

Wie die Arbeit zum Spiel wird

Zur informatischen Verwindung des
thermodynamischen Pessimismus

»Unverletzt durch den Karst, von keiner Pflugschar verwundet, / nicht im Frondienst gab von sich aus alles die Erde«, schwärmt Ovid vom goldenen Zeitalter. Humanistische Exegeten lasen darin die Verurteilung zur Arbeit nach dem Sündenfall: Die Reliefs am Campanile des Florentiner Doms zählen die Handwerke und Künste auf, die man jenseits von Eden braucht, um (s)ein Leben in Arbeit zu bestreiten. Ein Fluch lastet auf der Arbeit. Im Zeitalter der Dampfmaschine hört er auf den Namen ›Entropie‹ und macht den ganzen Pessimismus einer Epoche aus, die erkennen mußte, daß der zweite Hauptsatz der Thermodynamik in jedem Arbeitsprozeß die investierte Energie degradiert. Das Zeitalter der Information — so könnte die These dieses Beitrags lauten — verwindet diesen Pessimismus.¹ Die erhoffte Genesung erscheint dabei emblematisch und im strikt mathematischen Sinne als jene Verdrehung des Vorzeichens, durch die aus dem Entropiegesetz eine Informationstheorie und aus dem Pessimismus der Industrie- der Optimismus einer Informationsgesellschaft hervorgeht. Die folgenden Ausführungen sind der Versuch, diese Verwindung historisch zu skizzieren und mit dem Begriff des Spiels zu beschreiben.²

1. Universale Spielmaschinen

Schon Siegfried Giedion hat darauf hingewiesen, daß die gleichen Geburtsjahre von Sigmund Freud und Frederick Winslow Taylor weit über das Anekdotische kalendarischer Kontingenz hinausweisen.³ Dem Quäker Taylor ging es um die bislang »unsichtbare Verschwendung«⁴ von Ressourcen, die durch das neue Dispositiv einer Arbeitswissenschaft sichtbar gemacht, gefunden —

- 1 Zum Heidegger'schen Begriff der Verwindung nach wie vor Gianni Vattimo, »Nihilismus und Postmoderne in der Philosophie«, in: *Wege aus der Moderne*, Hg. W. Welsch, Weinheim 1988, S. 233-246.
- 2 Teile dieses Beitrags stammen aus meinem Aufsatz »Digitale Sekretäre: 1968, 1978, 1998«, in: *Europa — Kultur der Sekretäre*, Hg. B. Siegert / J. Vogl, München 2001.
- 3 Siegfried Giedion, *Die Herrschaft der Mechanisierung. Ein Beitrag zur anonymen Geschichte*, Hg. H. Ritter, Hamburg 1994, S. 124ff.
- 4 Frederick Winslow Taylor, *Die Grundsätze wissenschaftlicher Betriebsführung*, München 1913, S. 1.

oder besser: medientechnisch erfunden — werden konnten, um dann auf dieser (Er-)Findung einen therapeutischen Diskurs zu begründen und zu institutionalisieren. Dieser Diskurs ist eine Wissenschaft der »Betriebssysteme«: ein Ausdruck, den die Arbeitswissenschaftlerin und Taylor-Übersetzerin Irene Witte schon 1913 geprägt hat. Seither sind Betriebssysteme, wie sie heute auf unsere allen Computern laufen, jene Programme, die zum einen als Möglichkeitsbedingung vor alle jeweilige Arbeit gestellt sind, zum anderen aber selbst und intern nach arbeitswissenschaftlichen Kriterien optimiert sind. Meine Überlegungen werden jedoch von einer anderen Zeitgenossenschaft ausgehen, nämlich der von Frank Gilbreth und David Hilbert.

Die Geschichte des Computers hat bekanntlich viele sogenannte »Ursprünge«, ebenso bekannte und apokryphe, ebenso offizielle wie offizöse. Keine neue Geschichte soll deshalb hier hinzugefügt, sondern nur die bekannteste noch einmal erzählt werden. Dies hat nicht zuletzt den Vorzug, daß bei allzu bekannten Geschichten der Plot und die Akteure schon so vertraut sind daß der Blick sich auf das Wie der Erzählung selbst und die Arabesken an ihren Rändern konzentrieren kann. Diese bekannteste aller Computergeschichten lautet in gebotener Kürze: David Hilbert hat seit der Jahrhundertwende und gegen anthropologische Intuitionisten wie Brouwer die Mathematik formalisiert, und sein Programm ist in zwei Punkten an Kurt Gödel und in einem dritten an Alan Turing gescheitert. Und ebendieser Kommentar Turings zum sog. »Entscheidungsproblem« bildete das papierne Konzept, aus dem anschließend Computer aus Glas und Metall gebaut werden konnten.⁵

Auffällig ist, daß nicht nur die Turing'sche Übertragung eines mathematischen Beweises in die Form einer virtuellen Maschine, sondern auch die Hilbert'sche Umschrift der Mathematik von einer weiteren (und zwar der gleichen Übertragung) begleitet werden, nämlich der Metapher des Spiels.

Noch einmal also zurück zu Hilbert:⁶ Erstens, so Hilbert, hat die Mathematik nichts, aber auch gar nichts mit der empirischen Realität und den Tatsächlichkeiten der Lebenswelt zu tun. Wenn wir von Punkten, Geraden und Flächen sprechen und mit diesen Grundelementen euklidische Geometrie betreiben, Theoreme ableiten usw., dann ist dies alles letztlich nur dadurch abgesichert, daß unsere »Raumanschauung«, unsere dreidimensionale Wahrnehmungswelt, dafür bürgt, daß es Orte, Wege und Ebenen gibt. Genau dies hat aber — getreu Hilbert — nichts mit Mathematik zu tun, und um Verwechslungen zu vermeiden, sollte man statt von Punkten, Geraden und Flächen bekanntlich lieber von Stühlen, Tischen und Bierseideln sprechen.

