

KRISEN- UND INNOVATIONSPHASEN IN DER MENSCH-COMPUTER-INTERAKTION

HANS DIETER HELIGE

Das Thema Mensch-Maschine-Kommunikation (MMK) bzw. Mensch-Computer-Interaktion (MCI) hat bisher in der Computer- und Informatikgeschichte eine relativ geringe Aufmerksamkeit gefunden. Es gibt nur wenige Spezialmonographien und auch in den »Annals of the History of Computing« muss man lange suchen, bis man auf Beiträge oder Ausführungen zu dieser Thematik stößt. Die Geschichtsschreibung spiegelt dabei aber nur den Sachverhalt wider, dass die Bedienschnittstelle seit jeher mehr als ein Annex und unscharfer Randbereich der Informatik angesehen wird und nicht als eine zentrale Gestaltungsaufgabe, die über Erfolg oder Misserfolg entscheiden kann. Nur sehr langsam setzt sich die Einsicht durch: »The interface between the user and the computer may be the last frontier in computer design.« (Foley 1987, S. 83) Welchen Beitrag die Informatikgeschichte zur Theoriedebatte in der MCI leisten kann, soll zunächst am Beispiel der Begriffsgeschichte, der Disziplin-Genese und der kontroversen Entwicklungsmodelle erörtert werden. Vor diesem Hintergrund wird dann im Hauptteil ein Überblick über die Langzeitentwicklung der MCI gegeben.

1 Die MCI als Gegenstand historischer Langzeitbetrachtung

Die traditionell randständige Positionierung der MCI kommt bereits in gängigen Bezeichnungen der Fachterminologie zum Ausdruck: Langezeit betrachtete man die Mensch-Maschine-Interfaces als Bestandteil der *Computer-Peripherie* und reduzierte sie damit auf bloße Hardware-Anhängsel. Diese Sichtweise entstand bereits 1945 mit der Übernahme des Begriffes »input-output« aus der Elektrotechnik, Elektronik und Automatisierungs-

technik in die frühe Computer Science durch John von Neumann.¹ Im Unterschied zu den frühen Computerpionieren Stibitz, Atanasoff, Eckert, Mauchly, Aiken, die noch keinen eigenständigen Begriff für das Bediensystem kannten, verstand v. Neumann die von ihm »input-output-organs« genannten Bedienschnittstellen als einen abgesonderten Bereich der Computer-»Architektur«. Doch gegenüber den »active organs« mit logischen Funktionen sah er im »Input-Output« lediglich untergeordnete »organs serving ›memory‹ functions«. Die verschiedenen Bedienprozesse reduzierten sich für ihn auf die bloße Zu- und Abfuhr von Daten- und Programmträgern bzw. die Abwicklung der Aufgabenpakete, und er setzte sie mit dem dem Gehirn dienenden neuronalen Sensorik- und Motorikapparat gleich (Neumann 1945, S. 35; 1958, S. 29). Auch für Alan Turing waren »Input/Output« »external organs«, die er auf der Ebene mechanischer Arbeiten der »servants« und der »girls« verortete, während er die geistigen Tätigkeiten des Planens und Durchdenkens der Programme den »masters« vorbehalten wollte (Turing 1947, S. 118 ff.). Die im frühen Computing entstandene hierarchische Arbeitsteilung bei der Organisation der Ein- und Ausgabe blieb bestimmend für die ganze Mainframe-Ära, sie bewirkte auch nachhaltig eine Geringschätzung der randständigen »terminal facilities« bzw. des »terminal equipment« (Everett 1951, S. 74) und des unmittelbaren Umgangs mit der Anlage, vor allem im kommerziellen Rechnereinsatz.

