das Vokabular des Informationsstroms gezielt als eine epistemische Ressource der Theoriebildung gebrauchen, ohne deren Geschichte zu berücksichtigen, affirmieren ein ingenieurwissenschaftliches Kalkül der Regelung. Das liegt nicht zuletzt daran, dass sich die Bedeutung der Rede von strömenden Informationen verselbstständigt.

4.4 Ab 1960: Informationsströme zwischen Metaphorisierung und Mathematisierung

Ab den 1960er Jahren lässt sich beobachten, dass unterschiedlichste Wissensgebiete, die auch außerhalb der Ingenieurwissenschaft liegen, zunehmend Gebrauch von der Rede von strömenden Informationen machen. Dies reicht vom Packet-Switching im Zuge der Nachrichtenübertragung in distribuierten Netzwerken, die Entwicklung der IT-Sicherheit, die Computerisierung von Arbeitsplätzen und die hiermit erfolgende Umstellung des Unternehmensmanagements, wie etwa auch die philosophische Disziplin, die sich der Beziehung von mathematischer Logik, Computer und Kommunikation widmet. Sie alle teilen, dass sie einen Bezug zu digitalen Computern ausweisen und benennen, um was es sich bei der Rede vom Strömen der Informationen handelt. Zugleich ist das, was die Autor:innen mit der

Rede von strömenden Informationen bezeichnen, breit aufgefächert. Im Folgenden geht es mir lediglich darum, jene vier Wissensgebiete über ausgesuchte exemplarische Publikationen zu skizzieren, um zu verdeutlichen, dass die Stromsemantiken mit der Veränderung ihres jeweiligen Kontexts stark variieren. Es geht mir nicht um die jeweiligen Fachdisziplinen selbst, variierende Semantiken der Stromwörter innerhalb eines Felds oder um semantische Verschiebungen über einen bestimmten Zeitraum innerhalb einer Disziplin. Ziel ist anzudeuten, dass sich nicht eine einzelne Bedeutung der Rede von strömenden Informationen konsolidiert, sondern sie sich weiter vervielfältigt.

Die Bedeutung der Rede vom Strömen im Rahmen des Packet-Switching erweist sich vor der obigen Herausarbeitung des geschichtlichen Hintergrunds noch am vertrautesten. In den 1960er Jahren ermöglicht das Ingenieurwesen, einzelne Computer miteinander über geografische Distanzen hinweg miteinander zu verbinden. Die Aussicht auf zunehmend dichter werdende Computernetzwerke und der vom Kalten Krieg bestimmte Innovationsdruck, dezentrale Kommunikationsstrukturen technisch einzurichten, führen zur Entwicklung des Packet-Switching. Donald Davies (2001; 1966), Leonard Kleinrock (1964) und Paul Baran (1964) arbeiten jeweils zur distribuierten Übertragung von Nachrichten und machen dabei Gebrauch vom Stromvokabular. Mediengeschichtlich ist dies gut aufgearbeitet.⁹⁹ Stromwörter bezeichnen jeweils ein Set an mathematischen Berechnungen sowie technischen Verfahren, um Informationen in einem Kommunikationsnetzwerk von einem Ort zum anderen geregelt weiterzuleiten. Informationen, die über einzelne Knotenpunkte gesendet werden, verkehren nicht ungeregelt. Die Rede vom Strömen bezeichnet die geregelte Übertragung von Informationen, sie wird nicht im Sinne einer Metapher oder als ein anschauliches Bild aufgerufen.

Daneben nimmt die Rede vom Informationsstrom vor allem im Diskurs der Computersicherheit einen zentralen Stellenwert ein. Dieser bezieht sich nicht auf vernetzte Kommunikation, sondern zunächst auf Zugriffsrechte innerhalb von

99 Zur historischen Aufarbeitung des Packet Switching siehe Abbate 1999 (insbesondere 7-41). Sie zeigt am Beispiel der zunächst unabhängig voneinander stattfindenden Entwicklung des Packet-Switching in den USA und Großbritannien der 1960er Jahre den militärischen Hintergrund der Entwicklung des Internets; siehe weiter Galison 2001. Sebastian Gießmann (2014) benennt in dem Rahmen die wissenspolitische Stellung von Baran und moniert, dass dieser häufig eine Sonderstellung einnehme. Den Unterschied im konzeptionellen Ansatz der Nachrichtenübertragung zwischen Baran und Kleinrock benennt er folgendermaßen: »Im Gegensatz zu Baran findet keine Fragmentierung in Blöcke oder Pakete statt. Kleinrock nimmt an, dass Nachrichten immer schon verspätet sind und verteilte Netze ihre notorische Nachläufigkeit weiter verstärken.« (Gießmann 2014, 343; vgl. ebd., 329; Anm. 1) Sprenger schreibt, dass Kleinrock gegenüber Baran »flows statt bursts modelliert und zwischen stetigem und unstetigem flow unterschieden wird« (Sprenger 2015, 91; Anm. 42). Vgl. weiter Schmitt 2016a.