Mathematik nach Hilbert entwirft sich ohne Bezug auf solche »Tatsächlichkeiten«, sie eröffnet selbst erst hypothetische, kontingente Welten, in sich

5 Beispielsweise Bettina Heintz, *Die Herrschaft der Regel. Zur Grundlagengeschichte des Computers*, Frankfurt a.M. / New York 1993.

6 Dazu ausführlich Herbert Mehrrens, *Moderne Sprache Mathematik. Eine Geschichte des Streits um die Grundlagen der Disziplin und des Subjekts formaler Systeme*, Frankfurt am Main 1990.

geschlossene Universen oder auch sog. »künstliche Welten«. Und für diese gelten die klassischen Bestimmungen des Spiels. Ein Spiel vollzieht sich (1.) im symbolischen »Als-ob«, ein Spiel ist (2.) streng reglementiert, jedoch nicht durch die moralischen und juristischen Regeln der Außenwelt und ein Spiel ist (3.) ein Geschehen, das kontingent ist, in dem also die einzelnen Spielzüge nur Realisierungen vieler möglicher Konfigurationen sind.⁷

Die resultierende Frage lautet: Worauf läßt sich die »Wahrheit« der Mathematik begründen, wenn es keine legitimierende Anschauung mehr gibt? Und Hilbert antwortet: Auf der »Widerspruchsfreiheit«. Axiome können wie Spielregeln beliebig erfunden werden, und wenn sie sich einander und in ihren Folgen nicht widersprechen, dann sind sie schlicht und einfach »wahr« und »existieren«. Gottlob Frege, der eben nicht nur Mathematiker, sondern auch Philosoph war, schickte Hilbert daraufhin einen Brief mit folgendem Problem:

1. A ist ein intelligentes Wesen,
2. A ist allgegenwärtig und
3. A ist allmächtig,

woraus sich — angenommen 1-3 sind widerspruchsfrei — ergeben müßte, daß es Gott gibt. Eben solche Probleme verschwinden jedoch, wenn man mit dem Begriff des »Spiels« oder dem der »künstlichen Welt« argumentiert, denn die Gottesfrage kann leicht als falsch gestellte zurückgewiesen werden. »Existenz« im Hilbertschen Sinne ist ein systemrelativer Begriff ohne ontische Qualität, was nicht mehr und nicht weniger heißt, als daß für die Spiele der Mathematik keine philosophische Existenzfrage besteht. »A« oder Gott existiert, wenn man mit den Sätzen 1-3 widerspruchsfrei spielen kann, aber er existiert nur in diesen Spielen und nicht etwa jenseits der Spielwelt.

Hilberts Dreistufenplan sah nun wie folgt aus: Erstens sollte die gesamte klassische Mathematik in einer formalen Sprache axiomatisiert werden. Hilbert schlug also vor, die Elemente der klassischen Mathematik in Spielmarken zu verwandeln. Mit diesen Spielmarken könnte dann (zweitens) innerhalb eines (nicht minder mathematischen) »Kalküls« gespielt werden. Ein Kalkül ist eine Vorschrift, nach der aus einer begrenzten Menge von Zeichen eine unbegrenzte Zahl von Zeichenkonfigurationen hergestellt werden kann — Spielstellungen gewissermaßen.⁸ Die dritte Ebene, die sogenannte »Metamathematik« wäre dann diejenige, auf der über diese Verfahren des Kalküls selbst nachgedacht wird, gewissermaßen die Reflexionsebene des Spieldesigners, der sich darüber Gedanken zu machen hat, ob diese oder jene Spiel-

7 Vgl. Sybille Krämer, »Zentralperspektive, Kalkül, Virtuelle Realität. Sieben Thesen über die Weltbildimplikation symbolischer Formen«, in: *Medien Welten Wirklichkeiten*, Hg. G. Vattimo / W. Welsch, München 1998;

8 Sybille Krämer, *Berechenbare Vernunft. Kalkül und Rationalismus im 17. Jahrhundert*, Berlin / New York 1991.

regel nicht zu Problemen führen könnte, ob die Spielregeln auch alle Spielsituationen abdecken usw.

Der Mathematiker Hermann Weyl hat diese Übertragung (zu Hilberts Zeiten) sofort gesehen:

»Die Sätze werden zu bedeutungslosen, aus Zeichen aufgebauten Figuren, die Mathematik ist nicht mehr Erkenntnis, sondern ein durch gewisse Konventionen geregeltes Formelspiel, durchaus vergleichbar dem Schachspiel. Den Steinen des Schachspiels entspricht ein beschränkter Vorrat an Zeichen in der Mathematik, einer beliebigen Aufstellung der Steine auf dem Brett die Zusammenstellung der Zeichen zu einer Formel. Eine oder wenige Formeln gelten als Axiome; ihr Gegenstück ist die vorgeschriebene Aufstellung der Steine zu Beginn einer Schachpartie. Und wie hier aus einer im Spiel auftretenden Stellung die nächste hervorgeht, indem ein Zug gemacht wird, der bestimmten Zugregeln zu genügen hat, so gelten dort formale Schlußregeln, nach denen aus Formeln neue Formeln gewonnen, deduziert werden können. Unter einer spielgerechten Stellung im Schach verstehe ich eine solche, welche aus der Anfangsstellung in einer den Zugregeln gemäß verlaufenen Spielpartie entstanden ist. Das Analoge in der Mathematik ist die beweisbare (oder besser, die bewiesene) Formel, welche auf Grund der Schlußregeln aus den Axiomen hervorgeht. Gewisse Formeln von anschaulich beschriebenem Charakter werden als Widersprüche gebrandmarkt; im Schachspiel verstehen wir unter einem Widerspruch etwa jede Stellung, in welcher 10 Damen der gleichen Farbe auftreten. Formeln anderer Struktur reizen, wie die Mattstellung den Schachspieler, den Mathematikspielenden dazu, sie durch eine geschickte Aneinanderkettung der Züge als Endformeln in einer richtig gespielten Beweispartie zu gewinnen.«⁹

Soweit Weyl. Das sog. »Entscheidungsproblem« Hilberts handelt nun davon, ob es ein allgemeines Verfahren gibt, mit dem man für eine beliebige Figurenaufstellung feststellen kann, ob diese getreu den Spielregeln möglich ist oder nicht. Daß dies nicht möglich ist, bewies der 24 Jahre junge Alan Turing und rettete damit die Mathematik.