Dass gerade diese Marginalisierung der »input/output devices« sich als ein entscheidendes Hemmnis für die gesamte weitere Computer-Entwicklung erweisen würde, wurde von wenigen so klar durchschaut wie von Frederick P. Brooks. Er forderte in seinem berühmten IFIP-Vortrag von 1965, mit dem er den Begriff *Computer Architecture* in der Community bekannt machte, daß die Computer Architects die Schaffung neuer »input-output devices« zu einer Kernaufgabe machen sollten, denn keine Engineering-Aktivität könne so sehr neue Computeranwendungen stimulieren. Human-Factors-Aspekte im Computing sollten, so forderte er, künftig die gleiche Aufmerksamkeit genießen wie die Cockpits von Militärflugzeugen. Mit Blick auf eine komplexe Designsicht schlug er für diesen Bereich die Bezeichnung »architecture of input-output systems« vor (Brooks 1965, S. 89). Diese war für Brooks ein Teilbereich der Computer-Architektur, die er als das Gesamtinterface zwischen dem Benutzer und dem Computer verstand: »The whole discipline of system architecture has its central concern in the definition of the interface between a com-

1 Nach »The Oxford English Dictionary« (2.Aufl. 1989) wurde »Input-Output« seit dem 18. Jh. für Kapital-Einsatz und -Ertrag, seit dem Ende des 19. Jh. für Stoff- und Energie-Einsatz/-Ertrag verwendet und war seit den 1920er Jahren besonders in der Elektrotechnik und Elektronik verbreitet.

puter system and its users«. Der Interface-Architekt solle sich nicht primär als »scientist« sehen, sondern als »toolsmith«, der die Berührungszonen zwischen System und User menschengerecht gestaltet und dabei nach und nach alle Sinne einbezieht: »If we recognize our artifacts as tools, we test them by their usefulness and their costs, as is proper.« (Brooks 1977 S. 626; zum Architektur-Begriff siehe Hellige 2004b, S. 436-448) An Brooks knüpften zwar designorientierte Ansätze an (Carroll 1983; Bennett 1985), doch der Schwerpunkt von Architekturkonzepten im MCI-Kontext verschob sich schnell auf Funktionsebenen-Modelle und Standardisierungsrahmen für eine strukturierte Entwicklung von User Interfaces (z.B. Farber 1989). Letztlich hatte Brooks mit der Propagierung des Architekturbegriffs in dieser Sphäre keinen Erfolg.

Stattdessen bürgerten sich seit den 60er Jahren die weniger design-bezogenen Bezeichnungen *man-machine interface* und *man-computer interface* ein, die in Deutschland »Bedien-« oder »Benutzerschnittstelle« genannt wurden. Der Interface-Begriff bezeichnete schon seit Ende des 19. Jh. Grenzschichten zwischen zwei Flächen oder Komponenten, so zuerst ab 1880 in der Chemie zwischen zwei Flüssigkeiten, und später dann in der Elektrotechnik und Elektronik zwischen physikalischen Teilsystemen (Verbindungselemente wie Stecker, Buchsen und Übergänge zwischen Geräten, Netzteilen).² In der Computertechnik taucht *interface* zuerst im Laufe der 50er Jahre auf. Die anfängliche physikalische Akzentsetzung prägte offenbar auch noch den kurz vor 1960 entstandenen Begriff »man-machine interface«: »Where a complex machine represents the principal artifact with which a human being cooperates, the term ›man-machine interface‹ has been used for some years to represent the boundary across which energy is exchanged between the two domains.« (Engelbart 1962) Doch bald überwog die system- und kommunikationstechnische Perspektive, das »man-computer interface« wurde nun als Grenz- bzw. Übergabestelle zwischen System und Umgebung oder zwischen Systemkomponenten gesehen. Allerdings relativierte sich damit auch seine Bedeutung, es bildete nur noch eines unter vielen »internal and external interfaces«. Der deutsche Begriff »Schnittstelle« postuliert ausdrücklich gemäß DIN 44300, dass es sich hierbei um einen »Übergang an der Grenze zwischen zwei gleichartigen Einheiten handelt.«

Genau diese Annahme einer Grenz- und Trennungsfläche zwischen Mensch und Maschine kritisierten die Pioniere und Promotoren der interaktiven MCI Douglas Engelbart und Joseph Licklider bereits 1962/63 als