Computersystemen. Die Rede vom Strömen steht in enger Verbindung mit Sicherheitsaspekten, die Zugangsbeschränkungen in Form von Nutzungsrechten und Autorisierungsstufen von User:innen auf bestimmte Informationen regeln.¹⁰⁰ Die Rede vom Informationsstrom bezeichnet eine Speicherstruktur, die insofern sicher ist, als dass Personen ohne Berechtigung keinen Zugang zu bestimmten Dateien erhalten.¹⁰¹ Beim Strömen handelt es sich auch hier nicht um eine Metapher, sondern es bezeichnet die Zugangsrechte zu Computern, die regeln, dass unautorisierte Zugriffe auf bestimmte Verzeichnisse und Daten im Computer ausbleiben.

Die Rede vom Strömen der Informationen wird auch in Management-Publikationen herangezogen, die sich auf den Einsatz von Computern in Unternehmen beziehen. Alan Goldman schreibt bereits 1959 im *Journal Management Science*: »Let us briefly introduce the general theory of communications in simplified form. We start with the simplest model in which there is an input of information flowing through a processing area and output results.« (Goldman 1959, 270) Goldman nennt als ein Beispiel »the sales processing area – orders are received, processed, and sent out to the shop to be filled« (ebd.) und beschreibt den Vorgang mit deutlichem Anklang an Wiener als »the circular flow of information, or feedback« (ebd., 278).¹⁰² Auch War-

100 Die Informatikerin Dorothy Denning, die im Rahmen der Computersicherheit Pionierarbeit leistet, schreibt: »The security mechanisms of most computer systems make no attempt to guarantee secure information flow. »Secure information flow«, or simply »security«, means here that no unauthorized flow of information is possible.« (Denning 1976, 236) Dennings Arbeit wird in der jüngeren Forschungsliteratur als einschlägiger Bezugspunkt des »field of quantitative information flow« genannt: »Following Denning's seminal work, Shannon entropy has been widely used in the field of quantitative information flow for the leakage of confidential information. But as the field of quantitative information flow continued to evolve, new measures of uncertainty and of information were proposed.« (Alvim et al. 2019, 50) Der *Technical Report* von David E. Bell und Leonard J. LaPadula gilt als erstes mathematisches Modell der Computersicherheit. Die Autoren stellen ihre Beschreibungen auf systemtheoretische Grundlagen (Bell/LaPadula 1973); siehe Simon Foleys *A Model for Secure Information Flow* (1989) und *A Universal Theory of Information* (1987), die an Ashbys Informationstheorie anschließt.

101 Vijay Varadharajan (1990) fasst die Diskussion so zusammen: »Information flow models attempt to explain all possible ways in which information may be compromised in a computer system. [...] Essentially, the flow of information between system entities is restricted not to violate a prescribed set of flow policies. Typically, [...] the control of flow of information between two entities is defined in terms of security classes associated with them.« (Varadharajan 1990, 53) An zentraler Stelle steht ein geregeltes Strömen.

102 Dionysios C. Tsihrizis und Frederick Horst Lochovsky (1980) schreiben zu den Anforderungen der Computerisierung der Büroarbeit: »Eventually, however, the computer will take a more active role to become the controller of the information flow. It can relieve the office worker of many of the trivial tasks that now must be done. For example, it can act as a coordinating agent, waiting for certain inputs to arrive or actions to happen and only notifying the user when all parameters for action are available. It can disseminate information, like

ren Brown beschreibt im *Academy of Management Journal* (1966) jegliche Kommunikation als Flow. Er bezieht sich auf einen »systems analysis approach« und untersucht »complex, formal organizations, where the structure and flows in the organization are purposeful and planned, i.e. rational systems as opposed to self-organizing or natural ones.« (Brown 1966, 318f.)¹⁰³ Die Rede vom Strömen der Informationen bezieht sich auf kybernetische und systemtheoretische Annahmen und bezeichnet eine geregelte Informationsverarbeitung. Was als strömend beschrieben wird, dient dem Zweck, die Kontrolle von Kommunikation in Unternehmen effizienter zu gestalten. Das erinnert an die Funktion der Flowchart und ihrer Vorgänger bei Gilbreths.

Schließlich nimmt das Wort Informationsstrom in einem interdisziplinären Gebiet, das sich zwischen den Polen der Computerwissenschaft, mathematischer Logik und Philosophie entfaltet, eine zentrale Position ein. Exemplarisch nehmen Jon Barwise und Jerry Seligman (1993) an, dass »human communication and computational systems« Gemeinsamkeiten teilten (Barwise/Seligman 1993, 252). Zugrunde liege beiden das Problem der »very nature of meaning and information« (ebd.). Sie offerieren ein Konzept »for understanding the most important characteristics of information flow, be it in heating systems, computational systems, or the systems that make up human languages.« (Ebd., 254) Im ersten Kapitel ihres später vorgelegten Buchs *Information Flow* (1997) führen sie zunächst eine weit gefasste Definition vom Informationsstrom an: »Once one reflects on the idea of information flowing, it can be seen to flow everywhere – not just in computers and along telephone wires but in every human gesture and fluctuation of the natural world.« (Dies. 1997, 4)¹⁰⁴ Zum einen schlägt hier Shannons Informationstheorie durch, für die es keinen Unterschied macht, was kommuniziert wird. Zum anderen kommt Wieners Ansicht von Automaten zum Tragen, die an der Stelle unterschiedslos auf Infrastrukturen, Men-

memos, automatically at the users request according to prespecified criteria.« (Tsichritzis/Lochovsky 1980, 1056)