Turing stellt sich bekanntlich die eher arbeitswissenschaftliche als mathematische Frage: Was tut ein Mensch, wenn er einer Vorschrift, folgt? Und er mußte antworten: Er verhält sich wie eine Maschine oder ein Fließbandarbeiter, und deshalb könnte man den Mathematiker, der Hilbert'sche Spiele spielt, ja auch durch eine Maschine ersetzen. Aus Hilberts Begriff des »Verfahrens« wurde somit »ausführbar durch eine Maschine«. Hätte Hilbert also recht gehabt, wäre folglich die Mathematik vollständig maschinisierbar gewesen und eine Maschine hätte alle Sätze, die sagbar sind, ausdrücken können und für alle Formeln angeben können ob sie bewiesen (also ableitbar) sind oder nicht. Die Geschichte der Mathematik wäre in einem einzigen gigantischen Rechenprozeß und durchgespielt gewesen und hätte (so John von Neumann) aufgehört im heutigen Sinne zu existieren.

9 Hermann Weyl, »Die heutige Erkenntnislage der Mathematik«, in: *Gesammelte Abhandlungen*, Hg. K. Chandrasekharan, Berlin / Heidelberg / New York 1968, Bd. 2, S. 511-542

Das Spiel — und darunter würden die Symbolspiele der Kryptographie ebenso fallen wie die Metamathematik Hilberts und das Schachspiel, mit dem sich alle Computerpioniere nicht umsonst ausgiebig beschäftigt haben — ist also ein »Denkbild«, in dem der Computer gedacht werden kann.

2. Arbeiten unter enegetischem Imperativ

Nun erscheint Turings Übertragung »toter Arbeit in linearen Ketten« (Alexander Kluge) auf maschinelle Operationen an endlose Papierbänder allemal plausibler als der Satz des Arbeitswissenschaftlers Frank Gilbreth: »Diese Art zu arbeiten mutet wie ein Spiel an.«¹⁰ Die gemeinte Arbeitsart, die spielen macht, ist selbstverständlich die arbeitswissenschaftlich organisierte und optimierte Arbeit, und das heißt bei Gilbreth zunächst einmal »Bewegungsstudium« als:

»Zerlegung der Elemente einer Arbeit in ihre kleinstmöglichen elementaren Unterteilungen, als die Untersuchung und Messung jeder dieser verschiedenen fundamentalen Einheiten einzeln und in ihrer Beziehung zueinander und als der sich daraus ergebende Auf- und Zusammenbau von Verfahren aus einer Auswahl von Einheiten, die am wenigsten Verschwendung aufweisen.«¹¹

In der Lichtung technischer Medien wie Chronokyklographie, Zeitlupe oder Stereoskopie erschien ein Unbewußtes der Arbeit, das analysiert und formalisiert werden konnte. Besonderes Interesse verdienen dabei die Simultanbewegungskarten. Nicht nur Bewegungen von Armen und Beinen bis hinab zu einzelnen Fingern wurden darin notiert, sondern auch die Bewegungen von Kopf und Rumpf, Augäpfeln und Pupillen, die Körperhaltung und die Aktivierung einzelner Sinne verzeichnet. Von solchen Karten war nicht nur ablesbar, welche Bewegungen eingespart oder verkürzt werden können, sondern es wurde auch möglich, invariable Bewegungszusammenhänge zu isolieren, die gewissermaßen irreduzible Elemente zusammengesetzter Bewegungen darstellen. Diese sogenannten »Theerbligs«, die als diskrete Symbole anschreibbar sind, faßten Elementaroperationen wie z.B. Suchen, Wählen, Greifen, Loslassen zusammen. Die prominenteste Anwendung dieser Zer-Gliederung bestand darin, einen ebenfalls zergliederten Körper optimal zu adressieren und die Flut der Kriegsversehrten an die richtigen Systemstellen zu plazieren. Was der stets gutgelaunte Gilbreth als »Fähigkeiten und Neigungen« bezeichnet, sind schlicht fehlende oder defekte Extremitäten oder Sinne, denen fehlende Balken in Simultanbewegungskarten entsprechen. Kokett gesagt entspricht damit formallogische Nichtexistenz im Kalkül des Betriebssystems auch ontologische Nichtexistenz im realen »Arbeitsraume«. Diese Korrespondenz entsteht deshalb, weil sich die Gilbreth'sche Arbeitswissenschaft anders als die

10 Frank B. Gilbreth, *Bewegungsstudien. Vorschläge zur Steigerung der Leistungsfähigkeit des Arbeiters*, Berlin 1921, S. 28.

11 Frank B. Gilbreth / Lilian M. Gilbreth, *Ermüdungsstudium. Eine Einführung in das Gebiet des Bewegungsstudiums*, Berlin 1921, S. 6.

Hilbertsche Mathematik nicht zuvor von der Lebenswelt verabschiedet hatte. Sie ist eben keine ›reine‹ Wissenschaft, sondern eine ›angewandte‹ und damit eine Ingenieurs- oder Bastardwissenschaft. Gleichwohl sind die strukturellen Homologien zwischen Hilbert und Gilbreth unübersehbar.

Vor Taylor beruhte das Wissen um die Arbeit noch weitgehend auf der Arbeitsgeschichte des Einzelnen. Es wurde mündlich überliefert und mimetisch nachvollzogen und war folglich nicht nur durch Übertragungsverluste, sondern auch durch Varianzen gekennzeichnet. Die Arbeitswissenschaft suchte daraus ein Spiel mit klaren Regeln machen — und zwar (mit Taylors Worten) so, »wie man Schachfiguren auf dem Schachbrett hin und her schiebt«. Ihr Vorgehen bestand also darin, Erfahrungswissen in prozessierbare Daten zu verwandeln, Spielelemente zu normieren, Spielzüge in Form von Verfahrenswegen zu abzuleiten und diese dann wieder in den Arbeiterkörper zurückzuschreiben. Eingeben — prozessieren — ausgeben.