2 Face steht hierbei für »surface«; die anthropomorphe Deutung von »interface« im Sinne »von Angesicht zu Angesicht mit dem Computer« entspricht nicht der Wortentstehung, vgl. »The Oxford English Dictionary« (2.Aufl. 1989).

irreführende Vorstellung. Für Engelbart handelt es sich vielmehr um eine Kopplung von menschlichen und technischen Prozessen am »man-artifact interface«, bei der die physikalischen Aktionen mit dem komplexen »matching process between the deeper human processes« verwoben sind: »Quite often these coupled processes are designed for just this exchange purpose, to provide a functional match between other explicit-human and explicit-artifact processes buried within their respective domains that do the more significant things.« (Engelbart 1962; siehe Friedewald 1999, S. 154 f.)

Auch nach Licklider widerspricht die schematische Aufteilung der Bedienfunktionen auf den Nutzer und die Maschine dem synergetischen bzw. symbiotischen Charakter der MCI: »The crucial regions for research and development seem to lie on both sides of the literal interface.« Deshalb hielt er »man-computer intermedium« für den adäquateren Begriff, da das »physical intermedium« sowohl »the user's station«, die Konsole, als auch »the user's entire workspace« umfasse (Licklider 1965a, S. 92 f.). Sie stelle so eine enge mediale Verbindung zwischen dem Computer- und dem Anwendungssystem her. Da Licklider diese grundsätzlichen Betrachtungen und sein Plädoyer für die Bezeichnung »intermedium« anstelle von »interface« nicht in seinen berühmten Aufsätzen brachte, sondern in dem weniger rezipierten Buch »The Library of the Future« von 1965, fand sein Begriff keinen Eingang in die Terminologie der Computer Science. Erst in neuerer Zeit taucht »Intermedium« in der medien- und kulturwissenschaftlichen Debatte wieder auf, allerdings meist mit Multimediabezug. Da sich jedoch neuerdings wieder die Einsicht durchsetzt, dass es sich beim Interface um ein »Medium im Medium« handelt (Grassmuck 1995), bestünde durchaus Bedarf für einen breiter gefassten Intermedium-Begriff.

Als in den 1970/80er Jahren mit den Terminals und ersten Mikrocomputern der »naive Benutzer« in Erscheinung trat und die Computerbedienung Gegenstand systematischer wissenschaftlicher Forschung und bewusster Gestaltung wurde, sprach man zunehmend von »user interface«. Man meinte damit die »I/O devices and processes« und die sie kontrollierende Software, also eigentlich »the computer interface to the user« und gerade nicht »the user interface to the computer« (Grudin 1993, S. 114). »User Interface« wurde bald zum Kernbegriff der »Human-Computer Interaction«. Obwohl sich der Begriff später immer mehr vom »engineering model« auf das »user task model« und die Software-kontrollierte Dialoggestaltung verlagerte und sich die Forschungsperspektive in Richtung eines umfassenden MCI-Forschungsansatzes erweiterte, wurde dennoch an der Interface-Bezeichnung festgehalten. Damit blieb nicht nur die eminent mediale Bedeutung ausgeblendet, sondern es wurde auch

die anfangs dominierende Ingenieurperspektive der Computerbedienung im Begriff festgeschrieben (Grudin 1993, S. 115). Mit der Informatikgeschichte läßt sich also herausarbeiten – was hier nur sehr grob geschehen ist – wie die Fachterminologie ältere fehlorientierende Sichtweisen bis in die Gegenwart bewahren kann.

