

# BLICK ZURÜCK AUF DEN MEMEX: ANMERKUNGEN ZU VANNEVAR BUSHS AUFSATZ »AS WE MAY THINK«

■ MICHAEL FRIEDEWALD

## Zusammenfassung

Vannevar Bushs Aufsatz »As we may think« vom Juli 1945 zählt zu den am meisten zitierten Texten der neueren Technikkultur. Dieser Aufsatz wirft einen Blick auf den historischen Hintergrund des Aufsatzes und befaßt sich mit den Zielen, die der renommierte Analogrechnerpionier und Wissenschaftspolitiker Bush damit verfolgte.

## Summary

Vannevar Bush's essay »As we may think« published in July 1945 is one of the most frequently cited texts of modern technical literature. This article examines the historical background and the goal that famous analog computing pioneer and policy advisor Vannevar Bush pursued with it.

## 1. Vannevar Bush: Analogrechnerpionier, Politiker und Visionär

Vannevar Bush (1890–1974) war zwischen 1920 und 1945 der wichtigste amerikanische Analogrechnerpionier. Seine am Massachusetts Institute of Technology (MIT) entstandenen Maschinen, der *Product Integrator* (1925), der *Differential Analyzer* (1931) und der *Rockefeller Differential Analyzer* (1942) repräsentierten die leistungsfähigste und einflußreichste Rechentechnik ihrer Zeit [16].

Ebenso bekannt wie seine Rolle bei der Entwicklung von Analogcomputern ist Bushs Tätigkeit als Wissenschaftspolitiker vor allem während des Zweiten Weltkriegs. Bush, der bereits seit 1931 am MIT auch administrative Aufgaben wahrgenommen hatte und seit 1938 als Präsident der Carnegie Institution vorstand, wurde 1939 von Präsident Franklin D. Roosevelt zum Vorsitzenden des National Defense Research Committee (NDRC) und 1941 zum Direktor des neugegründeten Office of Scientific Research and Development (O.S.R.D.) ernannt. Das O.S.R.D. koordinierte während des Krieges sämtliche militärischen Forschungs- und Entwicklungsprojekte, darunter auch das Manhattan Projekt zur Entwicklung der Atombombe. Gegen Ende des Krieges, im Juli 1945 legte Bush mit seinem Bericht »Science - The Endless Frontier« die Grundlage für eine

an den Erfahrungen des Krieges orientierte Forschungsförderung, die von der 1950 gegründeten National Science Foundation (NSF) getragen wurde [8, 21].



Abb. 1  
Vannevar Bush  
(1890-1974) um 1945.

Im Juli 1945 erschien auch Bushs Aufsatz »As we may think«, in dem er seine Vision einer persönlichen, informationsverarbeitenden Maschine beschreibt, die er als *Memory Extender* oder kurz Memex bezeichnete. Dieser Aufsatz dürfte in der neueren Technikkultur mittlerweile einer der am häufigsten zitierten Texte überhaupt sein [3]. Dies hat seinen Grund in der Ikonenfunktion, die er für eine Reihe von Forschungsgebieten hat, die »As we may think« als ihren

Ausgangspunkt betrachten. Sowohl die *Information Science*, als auch Teilbereiche der Informatik (Information Retrieval, Hypertext, Informationssysteme) reklamieren Vannevar Bush als ihren geistigen Vater [11, 14]. Dabei wird nur selten berücksichtigt, unter welchen historischen Vorzeichen der Aufsatz entstanden ist oder welche Absicht Bush damit verfolgte.

## 2. Das Informationsproblem

Der Ursprung des Memex läßt sich bis in die frühen dreißiger Jahren zurückverfolgen. Bush war zu dieser Zeit einerseits gerade Vizepräsident des MIT geworden und begann seine Karriere als Funktionär und Politiker. Andererseits hatte ihn die Entwicklung des Differential Analyzer in die vorderste Reihe der Analogrechnerentwicklung gebracht.

Bis 1933 war Bush ein typischer technischer Autor wie viele andere gewesen, seine zahlreichen Veröffentlichungen gehörten zu den Bereichen Elektrotechnik und Maschinenbau, die Artikel waren geradlinig geschriebene wissenschaftliche Abhandlungen. Bush erreichte aber bei dem von ihm formulierten Informationsproblem die Grenzen seiner Gestaltungsmöglichkeiten, da es mit der ihm eigenen Methodik nicht zu lösen war. In dieser Situation veröffentlichte Bush im Januar 1933 in der Zeitschrift *Technology Review* den Essay »The Inscrutable Past«, in dem er in literarisch-satirischer Form das Informationsproblem der

modernen Wissenschaften formulierte, indem er die dreißiger Jahre aus der Perspektive einer nicht näher erläuterten Zukunft beschrieb und damit aktuelle Probleme und Fehlentwicklungen kritisierte. Dieses Problem bestand darin, daß das naturwissenschaftlich-technische Wissen schneller zunahm, als es selbst der aufmerksamste Leser der Fachliteratur aufnehmen und verarbeiten konnte [9].

»The Inscrutable Past« transportierte eine zweifache Botschaft. Zum einen beschrieb Bush die sich rasch verändernde Welt der frühen dreißiger Jahre, in der die industrielle Massenproduktion und der schnell zunehmende Individualverkehr große gesellschaftliche, wirtschaftliche und ökologische Probleme schuf. Für Bush waren die »unergründlichen« dreißiger Jahren aber nur eine Zeit des Übergangs, die mit den Kräften von Wissenschaft und Technik überwunden werden könnte [9].

Bush beschreibt in seinem Aufsatz den Ablauf eines gewöhnlichen Tages im Leben eines Professors in Neu-England, darunter auch seine Arbeit in einer Bibliothek. Er versucht damit, dem Leser eine spezielle Quelle der Frustration für Wissenschaftler und Ingenieure zu vermitteln, eben das Informationsproblem:

»The library, to which our professor probably turned, was enormous. ... He had to paw over cards, thumb pages, and delve by the hour. It was time-wasting and exasperating indeed. Many of us well remember the amazing incredulity which greeted the first presentation of the unabridged dictionary on a square foot of film. The idea that one might have the contents of a thousand volumes located in a couple of cubic feet in a desk, so that by depressing a few keys one could have a given page instantly projected before him, was regarded as the wildest sort of fancy. [9].