Widersprüchlich in diesen Verkettungen normierter Bewegungsoptionen (die zugleich Zeichenketten von Therbligs sind) sind nicht Weyls »10 Damen«, sondern Systemstellen, an denen man beispielsweise drei Hände bräuchte. Die Zeichen der Arbeit entwickeln also ein Eigenleben, sind nach bestimmten Regeln kombinierbar oder nicht kombinierbar. Dadurch können sie nicht zuletzt Arbeitsgänge anschreiben, die es in der Arbeitswelt (noch) gar nicht gibt, sondern die erst dem Kalkül und der Kombinatorik des Zeichensystems selbst entspringen. Die Medien der Arbeitswissenschaften schreiben folglich nicht bloß auf, was sich im Arbeitsraum ereignet, sondern spannen selbst einen virtuellen Arbeitsraum auf. Wie Hilberts axiomatische Vollständigkeit die Mathematik beendet hätte, so hätte eine vollständige Arbeitswissenschaft alle möglichen und unmöglichen Arbeitsgänge, alle bereits verwirklichten und alle potentiellen Bewegungen anschreiben und programmieren können. In diesem Zusammenhang sei nur daran, daß schon für Gilbreth alle Berufe gleich waren, weil sich Produkte nicht mehr über die Finalität ihres So-Seins bestimmen, sondern über die Verfahren und Bewegungen, die sie erzeugen. »Das Anwendungsgebiet einer solchen Art der Betriebsführung [...] ist unbeschränkt. Es erstreckt sich auf alle Betätigungsgebiete, seien sie körperlich oder geistig.«¹² Ein Schreibtisch bestimmt sich nicht dadurch, daß er aus der Aufgabe hervorgeht, einen Schreibtisch zu produzieren oder daß er *als Schreibtisch* produziert wurde, sondern durch die korrekte Aufführung einer (Bewegungs-)Notation. Ein Schreibtisch entsteht dann als ›Haltepunkt‹, wenn ein bestimmtes Programm auf Arbeiterkörpern in Laufzeit überführt

12 Frank B. Gilbreth / Lilian M. Gilbreth, *Angewandte Bewegungsstudien. Neun Vorträge aus der Praxis der wissenschaftlichen Betriebsführung*, Berlin 1920S. 1f. Gleichwohl schon die Nationalökonomie Ende des 18. Jahrhunderts verschiedenste Formen der Beschäftigung als 'produktive Tätigkeit' zusammenfaßte und damit die Differenz von 'produktiven' und 'sterilen' Klassen löschte, ließ sie jene Finalität eines Produkts unangetastet, die für Gilbreth' Verfahrensrationallität keine Rolle mehr spielt.

wird. Eine bewiesene und damit ›existente‹ Formel ist nach Hilbert eine solche, die auf einem legalen Verfahrensweg entstanden ist und entspricht damit dem Produkt bei Gilbreth, dessen Existenz sich nur dadurch beweist, daß es auf dem richtigen Arbeitsweg hergestellt wurde. Aus diesem Grund kann Gilbreth auch die Arbeit entdifferenzieren und den Arbeitsraum homogenisieren, so daß Chirurgen, Maschinenschreiber oder Maurer nur noch Namen unterschiedlicher Programme sind.¹³

3. Rechnende Bewegung

Nun hatte schon Taylor vorgeschlagen, für das Betriebssystem selbst einen separaten Bereich einzurichten, nämlich eine Bibliothek, aus der (Sub-)Routinen zur Steuerung des je aktuellen Arbeitsflusses abgerufen werden könnten. »Die praktische Anwendung von wissenschaftlichen Aufzeichnungen erfordert einen Raum, in dem die Bücher, Statistiken etc. aufbewahrt werden, und einen Tisch, an dem der disponierende Kopfarbeiter arbeiten kann.«¹⁴ Doch erst Gilbreth war so konsequent wie Turing und erkannte, daß man keinen »Kopf« mehr braucht, um aus einem diskreten Vorrat von Symbolen Programme für Arbeitsflüsse herzustellen. Zu dem von ihm entworfenen Schreibtisch bemerkt er:

»Die in Quadrate eingeteilte Tischoderfläche dient zur Normalisierung der Bewegungen d.h. der Handgriffe nach den Schreibgeräten wie Bleistift, Tinte, Federhalter usw., die ihren Normplatz haben. Die ausgezogene Schublade zur Linken dient der Aufnahme von Bureauaterialien und ist mit Reservevorräten versehen. [...] Der moderne Schreibtisch ist darum vollkommen flach, ohne jeden Aufbau und ohne kleine Fächer zum Aufstapeln aller möglichen und unmöglichen Dinge, weil er so am besten mit den Arbeitsverfahren der heutigen neuzeitigen Verwaltungspraxis übereinstimmt.«¹⁵

An Gilbreths flachem Schreibtisch werden Zeichen manipuliert. Zwei Ablagen dienen als Eingabe- und Ausgabebuffer, und Papier bewegt sich in diskreten Schritten über das Raster des Schreibtischs, unter die Augen des Schreibtischarbeiters, um nach bestimmten Verarbeitungsregeln an vorgesehenen Stellen markiert zu werden. Zum Betrieb dieser Proto-»Papiermaschine« ist kein »Geist« nötig, sondern nur ein Programm, das in Bewegungen ausgeführt wird. Vorbereitend dazu hatte schon das behavioristische Gründungsmanifest von John B. Watson das Bewußtsein für überflüssig erklärt:

»Psychology as the behaviorist views it is a purely objective experimental branch of natural science. Its theoretical goal is the prediction and control of behavior. Introspection forms no essential part of its methods, nor is the scientific value of its data dependent upon [...] interpretation in terms of consciousness [...]. The time seems to have come when psychology must discard all reference to consciousness.«¹⁶