- 103 Brown verweist auf das Buch *The Social Psychology of Organizations* von Daniel Katz und Robert Kahn (1966), dessen neuntes Kapitel *Communication: The Flow of Information* auf Informationsströme eingeht (Brown 1966, 321; Anm. 3).
- 104 Die Autoren mahnen zwar an, dass die Rede vom Strömen nicht unproblematisch sei: »There are no completely safe ways of talking about information.« (Ebd., 12) Der Grund hierfür liege insbesondere in der Metaphorik: »The metaphor of information flow is a slippery one, suggesting the movement of a substance when what occurs does not necessarily involve either motion or substance.« (Ebd., 4) Hieran anschließend fragen sie: »The value of the metaphor lies largely in the question it raises: How *do* remote objects, situations, and events carry information about one another without any substance moving between them?« (Ebd.; Herv. i.O.)

schen und überhaupt die gesamte nicht-technische Welt übertragen wird. »Information flow«, so Barwise und Seligman, »is necessary for life.« (Ebd.)¹⁰⁵

Nur die Andeutung der vier Forschungsfelder erlaubt bereits zu zeigen, dass Autor:innen die Rede vom Strömen je nach Wissensgebiet und Untersuchungsgegenstand sehr unterschiedlich auffassen. Für jedes einzelne Gebiet ließe sich eine eigene Geschichte der Rede vom Informationsstrom schreiben. Die Ausbreitung des Worts ist vergleichbar mit dem Effekt, den die Popularisierung der Kybernetik für das Vokabular vom Regelkreis, der Rückkopplung und der Kontrolle birgt. Spätestens ab den 1960ern fächert sich das Vokabular der Kybernetik in eine Vielzahl wissenschaftlicher Disziplinen auf. »Dazu gehören nicht nur Militärwesen und Theologie, die angestammte Domänen kybernetischen Wissens sind, nicht nur Grenzbereiche wie Wellness und Pendelkunde, Homöopathie und Selbsterfahrung« (Pias 2004, 19). Darüber hinaus affiziert die Kybernetik »ein vollständiges Spektrum von Kunst und Literatur, Biologie und Soziologie, Ökonomie und Politik, Management und Maschinenbau, Psychiatrie und Ökologie, Sport oder Philosophie.« (Ebd.) Dies kann parallel auch für die Rede vom Strömen der Informationen geltend gemacht werden. Die Popularisierung der Kybernetik mag neben dem zunehmenden Einsatz von Computern und den ihn begleitenden Fachjargon zur Verbreitung des Worts durchaus beigetragen haben. Wichtiger ist aber, dass die Rede vom Strömen vergleichsweise früh und noch mit engem Bezug zur Computerentwicklung verwendet wird, als sei ganz selbstverständlich, was darunter zu verstehen sei.

Deutlich äußert sich das in folgender Diskussion: Bereits Mitte der 1950er Jahre diskutieren Wissenschaftler:innen auf dem *Symposium on the Impact of Computers on Science and Society* die Relevanz und den Einfluss von Computern. Einer der Vortragenden ist Jay W. Forrester, der mitunter Direktor des MIT *Digital Computer Laboratory* war. In der abschließenden Diskussion regt er an: »We should just recognize the importance of information flow and its processing as an important factor in everyday living.« (Forrester 1956, 157)¹⁰⁶ Im Kontext der Diskussion meint er damit die Informationsverarbeitung und ihre zentrale Rolle als akademische Disziplin. Er ergänzt noch, »information handling in its broadest sense is one of the basic sci-

105 An anderer Stelle formalisieren Lawrence Moss und Jerry Seligman in einem Beitrag für den Sammelband *Logic and Information Flow* (van Eijck/Visser 1994) die Verbindung von Logik und Informationsstrom. Anlehnend an Fred Dretskes *Knowledge and the Flow of Information* (1981) hält der Beitrag von Moss/Seligman (1994) fest: »In the terminology of classification domains, we want to characterize when one site s_1 's being of a type t_1 ›carries‹ the information that another site s_2 is of type t_2 . When the information is carried, we say that the information flows from s_2 to s_1 .« (Moss/Seligman 1994, 114; Herv. i.O.)

106 Bekannt wird Forrester später als Sozialkybernetiker im Rahmen des Club of Rome, etwa als Verfasser des Buchs *Der teuflische Regelkreis. Das Globalmodell der Menschheitskrise* (1972); vgl. Pias 2009, 275f.

ences« (ebd.).¹⁰⁷ Unklar bleibt, was genau Forrester mit dem Strömen der Informationen bezeichnet. Obwohl die Diskussionsrunde das Wort nicht weiter aufgreift, ist das Ausbleiben einer Diskussion oder einer Nachfrage zum Begriff selbst ein Indiz dafür, dass die Rede vom Informationsstrom bereits als selbstverständliche Vokabel gebraucht wird.