Das eigentliche Problem, so Bush in seinem elitär-technokratischen Selbstverständnis als Ingenieur, liege darin, daß die Öffentlichkeit so wenig vom Stand der Technik verstehe, daß sie nicht zwischen dem Möglichen und dem Unmöglichen zu unterscheiden wisse. Er rechtfertigt so den Übergang von der wissenschaftlichen Abhandlung zur »aufrichtigen Prophezeiung« als Fortsetzung der Wissenschaft mit anderen Mitteln.

Bush versuchte, das Informationsproblem ingenieurmäßig anzugehen, indem er den Zugriff auf technisches und wissenschaftliches Wissen, das in den Bibliotheken gespeichert war, mechanisieren und damit effektiver machen wollte. Dazu verschaffte sich Bush zunächst einen Überblick über die bestehende Technologie, nahm Anleihen bei besonders erfolgversprechenden technischen Entwicklungen und erarbeitete dann einen eigenen Entwurf. Das Resultat dieses Prozesses waren der *Navy Comparator* und der *Rapid Selector*, relativ kleine, auf Basis der Mikrofilmtechnik arbeitende Maschinen, die zwischen 1935 und 1942 entstanden. Beim Entwurf des Memex, so wie er ihn in seinem Essay von 1945 schilderte, erweiterte Bush diese Maschinen um weitere Hochtechnologie.

### 3. »As we may think«

Die erste Fassung des Aufsatzes entstand bereits 1939 unter dem Titel »Mechanization and the Record« und sollte in Zeiten der allgemeinen Technikskepsis Zeugnis darüber ablegen, daß Wissenschaft und Technik auch einen positiven Beitrag zur gesellschaftlichen Entwicklung leisten können und nicht nur zu Arbeitslosigkeit und Massenarmut führen. Außerdem wollte Bush mit seinem Aufsatz seinen Eindruck vom technischen Fortschritt der dreißiger Jahre vermitteln. In einem Memorandum an Eric Hodgins, den Herausgeber von *Fortune*, wo Bushs Aufsatz ursprünglich erscheinen sollte, schreibt Bush, er wolle darlegen, daß die Anwendung von Wissenschaft und Technik nicht von vornherein schlecht sei. Zu diesem Zweck wolle er ein fortschrittliches Gerät beschreiben, das einen wichtigen Beitrag zur Fortentwicklung des menschlichen Geistes leisten könne [6]. Aus diesen Umständen erklärt sich die ausgefeilte Rhetorik und der eklektische Charakter des Aufsatzes, die ihm heute manchmal zu Unrecht zum Vorwurf gemacht werden [1].

Bush versuchte mehrere Jahre vergebens, »Mechanization and the Record« im *Fortune* Magazin zu veröffentlichen. Die Veröffentlichung scheiterte aber, weil sich Bush weigerte, den umfangreichen Essay zu kürzen und für ein Massenpublikum umzuschreiben. Bush zögerte aber auch, den Text in einer kleineren wissenschaftlichen Zeitschrift zu veröffentlichen, weil er über *Fortune* genau die Leserschaft erreichen konnte, die er für wichtig hielt: die wissenschaftlich und technisch interessierte Allgemeinheit [6]. Die Veröffentlichung des Aufsatzes verzögerte sich weiter, weil Bushs Tätigkeit für das O.S.R.D. während der Kriegsjahre nur wenig Zeit für andere Aktivitäten ließ. Zum Ende des Krieges wurde der Memex-Aufsatz schließlich doch noch veröffentlicht, zunächst im Juli 1945 unter dem Titel »As we may think« im *Atlantic Monthly*, einem kleineren, aber renommierten Magazin. Das *Life*-Magazine druckte im September 1945 eine illustrierte und vom Herausgeber gekürzte und kommentierte Version des Aufsatzes ab. So hatte Bush schließlich doch noch Anspruch und breite Öffentlichkeit vereinen können [15].

Bush beginnt »As we may think« wiederum mit einer Darstellung des Informationsproblems und knüpft damit unmittelbar an die Schilderung in »The Inscrutable Past« an. Der seit Ende des 19. Jahrhundert exponentiell wachsende Bestand wissenschaftlicher Literatur sei mittlerweile nicht mehr überschaubar und führe zu einem unnötig großen Anteil von Doppel- und Mehrfachentdeckungen, vor allem aber bestehe die Gefahr, daß wichtige Forschungsergebnisse unbeachtet blieben. Dabei liegt für Bush das Problem weniger in der Informationsflut selbst als in den unzureichenden technischen und organisatorischen Mittel zur Erfassung und Verarbeitung der Information: »Unsere Methoden zur Vermittlung und Aufnahme von Forschungsergebnissen sind Generationen alt und mittlerweile für diesen Zweck vollkommen ungeeignet« [3, S. 101].

#### 4. Das fiktive Gerät

Das Gerät, das Bush in »As we may think« schließlich vorstellt, war rein fiktiv. Es wurde nie gebaut, es hat noch nicht einmal ernsthafte Anstregungen zur Konstruktion eines Memex gegeben. Selbst die Komponenten, aus denen es bestehen sollte, waren 1939 bzw. 1945 in der von Bush beschriebenen Form nicht vorhanden. Sie sind aber trotzdem keine pure Phantasie, sondern gedankliche Weiterentwicklungen von damals aktuellen Forschungsergebnissen und existierender Hochtechnologie. Die wichtigste Voraussetzung für die Realisierung des Memex war nach Bushs Überzeugung eine leistungsfähige industrielle Produktionstechnik, die zuverlässige und billige Komponenten bereitstellen kann. Diese Bedingung sei zwar zu Leibniz' und Babbages Zeiten noch nicht erfüllt gewesen, 1945 sei aber die Zeit für eine Maschine wie den Memex reif [3, S. 102].

Bush machte aus dem eklektischen Charakter seines Aufsatzes kein Geheimnis. Ein solches Vorgehen ist für einen Aufsatz mit einem ausdrücklich aufklärerischen Anspruch ungemein geschickt; der Vorwurf fehlender Originalität, wie ihn Michael K. Buckland formuliert hat [1], geht deshalb auch an der ursprünglichen Intention Bushs völlig vorbei. Vielmehr wartet Bush mit einer ganz anderen Art von Originalität auf. Durch die Kombination von existierenden Verfahren und Geräten entwickelt Bush in seinem Aufsatz auf originelle Weise

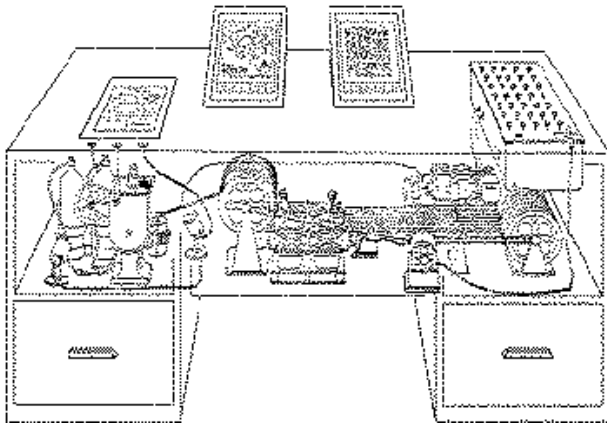


Abb. 2 Memex in Form eines Arbeitstisches

Lösungsvorschläge für wichtige Problemfelder.