Die untypische Disziplinentwicklung der MCI

Das Gebiet der physikalischen Intermedien und der MCI bietet noch weit mehr Ansatzpunkte für lohnende historische Langzeitbetrachtungen. So kann eine Rekonstruktion der Disziplinwerdung besonders nützlich sein für die Einschätzung des erreichten Wissenschaftsstatus und des Wissenschaftstypus der MCI. Diese hat sich nach ersten Anläufen wissenschaftlicher Beschäftigung um 1960 und jahrzehntelangem Experimentieren erst Anfang der 80er Jahre zu einer eigenständigen Disziplin entwickelt. Doch während die Professionalisierung, Literalisierung und Institutionalisierung mit der Einrichtung von Lehrstühlen und der Gründung von Fachzeitschriften, Konferenzen und Fachgesellschaften ab 1982/84 recht erfolgreich verlief, kam die systematische Theorie- und Methodenbildung nur sehr langsam voran (nach dem Ansatz von D. v. Engelhardt, vgl. Hellige 2004a, S. 2 ff.). Die Erforschung der Hardware- und Software-Interfaces hat sich zwar von rein deskriptiven Bestandsaufnahmen über Toolkits und vergleichende Effizienz-Messungen zu Klassifikationen des realisierten Interface-Spektrums und schließlich zu kompletten Design-Space-Systematiken vorgearbeitet. So strukturieren die vorliegenden recht unterschiedlichen Taxonomien und Design-Space-Matrizen den Lösungsraum auf der Basis von Raumdimensionen, Aktionsflächen-Bedarf, physikalischen Eigenschaften, Bandbreite der Interaktion, (In)Direktheitsgrad der Operationsweisen sowie von logischen Funktionen und Dialogstilen³. Ebenso hat man versucht, User-Interface-Systeme in Ebenen zu untergliedern, die von der untersten, der physikalischen Ebene, über die lexikalische, syntaktische, semantische und konzeptionelle bis zur höchsten Ebene, dem organisatorischen Kontext, reichen (Jacob 1996, S. 177).

Doch scheiterte bisher der Versuch, Designmerkmale- und –prinzipien theoretisch zu begründen und durch Systematisierung des Interface-Designraums die Basis für einen rationellen Entwurf aus dem Baukasten zu schaffen. Die Gründe dafür erkannte Donald A. Norman schon 1983 bei seinen Versuchen, wissenschaftlich begründete Designprinzipien für die MCI aufzustellen, in deren ausgeprägtem Zielkonflikt-Charakter:

3 Vgl. u.a. Buxton 1983; Hutchins/Hollan/Norman 1986; Foley/van Dam u.a. 1990; Card/Mackinlay/Robertson 1990; Frohlich 1992; Bos 1993; MacKenzie 1995.

»A central theme of our work is that, in design, there are no correct answers, only tradeoffs. Each application of a design principle has its strengths and weaknesses; each principle must be interpreted in a context.« (Norman, 1983, S. 3) Aufstellungen von Designprinzipien, Taxonomien, Designraum-Systematiken und Ebenenmodelle geben zwar analytische Einblicke in das Zusammenspiel der Designdimensionen, doch blenden sie alle akteursbezogenen Kontexte und Trade-offs sowie alle gestalthaften und hermeneutischen Aspekte des Interface-Entwurfs aus. Obwohl bei Software-Interfaces erste Ansätze einer Ordnung der Entwurfsmethoden und einer Strukturierung des Designprozesses erkennbar sind, ist eine wissenschaftlich fundierte Designmethodik noch in weiter Ferne (siehe den Überblick bei Baecker/Grudin/Buxton/Greenberg 1995, Kap. 2). Denn durch die permanente Ausweitung des Nutzerkreises vom Computerspezialisten und professionellen Anwender zum Computerlaien, durch die Verschiebung Ortes des »user interface« – vom Rechenzentrum zum Abteilungs- und Arbeitsplatzrechner und weiter in die Alltags- und Lebenswelt - und schließlich durch den Wandel des Computers vom Rechenautomaten zum Werkzeug und »instrumentellem Medium« (Schelhowe 1997) änderten sich auch immer wieder die Designanforderungen und -methoden grundlegend. Man gelangte daher bisher kaum über empirienahe Designleitfäden hinaus zu einer »allgemeinen und eindeutigen Theorie in der HCI«: »Es ist unmöglich zur jetzigen Zeit eine solche abzuleiten; wahrscheinlich wird es nie möglich sein«. (Dix/Finlay/Abowd/ Beale 1995, S. 20) Die MCI bleibt somit noch immer wesentlich eine *Design*-Disziplin, eine »black art«, in der »engineering design« und »creative design« mit wissenschaftlichen Methoden zusammenkommen müssen (Wolf/Rode/Sussmann/Kellog 2006). Sie weicht damit noch stärker als die übergeordnete Disziplin Informatik vom klassischen wissenschaftlichen Entwicklungsmuster ab (zur Rolle des Designs in der MCI siehe unten den Beitrag von Oberquelle).