Dass hiermit für manche zeitgenössischen Beobachter:innen ein Verlust einhergeht, was die erforderliche begriffliche und vor allem mathematische Bestimmung der Information angeht, zeigt 1962 der Elektroingenieur Peter Trier in *Elementary Concepts of Information Theory*. Trier, der in den 1950ern die *Mullard Electronics Research Laboratories* im Englischen Redhill, Surrey leitete,¹⁰⁸ nimmt die Informationsverarbeitung und -übertragung durch »elektrische Signale« in den Blick. Notwendig sei »to define a quantitative measure of information and to derive relations between this quantity and the parameters of a given communication system and also to determine criteria for a maximum information flow under given conditions.« (Trier 1962, 98) Die Übertragung von Informationen durch einen Kanal müsse hinsichtlich seiner größtmöglichen Auslastung genau berechnet werden können (ebd.). Mit Blick auf ein gut definiertes Verständnis von Information fordert er ein, dass es einer Differenzierung bedürfe: »It might appear that information is too loosely defined as a concept to be submitted to quantitative analysis« (ebd.). Notwendig sei eine genaue Bestimmungsarbeit. Trier drängt daher auf eine deutliche Unterscheidung »between the amount of information in a message, its meaning (semantic aspects), and its value (philosophical aspects).« (Ebd.) Um also auch Informationsströme als Variable quantitativ berechnen zu können, müsse sie sich klar von »semantischen« und »philosophischen« Gesichtspunkten abgrenzen (ebd.). Ähnliche argumentiert kurze Zeit später auch der Ingenieur Robert A. Fairthorne, dessen Arbeiten zur Informationstheorie breit rezipiert wurden.¹⁰⁹ Er bemängelt im Text *Morphology of »Information Flow«* den undifferenzierten Gebrauch der Rede von Strömen. Verglichen mit Triers Argument richtet sich seine Kritik noch stärker auf die

107 Der Hintergrund von Forresters Frage zeigt sich in seinem vorangehenden Vortrag. Darin stellt er einige Punkte zur Frage eines Fachkräftemangels vor, der sich auf ausgebildete Personen bezieht, die zur Arbeit am Computer eingesetzt werden können: »Many discussions in the computer field these days revolve around the shortage of engineers and scientists and the shortage of people to work with computers. I think the shortage goes a lot farther than just the engineering and scientific personnel. I want to say more about that later, but maybe a few words might be in order suggesting that we keep our perspective on the matter of an engineering and scientific personnel shortage.« (Forrester 1956, 150)

108 Ab 1977 leitete er die *Philips Research Laboratories*. Siehe <https://www.bl.uk/voices-of-science/interviewees/peter-trier/audio/peter-trier-managing-the-mullard-electronics-research-laboratories> (letzter Zugriff 31.05.2022).

109 Siehe weiterführend Michael Bucklands populäre Arbeit *Information and Information Systems* (Buckland 1991, 4).

Rede vom Informationsstrom selbst: »The word ›information‹ and such phrases as ›information flow‹ appear frequently in papers on topics ranging from data processing equipment to higher education, from psychology to the storage and retrieval of documents.« (Fairthorne 1967, 710) Dass Datenverarbeitung, Bildung, Psychologie und Dokumentverwaltung gleichermaßen vom Informationsstrom sprechen könnten, zeige zwar die breitgefächerte Anwendbarkeit des Worts. Der Autor wendet jedoch ein, dass sein Gebrauch in verschiedensten Wissensgebieten darauf hindeute, dass es keinerlei semantischen Kern der Rede vom Informationsstrom gebe. Dies macht er an der sprachlichen Funktion des Worts fest: »Often their use is merely metaphorical, or they are convenient labels for an amorphous mass of ill-defined activities and phenomena.« (Ebd.)¹¹⁰ In ihrer Zuspitzung könnte diese Kritik auch an gegenwärtige kultur- und medienwissenschaftliche Arbeiten herangetragen werden. Fairthorne ergänzt, dass die Rede vom Strömen der Information darüber hinaus so selbstverständlich gebraucht werde, dass in manchen Fällen erst der »Kon-text« einen Rückschluss auf die Wortbedeutung erlaube:

Sometimes context determines the meaning, e.g., whether transfer rates of marked objects (records), average power consumption required for signaling, sets of linguistic expressions, changes in the state of knowledge of recipients, structural change produced by stimuli on automata, number of natural language lexical units uttered or written per second, accession rate of new documents, or any other rates associated with any processes involved in message transfer. (Ebd.)