Der Memex, so wie ihn sich Bush vorgestellt hat, ist ein Gerät für den individuellen Gebrauch. Es sollte die Bibliothek und die Kartei eines Wissenschaftlers ersetzen, für den der Memex eine Erweiterung des persönlichen Gedächtnisses werden sollte: ein *Memory Extender* [3, S. 107]. Das Gerät selbst ist dementsprechend kompakt aufgebaut. Auf einem der Bilder, die unter Bushs Aufsicht für die *Life*-Version des Aufsatzes angefertigt wurden (Abb. 1), sieht man ein Gerät, dessen äußerer Aufbau einfacher kaum sein könnte: Auf einem gewöhnlichen Schreibtisch sind zwei Bildschirme angeordnet, auf die die gewünschte Information projiziert wird. Auf der rechten Seite sind eine Reihe von Hebeln

und Knöpfen zur Bedienung des Memex angeordnet, das rechteckige Feld auf der linken Seite stellt eine Vorrichtung zum Einlesen von Papierdokumenten dar. Ansonsten präsentiert sich der Memex für den Benutzer als »blackbox«, die eigentliche Technik ist vor dem Benutzer im Inneren des Schreibtisches verborgen [1, S. 107].

Besonders bezeichnend ist in diesem Zusammenhang, daß Bush stets von seinem Memex als einem *gadget* spricht. *Gadget* bezeichnet im Englischen eine Erfindung oder ein technisches Gerät, hat aber eine leicht negative Nebenbedeutung. Ein *gadget* ist nämlich auch technischer Schnickschnack oder eine nutzlose Spielerei. Damit wird ein Hinweis auf die typische Rollenzuweisung der Technik in der Gesellschaft gegeben. Aufgrund einer verbreiteten Technikangst wünschte sich ein großer Teil der Bevölkerung in den dreißiger Jahren einen Maschineneinsatz nur für untergeordnete und leicht kontrollierbare Aufgaben. Mit seiner Wortwahl drückt Bush seine Überzeugung aus, daß Maschinen, selbst sogenannte denkende Maschinen stets nur *Diener* des Menschen sein können und dürfen. Letztlich sollen wir alle so sein wie der Mathematiker in »As we may think«, Bushs idealisierter Benutzer:

»All else [the mathematician] should be able to turn over to his mechanism, just as confidently as he turns over the propelling of his car to the intricate mechanism under the hood.« [3, S. 105]

Die Maschine wird damit zur »black box«, die zwar nützlich für die Arbeit seines Benutzers ist, über deren interne Arbeitsweise er sich aber keine Gedanken machen muß. Funktionalität und technische Realisierung werden, wie bei vielen High-Tech-Produkten der Nachkriegszeit, voneinander getrennt. Damit steht der Memex in einem krassen Gegensatz zu den 1939 bzw. 1945 existierenden informations- und datenverarbeitenden Maschinen, bei denen die Mensch-Maschine-Schnittstelle noch kein Thema war, zumal sie sich allein durch ihre Größe und ihr Gewicht auch nicht im entferntesten als Geräte für das Büro eigneten.

Obwohl der Memex in erster Linie ein elektrooptisches Gerät ist, ist er ein direkter Nachfahre von Bushs analytischen Maschinen der dreißiger und vierziger Jahre. Genau wie diese ist auch der Memex ein *Analoggerät*. Während der dreißiger Jahre, also auch zur Zeit der Entstehung von »As we may think« war diese Technologie der Stand der Technik. Außerdem hatte Bush mehr als zwanzig Jahre selbst zur Entwicklung dieser Technologie beigetragen, und war deswegen tief in der Analogtechnik verwurzelt. Für Bush war dieser Typ von Technik deswegen so attraktiv, weil er ein ideales Hilfsmittel für die Methodik des ingenieurmäßigen Entwurfs darstellte.

Modelle von physikalisch-technischen Systemen sind normalerweise durch einen Satz von Gleichungen beschrieben, die das Systemverhalten beschreiben, indem sie die physikalischen Größen des Systems miteinander verbinden. Beim Analogrechner ist es möglich, ein solches Modell unmittelbar zu berechnen, ohne auf numerische Verfahren zurückgreifen zu müssen. Der *Differential Analyzer* und seine Nachfolger boten also die Möglichkeit, das Verhalten eines techni-

schen Systems in vielerlei Aspekten nachzubilden. Die den Ingenieur interessierenden physikalischen Größen lassen sich dabei mit Hilfe von Maßstabsfaktoren sowohl in ihrer absoluten Größe als auch in ihrem zeitlichen Verlauf aus den Ausgangsgrößen des Analogrechners ablesen. Zur weiteren Veranschaulichung werden diese Ausgangsgrößen (z.B. Spannungen, Drehwinkel etc.) häufig in Diagramme umgewandelt. Bush betrachtete seine Analogcomputer deswegen als Kombinationen von elektrischen und mechanischen Bauelementen, die sich genauso verhalten wie die sie darstellenden technisch-physikalischen Systeme [7, S. 181].

Im Gegensatz zum Analogcomputer werden mit Hilfe des Digitalrechners vor allem arithmetische Operationen durchgeführt, er ist von seinem Wesen her ein Hilfsmittel der *numerischen* Mathematik. Der Digitalrechner kann deswegen auch keine *kontinuierlichen* Eingabegrößen verarbeiten, sondern liefert nur »Momentaufnahmen« für diskrete Eingabewerte und Randbedingungen. Will man mit dem Digitalrechner die gleichen *Simulationsaufgaben* lösen wie mit einem Analogcomputer, so muß man eine hinreichend große Zahl solcher Momentaufnahmen erstellen und geeignet interpretieren. Beim Digitalrechner tritt damit eine weitere Abstraktionsebene auf, die zu Beginn der vierziger Jahre eher der Denkweise von Mathematikern als der von Ingenieuren entsprach [5, 16].