13 Ebenda, S. 63.

14 Taylor 1913, S. 41.

15 Gilbreth 1921, S. 37.

Behaviorismus und Arbeitswissenschaft bilden (mit Walter Seitter) eine »Fassung«, in der Menschen und Maschinen gleichermaßen ihren Platz finden. Oder, mit den Worten Hugh Kenners: »In dieser Pause [zwischen den Kriegen, C.P.], in der wie von Zauber gebannt der Waffenlärm zu schweigen scheint, begegnen sich Mensch und Maschine nahezu als Gleichberechtigte.«¹⁷ Der ausgezeichnete Ort dieser Begegnung der Analogrechner der späten 20er Jahre, wie der berühmte »Differential Analyzer« von Vannevar Bush.¹⁸ Diese wunderbaren Geräte rechneten, indem sie Bewegungen verarbeiteten: An der einen Seite vollzogen die Operatoren mit ihren Armen Eingabebewegungen, an der anderen Seite Plotterarme Ausgabebewegungen. In der Mitte konnten verschiedene Getriebe zu Division, Multiplikation, Integration usw. zusammengesteckt werden. Programme für Analogrechner wie für Arbeiter sind also Zusammensetzungen von Elementarbewegungen, die als Zeichenfolgen angeschrieben werden können und jenachdem auf Hard- oder Wetware in Laufzeit übergehen. Mensch und Maschine operieren und interagieren also auf der Basis in sich kontinuierlicher Bewegungselemente und für beider Genauigkeit gilt der Maßstab des »Konfidenzniveaus«, das statistisch beschreibt, wie genau dieser kinetische Verbund rechnet. Menschen sind — in der Sprache der Konstrukteure dieser Zeit — Eingabe-»devices« mit einer gewissen Fertigungstoleranz. An Analogrechnern hängt die Genauigkeit der Berechnung davon ab, wie exakt der Operator eine Bewegung vollzieht, da die Berechnung selbst Bewegung ist. Sie sind in diesem Sinne zugleich Meßgeräte derjenigen, die an ihnen arbeiten.

4. Energie und Information

Mit der Umstellung von Messen auf Rechnen, von analog auf digital ändert sich die Lage signifikant. Die Kybernetik-Konferenzen der späten 40er und frühen 50er Jahre haben es unternommen, den Menschen neu zu buchstabieren, und zwar nicht mehr in den Begriffen der Thermodynamik und des Analogrechners, der Energieverschwendung und des Behaviorismus, sondern in denen der Informationsverarbeitung und des Digitalrechners, der Redundanz und der Kognitionswissenschaften.¹⁹ Dabei spielte der Begriff einer Information, die keine Substanz ist, gleichwohl aber fließt und gemessen werden kann, und die sich dadurch von allen vorangegangenen Steuerungsmedien wie Luft, Blut und Dampf unterscheidet, eine entscheidende Rolle.

16 John B. Watson, »Psychology as the behaviorist views it«, in: *Philosophical Review*, 20/1913, S. 158-177.

17 Hugh Kenner, *Von Pope zu Pop. Kunst im Zeitalter von Xerox*, Dresden 1995, S. 42f.

18 Larry Owens, »Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer«, in: *Technology and Culture. The International Quarterly of the Society for the History of Technology*, 1960, S. 63-95,

19 *Cybernetics. Circular Casual and Feedback Mechanisms in Biological and Social Systems*, 5 Bde., Hg. Heinz von Foerster, New York 1950-53.

Bekanntlich ist Shannons Informationstheorie eine Umformulierung des Entropie-Gesetzes unter anderem Vorzeichen: Information steigt folglich mit der Unordnung und fällt mit der Ordnung. Wahrscheinliche Unordnung hat also (wie Buchstabensalat) die höchste Information, wohingegen unwahrscheinliche Ordnung (wie Vorträge) eine erhebliche Redundanz aufweist.²⁰ Wenn es den kybernetischen Nachrichten- und Elektrotechnikern darum geht, möglichst hohe Übertragungsraten zu erzielen (also möglichst viel Information durch einen begrenzten Kanal zu schicken) dann wird aus negativ wirklich positiv. Denn für das »Zeitalter der Thermodynamik«²¹ war die Erhöhung der Entropie ja gerade das, was es zu vermeiden galt. Wenn das Maß für die Nichtverfügbarkeit von Energie für Arbeit die Entropie ist, die in einem geschlossenen System zu einem Maximum ansteigt, dann bezeichnet das zweite Gesetz der Thermodynamik eine Art kapitalistischen Pessimismus«, denn es stellt fest, daß der Arbeitsprozeß in jedem beliebigen System die investierte Energie degradiert. Systeme der Raffination von brauchbarer Energie wie Industriegesellschaften sind also beständig von Entropie bedroht. Die Taylor'sche Arbeitswissenschaft, die sich einem »energetischen Imperativ«²² unterstellte, war ebendiesem Pessimismus geschuldet. Während das »Kraftsparsystem« Taylors und Gilbreths niederentropische Zonen zu sichern suchte, bemüht sich die Nachrichtentechnik im Gegenteil darum, hochinformatisierte Zonen herzustellen.

Nachdem man also die »Cybernetics« das Bild des Menschen von der Energiemaschine auf die Informationsmaschine umgestellt und ihn zumindest theoretisch mit der neuesten Computergeneration kompatibel gemacht hatte, blieb die Frage offen, wie die technische Implementation dieser Koppelung zu realisieren sei. Schließlich treffen unser aller Körper und die neuen Maschinen, die sie zu bedienen haben, ja weiterhin in einer thermodynamischen Welt aufeinander. Und ohnehin bereitete dieses Zusammentreffen ganz neue Probleme, da Digitalrechner völlig inkommensurable Geräte sind: alles in ihnen was geschieht, geschieht unsichtbar und viel zu schnell für menschliche Sinne.