Erst über das jeweilige Fachgebiet lasse sich erschließen, ob das Wort im Rahmen der Linguistik, der Signal- oder beispielsweise der Dokumentverarbeitung verwendet werde. Je nach Fall bezeichne das Strömen etwas anderes. Zuletzt gebe es auch Fälle, in denen selbst der jeweilige Bezugsrahmen keinen Hinweis mehr geben könne, um was es sich beim jeweils angeführten Informationsstrom handelte. Das gelte insbesondere dann, wenn die Verwendung des Worts nicht kohärent sei und die Rede vom Strömen »refers to something different each time it is used, even within the same passage.« (Ebd.)¹¹¹ Fairthornes Kritik bezieht sich zuletzt auf die Beliebig-

110 Wie schon bei Trier (1962) meint *metaphorisch* bei Fairthorne (1967), dass ein Begriff oder Vorgang (noch) nicht hinreichend mathematisch definiert und damit semantisch ungenügend sei.

111 Im Bereich der Konstruktion von Computern setzt er deshalb auf eine Art mathematisch präziser Sprache, die keine Abweichungen erlaube: »Engineering development of symbol manipulating systems demands that metaphorical expressions be replaced by names and verbs denoting observable, and controllable, entities.« (Fairthorne 1967, 710f.) Hierzu erstellt er ein komplexes Flow-Modell (ebd., 716ff.), das er am Schluss aber konsequenterweise als gleichermaßen ungenügend rahmt: »But even if meaningful, such [flow] talk is rarely useful or helpful.« (Ebd., 719) Damit adressiert er konkret diejenigen, die den »Output« des Computers interpretieren müssen und denen die Deutung einer Nachricht obliege. Hierin äußert sich

keit dessen, was mit dem Strömen von Informationen gemeint sein kann. Mit dem exemplarischen Verweis auf die Metapher zeigt er, dass gerade im Rahmen der Arbeit mit und an Computern ausschließlich von präzise definierten Informationsströmen die Rede sein sollte. Trier und Fairthorne problematisieren somit beide die nicht hinterfragte Selbstverständlichkeit der Rede vom Strömen der Informationen. Mir geht es weniger darum zu zeigen, dass es Kritik an der Rede vom Strömen gibt, die vorwiegend über ein Argument geleistet wird, das auf den ungenauen Gebrauch des Worts im Sinne einer Metaphorik zielt. Ausschlaggebend ist, dass Ströme von Informationen immer wieder dahingehend von Autor:innen thematisiert werden, dass ungenaue und unbestimmte Redeweisen durch mathematische Berechenbarkeit und Exaktheit im Sinne einer »physikalischen Aussage« abgelöst werden müssten (Blumenberg 2013, 26).

Eine weitere Kritik unterstützt die Haltung Triers und Fairthornes und zeigt, dass sie auch 20 Jahre später dieselben Aspekte in den Blick nimmt. Niv Ahituv, der als Wissenschaftler für Informationssysteme an der Schnittstelle von Informationswissenschaft und Management forscht, macht ebenfalls auf den breiten und zugleich vagen Gebrauch der Rede vom Informationsstrom aufmerksam. Wie Fairthorne bezieht er sich auf die selbstverständliche Verwendung des Worts in unterschiedlichsten Fachgebieten, konzentriert sich hierbei aber auf die Verschränkung von Computer und Informationstheorie. »Many various scientific disciplines«, so Ahituv, »deal with certain stages along the process of information flow; for example, communications theory, systems analysis, computer science, information economics, cognitive science, accounting, and systems theory, among others.« (Ahituv 1987, 781) Aus dem Grund variere auch, was unter dem Strömen von Informationen zu verstehen sei. Er beobachtet: »Despite the numerous disciplines, there is no common core of theory in IS [information systems]; on the contrary, each school has developed its own jargon, models, and theories, and many of them overlap, yet not coincide, and sometimes even contradict« (ebd.).¹¹² Seine Diagnose unterscheidet sich von den Ordnungsrufen der 1960er Jahre in der Hinsicht, dass die Rede

sein Glaube an eine formalisierte Sprache, die an die computerisierte Informationsverarbeitung angelehnt ist.

- 112 Entgegen der Kritik der 1960er Jahre, die auf eine präzise mathematische Berechenbarkeit der Informationsübertragung pocht, sucht der Autor dem undifferenzierten Gebrauch mit einem »Metamodell« entgegenzuwirken. Ahituv verbindet das »Modell eines Informationsstroms« mit dem des »Informationssystems« (Ahituv 1987, 781) und führt aus: »The transfer of data from station to station is labeled the *data-flow process* (information flow). The various stations, their components, and the links between stations are named the *information processing system*.« (Ebd., 782; Herv. i.O.) Das Modell ist so umfassend, dass es neben der Produktion von Informationen und mechanischer Informationsverarbeitung auch gesprochene Sprache und Kognition einbezieht.

vom Informationsstrom inzwischen auch innerhalb einer sich ausdifferenzierenden Vielfalt an Fachgebieten, die auf informationstheoretischen Grundlagen aufbauen, auf ebenso vielseitige Weise eingesetzt wird. Dieser sich auf immer weitere wissenschaftliche Felder erstreckende Gebrauch der Rede vom Informationsstrom lässt sich problemlos bis in die Gegenwart nachzeichnen.