## 5. Der Mikrofilmspeicher

Als Speichermedium wollte Bush auf die Mikrofilmtechnik zurückgreifen, die er bereits für seinen *Navy Comparator Rapid Selector* verwendet hatte und 1945 immer noch als vielversprechende analoge Speichertechnologie galt. Bush nahm an, daß sich die Auflösungsfähigkeit des Mikrofilms mittelfristig um einen Faktor 100 verbessern lassen würde. Damit wären Verkleinerungen im Maßstab 1:10.000 möglich. Unter der Annahme, daß der Film nicht dicker als Papier ist, wäre das Informationsproblem von der reinen Menge her damit gelöst. Die *Encyclopædia Britannica* hätte dann Platz in einer Streichholzschachtel, das gesamte Wissen der Menschheit in einem einzigen Lieferwagen [3, S. 103].

Bushs positive Einschätzung eines Mikrofilmspeichers basierte auf Entwicklungen der zwanziger und dreißiger Jahre. Bereits 1925 war ein Filmmaterial vorgestellt worden, das so feinkörnig war, daß der komplette Text der Bibel auf knapp 20 cm<sup>2</sup> Platz fand [1]. Durch diese Fortschritte schien sich die Möglichkeit zu eröffnen, Information universell zugänglich und für jedermann erschwinglich zu machen. Watson Davis und Edwin Slosson, die während der zwanziger Jahre das *American Documentation Institute* gegründet hatten, propagierten diesen Gedanken schon seit 1926 [15, S. 49f.]. Damit verbunden war auch die Hoffnung auf eine intellektuelle Revolution, wie sie der Schriftsteller H. G. Wells 1937 in seinen Vorträgen über das »Weltgedächtnis« formuliert hat. Dahinter steht die Vorstellung, daß die bessere Zugänglichkeit von Information für jeder-

mann zu einer gerechteren Verteilung der Chancen und letztlich zu einem demokratischeren Staat führt [18].

Die Datenkompression hätte aber gleichzeitig einen bestimmenden Einfluß auf die Kosten. Mit einer hochentwickelten Mikrofilmtechnik und einer hohen Auflage könnten die Kosten für ein Werk wie die *Encyclopædia Britannica* auf einen Bruchteil der bisherigen Kosten reduziert werden. Information könnte so theoretisch fast kostenlos werden [3, S. 103]. Bush ließ bei dieser Argumentation freilich außer acht, daß bei Informationsdienstleistungen nicht nur die Reproduktionskosten relevant sind.

Bush merkte aber gleichzeitig an, daß die Kompression und Speicherung von Information allein nicht genug ist. Sie muß auch wirklich verfügbar sein, das heißt sie muß einfach und schnell in den Memex eingegeben werden können. Vor allem aber müssen dem Benutzer Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, um die gewünschten Informationen in den riesigen Datenbeständen möglichst schnell und vollständig wiederzufinden. Ist das Problem der Speicherung also durch Verwendung von Mikrofilm gelöst, so stellt sich als nächstes das Problem der Ein- und Ausgabe.

## 6. Ein- und Ausgabetechnik

Bush widmet deshalb den weitaus größten Teil seines Aufsatzes der Darstellung unterschiedlicher Ein- und Ausgabetechniken für unterschiedliche Datentypen. Er diskutiert dabei die Eingabe von Bildern, Sprache und gedruckter Schrift und die Ausgabe auf Mikrofilm, Papier sowie die Sprachausgabe.

Für die Eingabe von Photos schlägt Vannevar Bush eine Mikrofilmkamera vor, die der Wissenschaftler während seiner Arbeit auf der Stirn tragen soll; diese Vorrichtung wurde in der *Life*-Version vom Herausgeber treffend als »Zyklopenkamera« bezeichnet (Abb. 2). Bush selbst spricht von einer Kamera in der Größe einer Walnuß, mit der der Benutzer des Memex farbige Mikrofilmfotos von 3x3 mm Größe aufnehmen kann. Die Bedienung dieser Kamera soll sich dabei auf die Auswahl des Bildausschnitts und die Betätigung des Auslösers beschränken. Der Sucher ist ein Rechteck aus feinen Linien, das in eine herkömmliche Brille integriert ist; der Auslöser wird am Ärmel oder Revers der Jacke befestigt, ist also mit einer Handbewegung zu erreichen. Alle anderen Funktionen der Kamera, Einstellen von Belichtungszeit, Blende und Schärfe entfallen bei der Zyklopenkamera oder werden automatisiert. Dabei dachte Bush an die Verwendung eines kurzbrennweitigen Universalobjektivs und eine Belichtungsautomatik auf der Basis einer eingebauten Photozelle [3, S. 102].

Er griff dabei auf zwei technische Entwicklungen der zwanziger und dreißiger Jahre zurück. Während der zwanziger Jahre waren in verschiedenen Forschungsinstitutionen in Europa und den Vereinigten Staaten Forschungsarbeiten zum sogenannten inneren Photoeffekt von Halbleitern durchgeführt worden. In der Folge entwickelten unter anderem B. Lange und L. Bergmann 1931 die erste für die praktische Verwendung geeignete Selen-Photozelle.

Gleichzeitig war Bush bei seiner Beschreibung vermutlich von den Miniaturisierungsentwicklungen im Kamerabau der dreißiger Jahre beeinflusst, als deren Höhepunkt die Entwicklung der berühmten *Minox* durch Walter Zapp im Jahre 1936 gilt. Diese Kamera hatte bereits einen eingebauten Belichtungsmesser und auch das von Bush beschriebene Universalobjektiv. Für die Entwicklung der so aufgenommenen Bilder hoffte Bush auf ein trockenes Verfahren, das es ermöglichen würde, Photos aufzunehmen und sofort anschauen zu können [3, S. 102f.].

Trotz der Möglichkeit zur Eingabe von Fotos mit

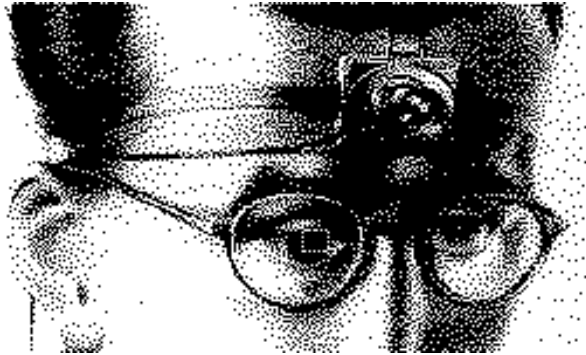


Abb. 3 Wissenschaftler mit der "Zyklopenkamera". Das weiße Rechteck kennzeichnet das in die Brille eingebaute Sucherfeld

Hilfe der Zyklopenkamera stellen schriftliche Informationen den weitaus größten Informationsbestand des Memex dar. Bei den 1939 üblichen Datenverarbeitungsanlagen mussten diese Informationen erst umständlich, z.B. mit Hilfe eines Lochkartenstanzers, in eine maschinenlesbare Form gebracht und dann eingelesen werden. Bush regt deshalb an, bereits existierende Verfahren zur Sprachein- und -ausgabe zu kombinieren, um eine natürlichsprachige Kommunikation zwischen dem Memex und seinem Benutzer zu realisieren.