Eine frühe Überlegung zum Verhältnis von Energie und Information und zur Ökonomie der »Performanz« als meßbarer Effizienz eines Systems stammt von R.A. Fairthorne vom Royal Aircraft Establishment.²³ Sie schließt in gewissem Sinne an den Gilbreth'schen Schreibtisch an. Aufschreibesysteme (»clerical systems«) seien, so Fairthorne:

20 Claude E. Shannon / Warren Weaver, *Mathematische Grundlagen der Informationstheorie*, München / Wien 1976

21 Norbert Wiener, »Newtonscher und Bergsonscher Zeitbegriff«, in: *Kybernetik. Regelung und Nachrichten-übertragung im Lebewesen und in der Maschine*, Düsseldorf / Wien 1992, S. 63-81

22 Wilhelm Ostwald, *Der energetische Imperativ*, Leipzig 1912.

23 R.A. Fairthorne, „Some Clerical Operations and Languages“, in: *Information Theory*, London 1956, S. 111-120.

»denoted routines of observation, identification, and manipulation of marked material objects according to some protocol involving only observations on the marks, including those belonging and accessible to the observing device«. ²⁴

Die Schreibmaschine beispielsweise ist innerhalb eines Bürosystems selbst ein »clerical system«, in dem markierte und markierbare Objekte nach bestimmten Regeln zusammenspielen. Sie zu benutzen ist nach Fairthorne »identification, selection, access to objects of given position, and arrangement of objects according to some order determined by their marks«, und den Horizont seiner Untersuchung bildet die Frage nach den »Kosten« dieser Tätigkeiten im weitesten Sinne.

Fairthornes Bewegungsbegriff hat sich jedoch gegenüber dem der Arbeitswissenschaft erheblich verändert und meint nicht mehr nur physische Bewegung, sondern auch die informatische Bewegung von Daten in einem Adreßraum, also z.B. die Vergabe und Anwendung eines neuen Systems von Signaturen in einer Aktenablage ohne physische Bewegung der Aktenordner selbst. Daher sind generell auch zwei Weisen der Markierung zu unterscheiden: die intrinsische Veränderung der Objekte und die Veränderung ihrer Position relativ zu einer Umgebung. Eine Herde Schafe zu sortieren, kann beispielsweise durch das Auftragen von Brandzeichen geschehen oder durch Segregation bereits erfaßter Schafe auf einer anderen Weide. Nicht automobile Objekte (wie beispielsweise Bücher) können ebenfalls nach dem zweiten Verfahren markiert werden, indem man durch einen vorbeifahrenden Scanner zwei Weiden schafft.

Fairthorne nennt diese beiden Verfahren »inscribing« und »ordering« oder hübscher »marking« und »parking«. Um nun Operationen an Objekten vorzunehmen, braucht man »coupled devices for observing and manipulating«, und die Arbeit dieser Angestellten ist so ökonomisch wie möglich zu gestalten. Dazu gehört u.a. das Verhältnis zwischen der Menge markierter Objekte und der Menge möglicher Plätze, also die Auflösung des zu verwaltenden Markierungssystems. Beispielsweise wäre zur distinkten Markierung von 10 Büchern ein Adreßraum von 32 bit eindeutig zu groß und es entstünde gewissermaßen informatische statt energetische Verschwendung durch zu viel Bewegungsmöglichkeit. Mit anderen Worten: Je größer die Möglichkeit zur Unordnung, desto höher die Information und damit zugleich die Kosten.

Nachdem Fairthorne, ganz Shannon folgend, vorgerechnet hat, wie hoch Entropie, Redundanz und Freiheitsgrad bestimmter Signaturensysteme sind, fügt er diesen Berechnungen folgerichtig eine weitere Variable hinzu, nämlich c für die entstehenden Kosten pro Stelle oder »digit« und die durchschnittlichen Kosten eines Wortes. Am Beispiel einer Schreibmaschine mit Typenrad mag dies anschaulicher werden. Angenommen sei daß » s « der Name der s -ten Natürlichen Zahl ist und die zugehörige Operation — gewissermaßen im Na-

24 Fairthorne 1956, S. 111.

men von s — eine »clerical operation«, die dazu dient, s zu erreichen. Dann bedeutet dies für eine Schreibmaschine: Das s -te Zeichen auf der Tastatur ist verbunden mit dem s -ten Zeichen durch eine Rotation des Typenrades um $s-1$ Stellen und einer anschließenden Verschiebung des Wagens um eine Stelle. In den Termini einer »operational language« gesprochen heißt dies: Das Markierungssystem ist eine graphische Sprache mit variabler Wortlänge und den zwei Bewegungen ›a‹ als Drehungswinkel und ›b‹ als Wagenverschiebung, und das heißt bei R Buchstaben: $W(a, b; R, t) = \frac{1 - a^R t^R}{1 - at} b$. Wenn nun p_1, p_2, \dots, p_R die Wahrscheinlichkeiten des Auftretens eines bestimmten Zeichens sind und A und B die Kosten für Drehung und Wagenverschiebung, dann sind die durchschnittlichen Kosten pro gedruckter Information: $c = C / \sum (-p_s \log p_s)$ — was nichts anderes bedeutet, als daß mit der Größe der Wahlfreiheit (alias Information) auch die Preise steigen. Die Alltagserfahrung bestätigt dies, denn Ziffernblöcke mit 12 Tasten sind schneller zu bedienen als komplette Tastaturen mit 102 Tasten. Die Kommandozeilen von DOS oder Unix sind durch die ungefilterte (und damit mögliche) Eingabe beispielsweise von Lyrik äußerst entropiebedroht, wohingegen die wenigen Icons und Buttons von Windows niederentropische Zonen hoher Redundanz sind.