Das verdeutlicht der Text *Information Flows in Causal Networks* (Ay/Polani 2008). In ihrer informationstheoretisch grundierten und systemtheoretisch ausgerichteten Studie halten Nihat Ay und Daniel Polani fest: »A particular interest lies in the identification of the ›flow of information‹, in the sense of identifying how information is processed in a given system.« (Ay/Polani 2008, 17) Um den Informationsstrom beschreiben zu können, bedürfe es eines geeigneten Mittels. »The utility of having a proper measure for a ›flow of information‹, so die Autoren, »can be seen in a number of recent papers that use simplified forms of information flow measures to characterize complexity of information processing, robustness, or information processing in agents, as well as the complexity of neural interactions.« (Ebd., 17f.) Gerade in der vielfältigen Anwendbarkeit der Beschreibung von Strömen in biologischen oder neuronalen Netzen, Kognition oder Wahrnehmung, sehen die Autoren den Einsatzpunkt ihrer Studie. Sie nehmen an, »the variety of applications for a notion of information flow signals an increased need for a well founded measure of information flow and promises a wide and fruitful scope of applications for such a measure.« (Ebd., 18) Wieder ist die Forderung, angesichts des ubiquitären und uneinheitlichen Gebrauchs des Informationsstroms eine Basis zu schaffen, die auf exakte mathematische Berechenbarkeit zielt. Die aufgeworfene Frage einer *angemessenen* Beschreibung des Strömens von Informationen nach Maßgaben der Informationstheorie zieht sich durch vom Elektroingenieurwesen der 1950er Jahre bis in die Gegenwart. Auch wenn sich nur wenige solcher kritischen Reflexionen finden, in denen die jeweilige Bedeutung und sprachliche Funktion der Rede vom Informationsstrom zum Thema gemacht werden, dienen sie zugleich als Gradmesser für die immer weitere Verbreitung des Worts und seine ausfransende Bedeutung. Ausgehend von der Beobachtung, dass das Wort Informationsstrom immer häufiger nicht trennscharf eingesetzt werde, schlagen die Autoren neue Modelle vor oder mahnen eine Besinnung auf exakte mathematische Berechnung und ingenieurwissenschaftliche Präzision an.

Um einen Sonderfall handelt es sich zuletzt beim Argument Jan van Eijck und Albert Visser. Die angeführte semantische Unbestimmtheit, um was es sich bei der Rede vom Strömen der Informationen genau handele, veranlasst sie zur Herausgabe eines interdisziplinär ausgerichteten Sammelbands. In der Einleitung zu *Logic and Information Flow* gehen sie ebenfalls davon aus, dass der Begriff Informationsstrom ungenau sei und sich darüber hinaus gar nicht konkret bestimmen ließe. Sie schlussfolgern allerdings, dass es nicht um eine Rückkehr zu einem wohldefinierten Begriff oder um die Entwicklung eines neuen Modells gehe, sondern dass seine

genaue Bestimmung erst noch ausstehe: »Clearly, the time is not ripe for a unified theory of information, information linking, action and information flow.« (van Eijk/Visser 1994, 14) Der Band arbeitet dem entgegen, indem er auf *orchestrierte* Stimmigkeit setzt. »Still, it is our hope«, so die Autoren, »that the volume will help to define the outlines of a perspective on information and information flow in which all these themes find their natural places in one surging symphony.« (Ebd.) Ähnlich argumentieren auch Bremer und Cohnitz: »We need a theory of information. A theory that tells us what information is. [...] It should tell us how information flows from some piece of information we got to more information.« (Bremer/Cohnitz 2004, 10)

Ungeachtet der Kritik und Forderungen nach Differenzierungsarbeit hat die Rede vom Strömen der Informationen in ihrer ganzen semantischen Bandbreite bis heute und in verschiedensten Disziplinen Konjunktur. Dies zeigt nicht zuletzt die Heterogenität der zuletzt angeführten wissenschaftlichen Forschungsbereiche, die eine Kritik am unspezifischen Wortgebrauch üben. Die Bedeutung des Strömens ist veränderlich und steht in einem Spannungsverhältnis, dessen Extreme die Forderung nach präziser mathematischer Berechenbarkeit und die als selbstverständlich vorausgesetzte Bedeutung des Strömens von Informationen sind. Positionen, die das Fließ- und Stromvokabular einsetzen, als bedürfe es keiner Erklärung, was genau darunter zu verstehen sei, stehen sowohl Argumentationen gegenüber, die genau dies problematisieren, als auch solchen Arbeiten – wie in Bezug auf das Packet-Switching oder die IT-Sicherheit –, in denen die Rede vom Strömen gut definiert wird. Die Kritik verweist in der Regel auf die Notwendigkeit einer genauen Bestimmung, um was es sich sowohl beim Begriff Information als auch bei dem des Strömens handelt. Die Bedeutung der Rede vom Strömen der Informationen unterliegt somit folgenden Variablen: Sie ist zunächst abhängig von der sprachlichen Funktion, das heißt, ob sie als Fachbegriff, als Metapher oder selbstverständlicher Begriff verstanden wird. Ein metaphorisch verstandener Verweis auf fließendes Wasser, um die Bedeutung des Informationsstroms zu klären, verträgt sich beispielsweise kaum mit der Erstellung einer Flowchart, um im Großrechner einen Rechenvorgang zu planen oder nachvollziehen zu können, der als strömend bezeichnet wird. Darüber hinaus entscheidet das jeweilige Fachgebiet, was unter dem Wort Informationsstrom gemeint ist. Etwa sprechen Ingenieure des Packet-Switching ebenso von strömenden Informationen wie zur gleichen Zeit Autor:innen in der Managementliteratur. Sie bezeichnen jedoch sehr verschiedene Dinge, und zwar geregelte Signalübertragung und automatisierte Büroarbeit. Hinzu kommt, dass die mehr oder weniger ausdrücklich vorgenommene historische Verortung ebenfalls bedingt, was Stromwörter jeweils bedeuten. Ein in jüngeren Arbeiten zur Kybernetisierung auf Wiens Regelkreis zurückgeführtes Strömen von Informationen im Sinne des Feedbacks meint etwas völlig anderes als die Rede vom Informationsstrom, der in der IT-Sicherheit in Bezug auf Shannon formuliert wird. Dies soll weder einer Typologisierung dienen noch aufzeigen, warum es sich als sehr schwierig erweisen