Dabei greift er explizit auf zwei Verfahren zurück, die seit Mitte der dreißiger Jahre bei den Bell Laboratories entwickelt wurden, dort allerdings mit dem Ziel, die Verständlichkeit von Telefongesprächen über große Distanzen zu verbessern. Dabei handelte es sich einerseits um den sogenannten *Voder*, ein elektronisches Verfahren zur Erzeugung synthetischer Sprache, das bereits 1939 auf der Weltausstellung in New York vorgeführt wurde. Dabei wurde ein Text mittels Tastatur in den *Voder* eingegeben; dieser gab den Text dann in verständlicher Sprache aus [3, S. 103f.; 13, S. 99].

Der *Vocoder* ist schließlich ein Gerät zur Analyse und »Erkennung« gesprochener Sprache, das ebenfalls während der dreißiger und vierziger Jahre von Homer Dudley bei den Bell Labs entwickelt wurde, allerdings mit dem Ziel, abhörsichere Telefonverbindungen während des Zweiten Weltkrieges zu ermöglichen. Beim *Vocoder* wird die über ein Mikrofon aufgenommene Sprache in verschiedenen Frequenzbändern analysiert. Die dabei ermittelten Parameter werden übertragen und beim Empfänger wieder zu einem natürlichsprachigen Signal zusammengesetzt. Bush dürfte als Direk-

tor des O.S.R.D. auch über diese Entwicklungen, die der Geheimhaltung unterlagen, Kenntnis gehabt haben [3, S. 104].

Die Kombination der Verfahren soll zu einem Gerät führen, das eine automatische Übersetzung von gesprochener in geschriebene Sprache ermöglicht und vom Herausgeber des *Life*-Magazin als »Supersekretär der Zukunft« titulierte wurde [4, S. 112]. Mit seiner Hilfe, ergänzt durch eine drahtlose Übertragung, wird die Dateneingabe beim Memex extrem einfach. Bush selbst beschreibt diesen Vorgang folgendermaßen:

»One can now picture a future investigator in his laboratory. His hands are free, and he is not anchored. As he moves about and observes, he photographs and comments. Time is automatically recorded to tie the two records together. If he goes into the field, he may be connected by radio to his recorder. As he ponders over his notes in the evening, he again talks his comments into the record. His typed record, as well as his photographs, may both be in miniature, so that he projects them for examination.« [3, S. 103]

Um auf den kompletten Bestand wissenschaftlicher Informationen zurückgreifen zu können, ist eine Eingabemöglichkeit für gedruckte Text- und Bildvorlagen besonders wichtig. Prinzipiell ist diese Art der Dateneingabe durch die Verwendung von Mikrofilm als Speichermedium besonders einfach. Auf der Gesamtansicht des Memex sieht man auf der linken Seite eine transparente Scheibe, auf die die Papiervorlagen gelegt werden können. Auf Knopfdruck werden diese auf Mikrofilm abfotografiert und zum Speicher des Memex hinzugefügt [3, S. 107]

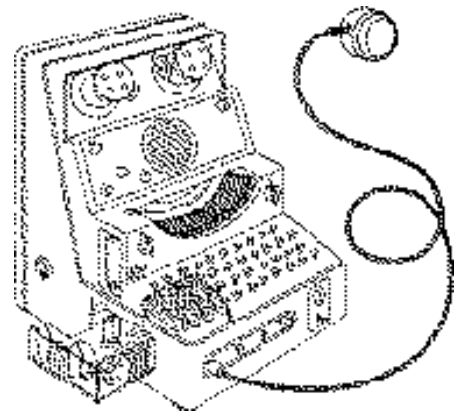


Abb. 4 "Supersekretär" der Zukunft

Bush zieht aber auch eine maschinelle Erkennung des einzulesenden Textes in Erwägung und baut dabei wiederum auf die Fortschritte bei der Entwicklung von Photozellen: »Es wurden bereits Maschinen konstruiert, die gedruckte Zeichen mit Hilfe von Fotozellen lesen und dann die entsprechenden Tasten [einer Tastatur] drücken...« [3, S. 104]. Die Entwicklungen in diesem Bereich befanden sich allerdings zur Entstehungszeit von »As we may think« noch in ihren Anfängen.

## 7. Assoziative und hierarchische Datenorganisation

Die eigentliche Datenausgabe machte aufgrund der analogen Speicher- und Verarbeitungstechnologie keine größeren Probleme. Die auf Mikrofilm gespeicherten Informationen sollten mit Hilfe einer geeigneten Optik auf die beiden Bildschirme projiziert werden. Ein sehr viel größeres Problem war in Bushs Augen das Auffinden der gewünschten Information im riesigen Speicher des Memex, der ja im günstigsten Fall die komplette Information der Menschheit beinhalten sollte.

Dieses Problem läßt sich in zwei Teilaspekte unterteilen: die technischen Verfahren zur Informationswiedergewinnung (engl. *information retrieval*) und eine möglichst effektive *Datenorganisation*. Das erste Problem kann durch die Verwendung der für den *Rapid Selector* entwickelten Verfahren gelöst werden. Bei diesem von Bush Ende der dreißiger Jahre konstruierten Gerät wurden Dokumente auf Mikrofilm gespeichert und mit Hilfe von Indizes klassifiziert. Durch den Einsatz von Photozellen und digitalen Logikschaltkreisen konnte der Datenbestand nach komplexen Mustern durchsucht werden und war dabei mehr als 100 mal schneller als die damals existierenden Lochkartenmaschinen [2].