Theoretisierung und Methodisierung scheiterten vor allem auch an dem stark inter- bzw. multidisziplinären Charakter des Gebietes. Denn bei den Mensch-Maschine- und Mensch-Computer-Schnittstellen müssen neben technisch-funktionalen Aspekten eine große Palette ergonomischer und psychologischer Anforderungen sowie soziale Kontexte berücksichtigt werden. Als Brücke zwischen dem technischen System und den Nutzern sind die Interfaces zudem stark von deren Vorerfahrungen und Vorverständnissen der Entwickler und Nutzer abhängig. Die Tastatur, der Joystick und die Maus sind nicht einfach aus mechanischen Konstruktionselementen zusammengesetzt worden, sondern Resultate komplizierter metaphorischer Prozesse und technikkultureller Wechselbeziehungen. In kaum einem Bereich der Informatik spielen daher *hermeneutische* Phäno-

mene wie mentale Modelle, Benutzermodelle, Metaphern und Leitbilder eine so eminente Rolle wie hier. Da diese über Gestaltvorbilder, Technikulturen und Konstruktionsstile in hohem Maße *kulturell* und *historisch* verankert sind, stoßen systematisierende und theoretische Ansätze hier schnell an Grenzen. Historisch angelegte MCI-Forschungsberichte, technikgeschichtliche und technikgenetische Studien bieten demgegenüber einen reichen historischen Erfahrungsschatz über Designstile, über erfolgreiche und gescheiterte Interface-Metaphern, über Leitbild- und Metaphern-Wanderungen zwischen den Techniken sowie über die periodische Wiederkehr von Übertragungen.⁴

Die gegenläufigen Entwicklungslogiken der MCI

Eine historische Langzeitbetrachtung der Intermedien der Informations- und Computertechnik ermöglicht darüber hinaus auch konkretere Einblicke in die spezifische Entwicklungsdynamik von Bedienphilosophien und Bauweisen der Interfaces als sie die bisherigen, relativ schematischen Entwicklungsphasenmodelle bieten. Denn so wie die Wissenschaftsentwicklung der wesentlich gesellschaftlich und kulturell bedingten Gestaltungsdisziplin MCI nicht einfach einem szientistischen Stufenkonzept folgt, so wenig unterliegt ihr zentraler Gegenstandsbereich einer klar definierbaren technischen, ökonomischen, sozialen oder kulturellen Eigenlogik. Für alle vermeintlich eindeutigen Entwicklungsrichtungen lassen sich vielmehr Gegentrends erkennen. So hat man die MCI-Entwicklung als einen unablässig fortschreitenden Prozess der *Miniaturisierung* gesehen: Durch den Übergang von mechanischen, elektromechanischen zu elektronischen Bauelementen mit immer höherer Integrationsdichte gehe die Entwicklung nach Bell's Law zu immer kleineren, breiter verteilten Gerätefamilien, die von entsprechend miniaturisierten Interfaces und Displays bedient werden. (Bell/Chen/Rege 1972; Weiser 1991). Als letzte Konsequenz des Moore's Law würden Computer bzw. Mikroprozessoren samt Interfaces in Alltagsgegenstände eingebettet oder in Gestalt von Sensoren am oder von Nano-Robotern gar im Körper plaziert (Kurzweil 2002). Dem Trend zum ständig verkleinerten und letztlich »unsichtbaren Computer« widerspricht, dass die Miniaturisierung mit der Bedienungsfreundlichkeit kollidiert und dass daher eine Gegentendenz zur Größensteigerung zu beobachten ist, etwa bei Notebooks, bei Großbildschirmen, Walldisplays und Rundumprojektionen in CAVES.