würde, eine Geschichte des Worts Informationsstrom zu schreiben. Vielmehr zeigt seine breitgefächerte Verwendung, dass die Rede vom Strömen aus seinem historischen Hintergrund eines Kalküls der Regelung herausgelöst wird, den es aber – mit Blumenberg gesprochen – dennoch weiter mitführt.

Zusammenfassung

Ein Blumenberg'sches Umschlagen von Metaphorik in die naturalisierte Rede vom Informationsstrom ist nicht beschreibbar. Stattdessen zeigte das Kapitel, dass vielmehr eine Naturalisierung von Stromwörtern im Sinne ihrer andauernden Aushandlung zu beobachten ist. Zunächst bedienen Shannon und Wiener keine Metaphorik des Strömens. Sie setzen Vorstellungen von fließendem Wasser auch nicht gezielt ein, um das jeweilige Informationsgeschehen zu erfassen. Schon den Begriff Informationsstrom setzen beide Autoren kaum ein, was eine Verbindung der Strommetaphorik mit der Kybernetik erster Ordnung, wie sie einige historisierende Lesarten der Kybernetik vornehmen, in Frage stellt. Publikationen, die die Entwicklung digitaler Computer begleiten, enthalten ebenfalls nur vereinzelt Formulierungen, dass Informationen strömten. Aber auch hier ist die Rede vom Strömen keine Metapher. Es handelt sich jeweils um Fachbegriffe, die einerseits auf das Prinzip der Schaltung elektrischen Stroms, andererseits auf die Flowchart zurückgehen. Beide bedingen, dass im Rahmen der Computerentwicklung vom Strömen der Informationen gesprochen wird. Was damit im jeweiligen Fall gemeint ist, unterscheidet sich teils stark voneinander. *Den* Informationsstrom gibt es also nicht, ebenso wenig wie einen medientechnischen Umbruch, der an der Rede von strömenden Informationen festzumachen wäre.

Auch wenn die Fundstellen des Worts Informationsstrom spärlich ausfallen, adressieren die beispielhaft genannten Autor:innen hiermit gerade keine natürliche, wie von selbst geregelte Verarbeitung oder Übertragung von Informationen. Obwohl die Rede vom Strömen unterschiedliche Vorgänge der Informationsverarbeitung und -übertragung bezeichnet, besteht deren Gemeinsamkeit innerhalb der ingenieurwissenschaftlichen Bereiche darin, dass das Strömen stets ein geregeltes ist. Genauer bezeichnet das Strömen von Informationen zunächst auf je unterschiedliche Weise die Idealvorstellung eines gelingenden Informationsgeschehens. Das kann sich auf die möglichst verlustfreie Übertragung von Informationen in Netzwerken beziehen, als auch beispielsweise auf die Anfertigung und Korrekturen einer Flowchart. Zugleich beschreibt die Rede vom Informationsstrom das Produkt technischer Verfahren und mathematischer Berechnungen, das ungewollte Unterbrechungen, Verzögerungen, Fehler oder Missverständnisse zu minimieren sucht. Was als strömend beschrieben wird, unterliegt bestimmten Verfahren seiner Hervorbringung, die auf mathematische Berechnungen und technische Anordnungen zurückgehen.