Für die Datenorganisation schlägt Bush eine Art assoziative Speicherung vor. Das Vorbild ist hierbei die Art und Weise, wie der Mensch auf sein Gedächtnis zurückgreift. Der Vorschlag eines assoziativen Datenzugriffs resultiert aber nicht in erster Linie aus einer Vorliebe Bushs für anthropomorphe Technik, sondern viel eher aus seiner Unzufriedenheit über existierende hierarchische Verfahren zur Datenselektion mittels Indizierung. Er schreibt in der meistzitierten Passage seines Aufsatzes:

»The real heart of the matter of selection, however, goes deeper than a lag in the adoption of mechanisms by libraries, or a lack of development of devices for their use. Our ineptitude in getting at the record is largely caused by the artificiality of systems of indexing. When data of any sort are placed in storage, they are filed alphabetically or numerically, and information is found (when it is) by tracing it down from subclass to subclass. It can be in only one place, unless duplicates are used; one has to have rules as to which path will locate it, and the rules are cumbersome. Having found one item, moreover, one has to emerge from the system and re-enter on a new path.

The human mind does not work that way. It operates by association. With one item in its grasp, it snaps instantly to the next that is suggested by the association of thoughts, in accordance with some intricate web of trails carried by the cells of the brain. It has other characteristics, of course; trails that are not frequently followed are prone to fade, items are not fully permanent, memory is transitory. Yet the speed of action, the intricacy of trails, the detail of mental pictures, is awe-inspiring beyond all else in nature.« [3, S. 106]

Bei seinen Vorschlägen zur technischen Realisierung mußte Bush allerdings sein assoziatives Konzept teil-

weise wieder zurücknehmen. Dazu erläutert er, wie ein Benutzer einen (*trail*) in den Memex eingibt, der die Überlegenheit des türkischen Kurzbogens über den englischen Langbogen zur Zeit der Kreuzzüge zum Thema hat (Abb. 4).

Der Besitzer des Memex projiziert zunächst zwei zur Argumentation gehörende, inhaltlich aber eventuell vollkommen divergierende Seiten, z.B. aus einer Enzyklopädie, auf die Bildschirme des Memex. Zu den angezeigten Seiten kann er Kommentare eingeben und

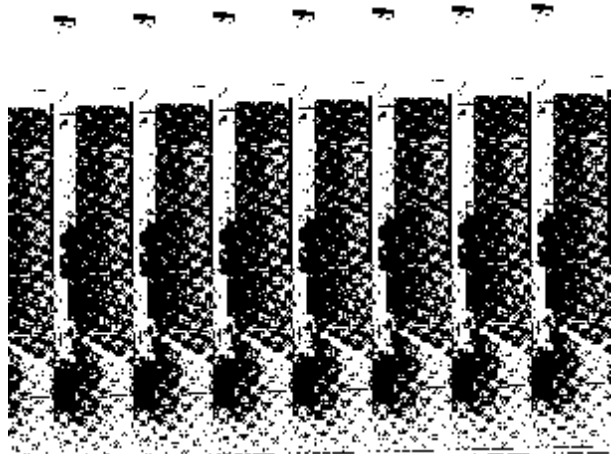


Abb. 5 Grafische Anzeige, handschriftliche Eingabe und Index beim Memex

diese dem Hauptpfad zuordnen oder einem weniger wichtiger Seitenpfad. Ein solcher Pfad kann, wenn er einmal in den Memex eingegeben wurde, aus technischen wie auch aus logischen Gründen nicht wieder gelöscht werden. Einerseits bietet die Mikrofilmtechnik keine einfache Möglichkeit zur Löschung einzelner Elemente auf einem einmal belichteten Dokument. Schwerer wiegt allerdings die Tatsache, daß Dokumente nicht ohne weiteres aus dem Gewebe der Dokumente entfernt werden können, ohne daß die Gefahr bestünde, das Dokument auch aus *anderen* Argumentationspfaden zu entfernen und somit eine Inkonsistenz des Datenbestandes in Kauf zu nehmen. Diese Randbedingung schränkt das Konzept der assoziativen Speicherung allerdings nicht wesentlich ein, da beliebig viele Pfade angelegt werden können.

Die eigentliche Verbindung zwischen den Dokumenten wird aber durch die Eingabe eines bestimmten *Codes* über die Tastatur auf der rechten Seite des Memex vorgenommen, mit dem der Benutzer des Memex die Wichtigkeit und die Art der Verbindung zwischen den Dokumenten eingibt. Dieser Code wird dann als Punkt-kombination in dem dafür vorgesehenen Feld auf dem Mikrofilm abgespeichert [3, S. 107].

Bush hätte also bei der Realisierung seines assoziativen Speichers auf die geschmähten Verfahren der Klassifizierung und Indizierung zurückgreifen müssen. Er führt damit ein Verfahren ein, das bei der Entwicklung des Personal Computing besonders wichtig ist: die Trennung der Funktionalität, die durch die zu bearbei-

tende Aufgabe und die Qualifikation des Benutzers bestimmt ist, von ihrer konkreten technischen Realisierung. Diese Vorgehensweise wird Bushs Aufsatz teilweise zum Vorwurf gemacht. So behauptet Michael Buckland, Bushs Ablehnung von maschinennahen Indizes und die gleichzeitige Verwendung von Indizes zur Realisierung eines für den Benutzer assoziativ wirkenden Speichers sei inkonsequent und unoriginell [1, S. 285]. Dabei geht es Bush doch offensichtlich um die einfache und intuitive *Bedienbarkeit*. Die Ikonenrolle, die »As we may think« für Teilbereiche des *Human Factors Engineering* einnimmt, ist also durchaus berechtigt, weil der Aufsatz eine der frühesten Formulierungen eines aufgaben- und benutzerorientierten Systementwurfs im Bereich der Informationstechnik darstellt.

## 8. Verwendung des Memex

Im Gegensatz zum menschlichen Gedächtnis verblässen die Argumentationspfade, die einmal in den Memex eingegeben wurden, nicht im Laufe der Zeit, sondern sind jederzeit wieder abrufbar. So ist es auch nach langer Zeit ohne Schwierigkeit möglich, einen Argumentationspfad abzurufen und nachzuvollziehen. Durch die Speicherung auf Mikrofilm ist es auch problemlos möglich, eigene *trails* an Dritte weiterzugeben. Er führt dazu wieder sein Bogen-Beispiel an:

»Several years later, [the user's] talk with a friend turns to the queer ways in which a people resist innovations, even of vital interest. He has an example, in the fact that the outranged Europeans still failed to adopt the Turkish bow. In fact he has a trail on it. A touch brings up the code book. Tapping a few keys projects the head of the trail. A lever runs through it at will, stopping at interesting items, going off on side excursions. It is an interesting trail, pertinent to the discussion. So he sets a reproducer in action, photographs the whole trail out, and passes it to his friend for insertion in his own memex, there to be linked into the more general trail.« [3, S. 107]