Um es wieder etwas allgemeiner zu formulieren: Die Frage der Energieverschwendung, die Frage also nach Systemstellen, an denen Entropie steigt ohne daß dabei ökonomisch ›sinnvolle‹ Arbeit verrichtet würde, wird ergänzt durch und gekoppelt an die Frage der Informationsverschwendung, die Frage also nach den Systemstellen, an denen Wahlfreiheit steigt ohne daß dadurch eine bessere Performanz erzielt würde. Dabei lohnt es sich, den Begriff der Performanz von Lyotards Konzept der Sprachspiele zu importieren, weil er dort die schöne Doppelbedeutung von Vollzug und Leistung hat:

»In Spielen mit vollständiger Information kann die höchste Performativität [...] nicht im Erwerb einer [...] Ergänzung bestehen. Sie ergibt sich aus einer neuen Anordnung von Daten, die eben einen Spielzug darstellen. Diese Anordnung wird [...] durch die Verknüpfung von Datenreihen erreicht, die bis dahin für unabhängig gehalten wurden.«²⁵

Die Freiheit des Bildschirmarbeiters oder Spielers in den sog. »informatisierten Gesellschaften« erscheint also im Zentrum einer chiasmischen Fragekonstellation: als Freiheit seiner physischen Bewegungen unter energetischen Gesichtspunkten und als Freiheit seiner Spielzüge unter informatischen Aspekten. Wieviele Funktionen darf man einem Benutzer erlauben? Wenige Möglichkeiten sind leicht aufzufassen, beschränken aber die Informationsverarbeitung — viele Möglichkeiten hingegen können den Bildschirmarbeiter leicht überfordern und seine Arbeit verlangsamen. Und wie müssen die Arbeitswerkzeuge in Hard- und Software gestaltet sein, um Wahrnehmung und

25 Jean François Lyotard, *Das postmoderne Wissen*. Ein Bericht, Graz / Wien 1986, S. 151f., vgl. S. 38.

Bewegung nicht zu überfordern oder zu ermüden und trotzdem möglichst viele Spielzüge zu erlauben und einen hohen Informationsdurchsatz zu gewährleisten? Dazu sei im folgenden an zwei prominente arbeitswissenschaftliche Episoden der Interface-Geschichte erinnert, in denen das Verhältnis zwischen physischem Raum und Informationsraum folgenreich definiert wird.

5. Die Erfindung des Bildschirmarbeiters

1968 reichte Ralph Baer, Chefingenieur des Rüstungslieferanten *Sanders Associates*, den ersten Patentantrag für ein Computerspiel mit Rastergrafik ein, in dem zu lesen ist:

»The present invention pertains to an apparatus and method, in conjunction with monochrome and color television receivers, for the generation, display, manipulation, and use of symbols or geometric figures upon the screen [...] for the purpose of training simulation, for playing games and for engaging in other activities by one or more participants.«²⁶

Im gleichen Jahr wurde auf der *Fall Joint Computer Conference* in der Nähe von San Francisco die erste Textverarbeitung vorgestellt, entstanden in einem halben Jahrzehnt Arbeit am *Augmentation Research Center* in Stanford. »It is almost shocking«, schreibt Howard Rheingold zu Douglas Engelbarts Präsentation, »to realize that in 1968 it was a novel experience to see someone use a computer to put words on a screen«.²⁷ Daß jedoch Wörter auf Bildschirmen erscheinen, war gar nicht so skandalös, denn zur Eingabe von Programmcode gab es schon seit geraumer Zeit Editoren. Der weit verbreitete Euphemismus Rheingolds gründet vielmehr darauf, daß es andere Wörter waren, die erschienen, nämlich nicht Ausdrücke formaler Sprachen, sondern Wörter mit lebensweltlicher Bedeutung, die klarmachten, daß plötzlich Autoren an Bildschirmen saßen, die nicht mehr Sinn für Maschinen (Programmcode) sondern Sinn für Leser (Literatur) produzierten. Dies war von Engelbart und seinen Mitarbeitern aber gar nicht beabsichtigt, sondern ein geradezu frivoler Umgang mit Arbeitsgerät.

In ihrer Vorarbeit, dem Aufsatz »Display Selection Techniques for Text Manipulation« von 1967 meint Text *verarbeitung* (ganz im Wortsinne) nicht Herstellung, sondern Prozessierung von Text, d.h. (wie im Computerspiel-Patent Baers) die Selektion und Manipulation von »geometric figures« in einer Fläche.²⁸ Es geht dort — in Taylor'scher Tradition — lediglich um die streng arbeitswissenschaftliche »time and motion analysis« der Koppelung von Beobachter, Bildschirm und Devices wie Maus, Joystick, »knee control« usw.

26 zit. nach Shaun Gegan, *Magnavox Odyssey FAQ*, 29.10.1997 (home.neo.lrun.com/skg/faq.html);

27 Howard Rheingold, *Tools for Thought*, New York 1984 (www.rheingold.com/texts/tft/).

28 W.K. English / D.C. Engelbart / M.L. Berman, »Display Selection Techniques for Text Manipulation«, in: *IEEE Transactions on Human Factors in Electronics* HFE-8(1), March 1967, S. 5-15.

Und gemessen werden (in Vorbereitung ihrer Normalisierung) Faktoren wie »target selection speed«, »accuracy«, »gaining control« und »fatigue«. »We wanted to determine«, schreibt Engelbart, »the best means by which a user can designate textual entities to be used as operands in different text-manipulation operations«. Unschwer lassen sich in den Bewegungspatterns von Mäusen und Joysticks die Leuchtspuren der Gilbrethschen Arbeiterhände erkennen. Die Prolegomena des Schreibens am Computer beziehen sich also erstens nicht auf Sinn der Wörter, sondern begreifen diese nur als Objekte, die Gegenstand von Operationen werden können.

Die Ursprünge der Textverarbeitung liegen in der Materialität der Diskursverwaltung, nicht im sog. »Geistigen« der Diskursproduktion. Dazu geht es zweitens an der Oberfläche des Bildschirms nicht um Buchstaben, sondern um das Markieren graphischer Objekte mit bestimmten Koordinaten in einem rechtwinkligen Ordnungs- und Ortungssystem. Jedes Anklicken eines Wortes, eines Buchstabens oder eines Absatzes kostet Bewegungsenergie und jedes Lesen von Text und Auswählen von Operationen kostet Wahrnehmungs- und Kognitionsarbeit. Ersteres ist durch klassisch-Gilbreth'sches Bewegungsstudium zu optimieren und fällt unter Thermodynamik und Arbeitswissenschaft, letzteres ist durch angemessene Wahlfreiheit und Auflösung, also ein optimales Maß an Redundanz, zu regulieren und fällt damit unter Informationstheorie und Interfacedesign.