Die Probebohrungen in die Geschichte verweisen hiermit auf einen sprachlichen Hintergrund der Rede vom Informationsstrom, der einer gegenwärtigen Beschreibung ausdrücklich kybernetisch zu verstehender Informationsströme diametral gegenübersteht. Auf der einen Seite erscheint aus heutiger Sicht die Annahme nicht abwegig, dass in der Kybernetik auch die Rede vom Strömen der Informationen aufkommt. Auf der anderen Seite ist das aber genau nicht der Fall. Es handelt sich beim Strömen auch nicht um eine Metapher, die von Kybernetikern für eine theoretische Verlegenheit im Rahmen informationstheoretischer Beschreibungen herangezogen wird. Entsprechend besteht eine Differenz zwischen dem Ausbleiben üppiger Fundstellen zur Rede vom Informationsstrom in der Kybernetik der 1940er, ihrem spärlichen Einsatz ab den 1950ern und der Annahme, dass die Kybernetik die Wissenschaft der Steuerung von Informationsströmen ist. Die Kluft erklärt die parallele Entwicklung der Popularität von Kybernetik und des Worts Informationsstrom. In den 1960ern verlassen die Begrifflichkeiten der Kybernetik ihren ohnehin bereits interdisziplinären Rahmen und werden in unterschiedlichen Wissensfeldern gebraucht. Auch das Strömen der Informationen wird zunehmend als gängiger Begriff eingesetzt, und zwar im Sinne eines geregelten Strömens. Geschichtliche Bezugnahmen auf jene frühe Kybernetik verbinden beide Stränge miteinander und schreiben der Kybernetik erster Ordnung insbesondere in Bezug auf Shannon und Wiener nachträglich den Informationsstrom ein.

Der Blick auf die Rede von strömenden Informationen erlaubt eine andere, also nicht in erster Linie kybernetische Perspektive einzunehmen. Der zunehmende Gebrauch von Großrechnern vor allem in Unternehmen wie auch die Übernahme informationstheoretischer Modelle und ihres Vokabulars in unterschiedlichsten Disziplinen bedingen bereits in den 1950ern, dass die Rede von strömenden Informationen außerhalb der Ingenieurwissenschaften an Popularität gewinnt. Damit rückt der geschichtliche Rahmen der Rede vom Informationsstrom zunehmend aus dem Blick. Dass dies durchaus nicht unproblematisch ist, zeigt Marcus Burkhardt (2015). Der Medienwissenschaftler bezieht sich in seiner Argumentation darauf, was in der Kybernetik jeweils unter Information zu verstehen ist. Sein Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass »[d]ie in Shannons nachrichtentheoretischem und Wieners kybernetischem Ansatz vollzogene Ablösung der Information von ihrem jeweiligen Kontext [...] sich in der Folgezeit als ebenso produktiv wie problematisch erwiesen [hat].« (Burkhardt 2015, 156) Zu dieser Spannung führt Burkhardt aus, dass »Information die Konturen einer eigenständigen Entität [gewann], deren Eigenschaften empirisch messbar und mathematisch beschreib- und berechenbar sind« (ebd.). Gegenüber stehe dem jedoch, dass »man den konkreten Bezugsrahmen aus dem Blick [verlor], vor dessen Hintergrund sich die Informationstheorien entwickelt haben« (ebd.). Burkhardt zufolge drohe der spezifische wissenschaftliche Kontext der Beschreibung des jeweiligen Informationsgeschehens nicht mehr berücksichtigt zu

werden. Das deckt sich mit meiner Annahme zur Rede vom *Strömen* der Informationen.

Gerade für medienwissenschaftliche Arbeiten, die sich zum Beispiel auf Konzepte aus der Philosophie, Vorstellungen strömenden Wassers oder Technik-affine Blogbeiträge beziehen, erweist sich das als folgenreich. Im Fall der Rede vom Informationsstrom setzen sie voraus, dass das Informationsgeschehen immer schon geregelt sei und übernehmen hiermit zugleich den ingenieurwissenschaftlichen Hintergrund. Sie wiederholen und affirmieren durch das Stromvokabular in ihren Gegenwartsdiagnosen das ingenieurwissenschaftliche Kalkül der berechnenden Regelung. Dementsprechend ist die Frage, inwiefern sich die Kritik aus dem ersten und zweiten Kapitel mit einer Geschichte jenes Kalküls verschränken lassen. Das bedeutet, eine Faszination für die Übertragungsleistung medientechnischer Infrastrukturen ebenso zu umgehen wie einen Technikfetisch. Anstelle eines medientechnischen Aprioris gilt es, gesellschaftliche Verhältnisse in den Blick zu nehmen und schließlich mit der Geschichte des Kalküls zu verbinden.

Eben dies leistet ein jüngerer Forschungsbereich, der sich mit der Logistik auseinandersetzt. Die Autor:innen stellen die Rede vom Strömen sowie auch des Zirkulierens in das Zentrum ihrer Gegenwartsanalysen und erweitern die Rede vom Informationsstrom um Bewegungen von Personen, Waren, Materialien und Ressourcen. Sie untersuchen, wie diese Bewegungen hervorgebracht werden. Hierfür berücksichtigen sie zwar die Funktionen medientechnischer Infrastrukturen, weisen ihnen aber keine gesonderte Stellung zu. In der Forschung zur Logistik sprechen die Autor:innen deshalb nicht von Metaphern des Strömens und Zirkulierens, sondern nehmen insbesondere die Arbeitsverhältnisse in der Logistik in den Blick. Da die Autor:innen die Rede vom Strömen und Zirkulieren in der Regel nicht ausdrücklich auf ihre Semantiken, ihre sprachliche Funktion und ihren historischen Hintergrund befragen, nehme ich dies zum Anlass, die Rede vom Strömen in der Logistikforschung zu entselbstverständlichen.