Durch diesen Informationsaustausch entsteht mit der Zeit eine Art Weltenzyklopädie, wie sie beispielsweise H. G. Wells schon während der dreißiger Jahre als Grundlage einer globalen, auf den Wissenschaften basierenden Gesellschaft gefordert hatten. Im Gegensatz zu Wells' Vorstellungen von einer einheitlichen, zentral erstellten Enzyklopädie, spiegelt Bushs Entwurf eine typisch amerikanische Vorliebe für Dezentralität wieder. Der Datenbestand eines jeden Memex würde nach und nach organisch wachsen, er würde Redundanzen, eventuell sogar Widersprüche enthalten, da das Löschen von einzelnen Daten oder Teilen eines Argumentationspfades nicht vorgesehen ist. Er wäre damit auch ein Beispiel für die amerikanische Vorstellung von Meinungspluralität und Bushs Überzeugung, daß durch die bloße Aufsummierung von subjektiven Datenbeständen automatisch Intersubjektivität oder gar Objektivität entstünde. Es bleibt bei diesem System allenfalls einzuwenden, daß es ihm an einer gewissen Flexibilität mangelt, weil sich Veränderungen in den Einstellungen

und Bewertungen des Benutzers nicht im Memex abspeichern lassen, ohne einen vollständig neuen Pfad anlegen zu müssen.

Bush sieht neben dieser naheliegenden Verwendung des Memex für die individuelle Verwaltung der Daten eines Wissenschaftlers aber auch andere, neuartige Einsatzmöglichkeiten für den Memex. So schildert er in leuchtenden Farben neue Typen von Enzyklopädien, die der Memex ermöglicht, und ihre Bedeutung für die Allgemeinheit [3, S. 108]:

- ❖ Im Bereich der Justiz lassen sich Enzyklopädien mit allen Gesetzestexten, Auslegungen und Präzedenzfällen anlegen. Auch im Bereich des Patentrechts brächte der unmittelbare Zugang auf die Vielzahl der erteilten Patente erhebliche Arbeitersparnis, vor allem bei der Überprüfung der Patentfähigkeit einer Erfindung.
- ❖ Medizinische Enzyklopädien unterstützen den Arzt bei seiner Diagnose und bei der Auswahl von geeigneten Therapien und Medikamenten, insbesondere wenn es sich um seltene Krankheitsbilder handelt.
- ❖ Im Bereich der Geschichtswissenschaften eignet sich eine assoziativ organisierte Enzyklopädie besonders gut, um die komplexen Zusammenhänge historischer Ereignisse adäquat abzubilden.

In diesem Zusammenhang erwartet Bush auch die Belebung der Produktivität und die Entstehung einer neuen Berufsgruppe, der *trail blazers*, die sich mit der Aufarbeitung von Rohdaten für bestimmte Anwendungen beschäftigt [3, S. 108]. Heute würde man von Informationsbrokern sprechen, die sich in der Tat seit Aufkommen des Internets stark entwickelt haben.

An dieser Stelle scheint es nun auch angebracht, die hochfliegenden Erwartungen Bushs und das Potential des Memex kritisch unter die Lupe zu nehmen. Bushs Vorstellungen über die Veränderung der wissenschaftlichen Arbeit durch den Memex stellen im Grunde genommen den seit Mitte des 19. Jahrhunderts gewachsenen Wissenschaftsbetrieb in Frage. Die individuelle Anhäufung von Fachwissen und die zunehmende Spezialisierung sind schließlich wichtige Gründe für die Existenz eines ausdifferenzierten und vielfach bürokratisch organisierten Wissenschaftsbetriebs. Solche Institutionen, zumal wenn sie über Generationen gewachsen sind und ihren Mitgliedern Sicherheit und Ansehen bieten, setzen jedem - auch noch so berechtigten - Reformvorhaben einen nicht zu unterschätzenden Widerstand entgegen.

Bush hofft allerdings, daß sich Interdisziplinarität automatisch durch den Abbau von Barrieren zwischen den einzelnen Spezialdisziplinen entwickelt. Dazu soll der einfache Zugriff auf Informationen anderer Disziplinen durch die assoziative Datenorganisation beitragen. Dieser Teil von Bushs Darstellung ist deutlich weniger pragmatisch als der Rest des Aufsatzes. Mit einem fast religiösen Unterton tritt er für die Fortentwicklung der menschlichen Zivilisation durch die Kraft der Technik ein [5, S. 30]. Bush läßt dabei aber außer acht, daß Interdisziplinarität auch die Bereitschaft beinhalten muß, sich mit der fremden Disziplin auseinanderzusetzen, ihre Prämissen und Arbeitsweisen zu

verstehen. Die reine Verfügbarkeit von Daten führt deshalb noch lange nicht zu einem besseren *Verständnis* der Zusammenhänge. Da der Memex diesen Prozeß nicht explizit unterstützen kann, müßten neue Instanzen geschaffen werden, die durch eine geeignete Aufbereitung der Daten das Überschreiten dieser unsichtbaren Grenze erleichtert.

Für sich allein betrachtet, unterstützt der Memex eher die entgegengesetzte Entwicklung: Durch die Zugänglichkeit von Information könnte eine weitere Spezialisierung gefördert werden, schlimmer noch, es könnte sich eine Ignoranz gegenüber allem Wissen entwickeln, das nicht unmittelbar mit der eigenen Forschung zusammenhängt. Insofern geht Bush mit seinem visionären Entwurf einerseits nicht weit genug, da er unkritisch annimmt, die schiere Verfügbarkeit von Wissen sei schon positiv für die Wissenschaft und die Allgemeinheit. Andererseits geht er nicht weit genug, weil eine Welt, in der jeder die Grenzen seines Spezialgebiets scheinbar mühelos überwinden kann, eine völlig andere, aber gewiß nicht weniger komplexe Welt wäre.

## 9. Fazit

Obwohl die unmittelbaren Folgen von »As we may think« gering blieben, hatte der Aufsatz doch mittelfristig einen enormen Einfluß. So wie »Science - The Endless Frontier« bestimmend für die Organisation der amerikanischen Nachkriegsforschung wurde, hatte »As we may think« eine inspirierende Wirkung auf eine ganze Generation von Computer-Wissenschaftlern, darunter Joseph C. R. Licklider, Douglas Engelbart und Robert Taylor, die in den sechziger und siebziger Jahren die Entwicklung von Time-Sharing Systemen bzw. Personal Computern entscheidend mitgestalteten.