Ab 1978 — und dies wäre das zweite Beispiel — hatte man bei *XEROX* mit der Entwicklung von Benutzeroberflächen begonnen wie wir sie heute kennen. Die Versuchsreihen bauten auf das auf, was Engelbart begonnen hatte und lösten das ein, was der Psychoakustiker und Kybernetiker J.C.R. Licklider schon 1960 gefordert hatte, nämlich eine Definition von Menschengerechtigkeit interfacetechnisch anhand der Formatierung jener Lücken zu modellieren an die (oder an denen) der Mensch gestellt wird.²⁹

Sind diese Lücken groß, bietet das System viele Möglichkeiten, die Information als Maß des Möglichen ist hoch, die Auswahl dementsprechend schwierig und entropiebedroht. Große Lücken kosten viel und sind folglich unökonomisch. Das erklärte Ziel von *XEROX* hieß daher »Intuitivität«, was ja nur ein anderes Wort für Redundanz oder mangelnde Information ist. Und die Aufgabe lautete, Dinge verschwinden zu lassen: »an important design goal was to make the computer as invisible to users as possible«.³⁰ Wie bei Taylor

29 Joseph C.R. Licklider, »Man-Computer Symbiosis«, in: *IRE Transactions on Human Factors in Electronics*, HFE-1/1960, S. 4-11; ders., »The Computer as a Communication Device«, in: *Science and Technology*, April 1968 (beides als Reprint bei digital, Systems Research Center, Palo Alto 1990).

30 Lawrence H. Miller / Jeff Johnson, »The Xerox Star: An Influential User Interface Design«, in: *Human-Computer Interface Design: Success Stories, Emerging Methods, and Real-World Context*, Hg. Marianne Rudisill / Clayton Lewis / Peter G. Polson / Timothy D. McKay, San Francisco 1996, S. 70-100.

das überlieferte Werkzeug den arbeitswissenschaftlich inkompetenten Usern entzogen und beispielsweise gegen genormte Schaufeln ersetzt wurde, so verschwinden nun die ungezählten Möglichkeiten der Befehlszeilen und machen wenigen genormten und anklickbaren Funktionen Platz.

Was Engelbart an beweglicher Hardware optimiert hatte, als er das (gewissermaßen Brown'sche) Zittern am Joystick eliminierte, geschah nun bei *XEROX* auf der Ebene optischer Abtastung und Software. Und ebenso wie Engelbart führte man auch bei *XEROX* die Versuche an dümmsten anzunehmenden Benutzern durch, nämlich an computerunerfahrenen Büroangestellten, an

»office professionals and their support staff, all nontechnical in background and job function [...] The prototype designers and the user testing group focused on secretarial and clerical users because we felt that word processing pools, legal secretaries, and other clerical personnel represented the major marketing opportunity for Star«. ²³

Was wir heute als Papierkörbe, Ordner- und Festplatten-Icons auf Bildschirmen sehen, hat sich erst einmal experimentalpsychologisch daran bemessen, was für SekretärInnen die größte Redundanz hat, oder umgekehrt: was die geringste Abweichung zur Wahrnehmung der Büro-Lebenswelt hat und daher am wenigsten Arbeit und Kosten bedeutet. Und wie den Objekten ging es auch den Operationen, denn man vermaß die Zeit, einen Dienstweg zu lernen, ihn zu beenden, die Fehlerrate und die möglichen Konfusionen auf verschiedenen Wegen. Auch hier ließe sich daran erinnern, daß schon Gilbreth einige Vorschläge machte, wie seine Bewegungslehre um eine Steuerungstechnik der Aufmerksamkeit zu ergänzen wäre, also beispielsweise durch schwarze Maschinen ohne Messingbeschlüge, die nur überflüssige Information darstellen und den Arbeiter ablenken, durch mnemotechnische Farbleitsysteme oder durch Musik aus Phonographen, die den Arbeitstakt triggern und dadurch eine »psychophysische Ersparnis« (Münsterberg) bringen.³¹

6. Schluß

Über die sogenannte Informationsgesellschaft läßt sich endlos reden, und seit Jahren hat bekanntlich niemand Hemmungen, dies auch zu tun. Zudem scheinen die allerorts vorgetragenen Hoffnungen auch nicht völlig unbegründet, da mit der Umstellung auf niederenergetische Informationsverarbeitung die steigende Unordnung zu einem Mehr an Information und (kokett formuliert) Entropie zur Produktionsmöglichkeit umgebaut wurde.

Während die Disziplinar- und Industriegesellschaft bis zur Mitte dieses Jahrhunderts der Entropiebedrohung ausgesetzt war, hat die gegenwärtige Kontroll- und Informationsgesellschaft allenfalls eine Informationsflut zu fürchten. Die Bändigung und Regulation dieser Flüsse bedurfte einer Umstel-

31 Hugo Münsterberg, *Grundzüge der Psychotechnik*, Leipzig 1914, S. 358-439.

lung von einer Ökonomie der Energie auf eine Ökonomie der Zeichen wie an den Umformungen der Arbeitswissenschaft exemplarisch gezeigt werden sollte. Da diese Zeichen nicht mehr (wie bei den Analogrechnern) indexikalisch geschrieben, sondern in Digitalrechnern algorithmisch erzeugt werden sind sie unendlich vermehrbar, wie die Begriffe von »Kalkül« und »Spiel« nahelegen sollten. Die arbeitswissenschaftliche Antwort auf die Flut der Zeichen lautet daher Zeichenverknappung. Die algorithmische Eskalation der Zeichenproduktion und und ihr Abarbeiten unter den Prämissen der Effizienz arbeitswissenschaftlicher Zeichenverknappung schließen sich zu einem Kreislauf zusammen der prinzipiell endlos ist. Der Computer als universale Spielmaschine erscheint daher als seinsgeschichtliche Lösung einer Arbeitsgesellschaft, der die Arbeit auszugehen schien.