4 Siehe hierzu die frühen informatischen Überblicke von Carroll/Mack/Kellogg 1988; Streit 1988, die MCI-Forschungsberichte von Grudin sowie die technikgenetischen Studien von Mambrey/Paetau/Tepper 1995; Konrad 2004, Kap. 2.; vgl. auch Hellige 1996a, S. 15-35.

In anderen Entwicklungsmodellen steht der Prozess der zunehmenden *Abstraktion* bzw. *Entmaterialisierung* im Zentrum: Von physikalischen Bedienteilen wie Hebel, Schalter, Kurbel, Knöpfen, Schalttafeln und Tastaturen gehe die Entwicklung über Textmenüs, flächenartigen Bedienschnittstellen und virtuellen Schaltflächen zur virtuellen Realität als immateriellem Interaktionsraum (Walker 1990). Doch diesem Trend zum quasi immateriellen Intermedium steht entgegen, dass bei informationstechnischen Interfaces noch immer bestimmte Grundfunktionen mit mechanischen Stellgliedern ausgeführt werden und dass sich Joysticks großer Beliebtheit erfreuen. Zudem wird gegen eine allgemeine Virtualisierung und den Verlust haptisch erfahrbarer Interfaces ein »physical turn« mit »graspable« bzw. »tangible objects« propagiert, also eine Gegenbewegung mit dem Ziel der (*Wieder*)*Vergegenständlichung* (vgl. Fishkin/Moran/Harrison 1998 und unten den Beitrag von Hornecker).

Damit korrespondiert eine Sichtweise, die die MCI-Entwicklung als einen Prozess der *Verräumlichung* der Bedienschnittstellen interpretiert, der von punktuellen, eindimensional-linearen zu 2D und schließlich zu 3D-Interfaces führt (z.B. Meadow 1970, S. 31-34; Johnson 1999, S. 28 ff. und Robben 2006). Das Interface entwickle sich danach zunehmend zu einem »Interplace« (Erickson, 1993). Dieser These vom auf den »graphical turn« folgenden »spatial turn« widerspricht jedoch die schleppe Ausbreitung virtueller Räume und 3D-Interfaces sowie das weitgehende Scheitern immersiver Interaktionsformen. Als weitere Entwicklungstendenz hat man die *Zunahme der Modalität* bzw. eine ständige Ausweitung der Kommunikationskanäle gesehen (Balzert 1988). Danach gehe die Entwicklung von monomodalen textuellen und visuellen Interfaces zu multimodalen Interfaces, die zusätzlich über akkustische, olfaktorische, haptische Schnittstellen alle Sinne ansprechen (vgl. unten den Beitrag von Encarnação/Brunetti/Jähne). Das Ziel sei ein Zustand, in dem der Benutzer nicht mehr in der Lage sei, »to distinguish between actual presence, telepresence, and virtual presence.« (Sheridan 1992) Doch über sehr bescheidene Ansätze in Unterhaltungsmedien hinaus ist der angebliche Trend zum »multisensorischen Computer« bisher noch nicht hinausgelangt, da die technischen Realisierungsprobleme und Kosten immens hoch sind und sich bislang viele Erwartungen in Kombinationen von »natural input modes« als Mythen erwiesen haben (Oviatt 1999). Zudem widerspräche der sensorische Informationsüberschuss perfekter Telepräsenz dem stark situativen und selektiven Charakter alltäglicher Medienutzung (vgl. Dertouzos 1999, S. 113).