Was ist also von Bushs ambitioniertem Entwurf geblieben, nachdem doch alle seine technischen Realisierungsvorschläge im Laufe von nur wenigen Jahren obsolet geworden sind? Es sind vor allem die *Ideen* Bushs über die Möglichkeiten und Einsatzbereiche einer informationsverarbeitenden Maschine und vor allem die Einschätzung der Bedeutung von Information und Wissen für die zukünftige Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Im einzelnen sind dabei zu nennen:

- ❖ Die Idee der *persönlichen Maschine*: Indem Bush erstmals von der Vorstellung einer zentralen Datenverarbeitungsmaschine abrückt, wie sie von den 1945 existierenden Maschinen nahegelegt wurde, formuliert er den typischen »Hands-On Imperative« des Personal Computing.
- ❖ Der Memex dient zur Unterstützung *alltäglicher Aufgaben*. Er ist somit ein Werkzeug, das in keinem (Wissenschaftler-)Haushalt fehlen darf. Damit verbunden sind die Forderungen einer preiswerten Produktion zuverlässiger Geräte.
- ❖ Eng mit dieser Idee verbunden ist die Vorstellung einer intuitiv zu bedienenden *Mensch-Maschine-Schnittstelle*.
- ❖ Schließlich betonte Bush die Bedeutung von Information und Wissen und formulierte damit ein Ge-

genbild zu der um 1945 verbreiteten Vorstellung des Computers als Rechenautomat.

Aber auch jenseits der die Maschine selbst betreffenden Eigenschaften hat Bush *methodische* Vorschläge von langfristiger Bedeutung gemacht:

- ❖ Die *Trennung von Funktionalität und technischer Realisierung*. Diese bei Bush noch unscharfe Vorstellung ist schließlich die Hauptmotivation bei der Entwicklung von graphischen Benutzungsoberflächen gewesen.
- ❖ Indem Bush dem abstrakten Entwurf der Mathematiker einen funktionalen Entwurf der informationsverarbeitenden Maschine entgegensetzte, brachte er eine originär *ingenieurmäßige Methodik* in die Computerentwicklung ein, die sich allerdings nur zögernd durchsetzen konnte.

Diese Ideen wurden seit 1945 immer wieder aufgegriffen, modifiziert und uminterpretiert. Die Realisierung einzelner Aspekte griff dabei in immer stärkerem Maße auf die immer leistungsfähigeren Digitalcomputer zurück und befand sich meist an der Spitze der technischen Entwicklung.

Bushs Hauptverdienst ist, daß »As we may think« durch seine mitreißende Rhetorik und seine persönliche wissenschaftliche Reputation eine weitreichende stimulierende Wirkung hatte. Bushs Aufsatz kam, wie R. A. Fairthorne trotz all seiner Kritik bereits 1958 feststellte, zur rechten Zeit und öffnete den Leuten die Augen und Brieftaschen [10].

## 10. Literatur

1. BUCKLAND, M. K.: Emanuel Goldberg, Electronic Document Retrieval and Vannevar Bush's Memex. *Journal of the American Society for Information Science*, 43(4), 284-294 (1992)
2. BURKE, C.: *Information and Secrecy: Vannevar Bush, Ultra, and the Other Memex*. Metuchen, N.J.: Scarecrow (1994)
3. BUSH, V.: As we may think. *Atlantic Monthly*, 167(1), 101-108 (1945)
4. BUSH, V.: As we may think: A Top U.S. Scientist Foresees a Possible Future World in Which Man-Made Machines Will Start to Think. *LIFE*, 19(11), 112-124 (1945)
5. BUSH, V.: Memex Revisited. In *Science is Not Enough* (S. 75-101). New York: William Morrow (1967)
6. BUSH, V.: Memorandum Regarding Memex [1941]. In Nyce, J. M., Kahn, P. (Hrsg.): *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine* (S. 81-110). Boston: Academic Press (1991)
7. BUSH, V.: *Pieces of the Action*. London: Cassell (1972)
8. BUSH, V.: *Science - The Endless Frontier* (1945). Washington, D.C.: National Science Foundation (1990)
9. BUSH, V.: The Inscrutable Past (1933). In *Endless Horizons* (S. 1-15). Washington, D.C.: Public Affairs Press (1946)
10. FAIRTHORNE, R. A.: Automatic Retrieval of Recorded Information. *The Computer Journal*, 1(1), 36-41 (1958)
11. LILLEY, D.B., TRICE, R.W.: *A History of Information science 1945 - 1985*. San Diego: Academic Press (1989)
12. MARX, L.: *The machine in the garden : technology and the pastoral ideal in America*. New York: Oxford University Press (1970)



13. MILLMAN, S. (Hrsg.): A History of Engineering and Science in the Bell System: Communication Sciences, 1925 - 1980. Indianapolis: AT&T Bell Laboratories (1984)
14. NIELSEN, J.: Hypertext and Hypermedia. Boston: Academic Press (1993)
15. NYCE, J. M., KAHN, P.: Innovation, Pragmatism, and Technological Continuity: Vannevar Bush's Memex. Journal of the American Society for Information Science 40(3), 214-220 (1989)
16. OWENS, L.: Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer. Technology and Culture, 27(1), 63-95 (1986)
17. SMITH, L. C.: Memex as an Image of Potentiality Revisited. In Nyce, J. M., Kahn, P. (Hrsg.): From Memex to Hyper-  
text: Vannevar Bush and the Mind's Machine (S. 261-286). Boston: Academic Press (1991)
18. WELLS, H. G.: World Brain. London: Methuen (1938)
19. WIESNER, J. B.: Vannevar Bush: March 11, 1890 - June 28, 1974. Bibliographic Memoirs of the National Academy of Sciences, 50(8), 89-117 (1979)
20. WILDES, K. L., LINDGREN, N. A.: A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882 - 1982. Cambridge, MA: MIT Press (1985)
21. ZACHARY, G. P.: Vannevar Bush Backs the Bomb. The Bulletin of the Atomic Scientists, 48(6), 24-31 (1992)
22. ZACHARY, G. P.: Endless Frontier: Vannevar Bush, Engineer of the American Century. New York: Free Press (1997)

Michael Friedewald studierte Elektrotechnik mit dem Schwerpunkt Technische Informatik sowie Wirtschaftswissenschaften an der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Seit 1994 ist er dort als wissenschaftlicher Angestellter am Lehrstuhl für Geschichte der Technik tätig. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die Frühgeschichte der deutschen Funktechnik und die Entwicklung der interaktiven Computernutzung und des »Personal Computing« in den sechziger und siebziger Jahren.