Andere Ansätze wiederum sehen in einer Aufhebung der maschinellen Form der Interfaces die vorherrschende Tendenz der MCI, also in einer fortschreitenden *Humanisierung* der Interaktionsformen. Die Entwicklung

gehe von technikgeprägten zu immer natürlicheren Dialogformen mit dem Ziel einer quasi-menschlichen Kommunikation mit dem Computer auf der Basis von Sprache, Gestik und Körpersprache (siehe die Belege unten in Kap. 8). Für einige ist der Endpunkt der Entwicklung ein humanoider Computer in Avatar- oder Robotergestalt, der dem Menschen als Kommunikationspartner gegenübertritt. Der Vermenschlichungs-Tendenz widersprechen andererseits Auffassungen einer zunehmenden *Einbettung* der Interfaces in Alltagsgegenstände, ein Entwicklungstrend, der letztlich in einer Welt von »smart objects« endet, die ›sehen‹ und ›denken‹ können und den Menschen mit Programmintelligenz dienen (siehe u.a. Norman 1998, Denning 2002).

Beide Entwicklungsmodelle überschneiden sich mit einer weiteren Richtung, die in der *Steigerung des Intelligenzniveaus* der Mensch-Computer-Kommunikation den zentralen Entwicklungsfortschritt sieht. Bereits in den 50er und frühen 60er Jahren führten erste Erfolge der KI zu Prognosen der Realisierung des intelligenten Mensch-Computer-Dialogs um 2000 (Turing 1950, Mooers 1959; Ramo 1961) In den 80er Jahren erlebten diese Erwartungen durch Expertensysteme und Rechner der 5. Generation eine Renaissance (Shackel 1985), ebenso beflügelte die Entwicklung von Software-Agenten erneut die Erwartungen in intelligente Bedienschnittstellen (Kay 1984, 1990; Laurel 1990; Negroponte 1997; Maybury/Wahlster 1998). Doch abgesehen von den gewaltigen Umsetzungsproblemen sprechen die mit diesen Ansätzen verbundenen massiven Eingriffe in die Arbeits- und Lebenswelt dagegen, sie als nicht hinterfragbare Entwicklungsrichtung zu betrachten. Aus technikhistorischer und -soziologischer Perspektive werden diese Entwicklungsmodelle vielmehr als konkurrierende Leitbilder und Diskursangebote der MCI-Community gewertet, aber nicht als Leitfaden für die historische Rekonstruktion.

Die folgende Darstellung unterstellt daher keine der beschriebenen Entwicklungslogiken, sondern gliedert die MCI-Entwicklung idealtypisch nach grundlegenden Bedienparadigmen in vier große Abschnitte: in die manuell bedienbare Rechen- und Informationstechnik, in das vorweg arrangierte, automatisch abgewickelte Computing sowie das Interaktive und Proaktive Computing (in Kurzform: *Manual, Automatic, Interactive* und *Proactive Computing*). Diese Typen treten zwar zeitlich nacheinander in Erscheinung, sie werden aber nicht als normative Entwicklungsstufen verstanden, sondern als Wahlmöglichkeiten für bestimmte Benutzergruppen und Einsatzzwecke.

Der eigentliche historische Ablauf wird dagegen aus innovationstheoretischer und kulturalistischer Perspektive betrachtet, also unter dem Aspekt von Technologie-Lebenszyklen und sich wandelnden Technikstilen und Benutzerkulturen. Dabei zeigt sich schnell, dass Intermedien und In-

teraktionsformen anderen Entwicklungsmustern folgen als die übrige Hardware. Denn Bedienphilosophien und Bauweisen der Interfaces wälzen sich im Unterschied zu der vom Moore's Law-getriebenen Regelmäßigkeit der Bauelemente-Entwicklung höchst unregelmäßig und auch nur in langen Zeiträumen um. Es gibt hier einen Wechsel von kürzeren Krisen-, Such- und Innovationsphasen, die von einer divergenten Entwicklung unterschiedlicher Interface-Techniken bestimmt ist, und langfristigen Stabilisierungs- und Reifephase mit ausgeprägt konvergenter Entwicklungstendenz. Im Folgenden möchte ich nun entscheidende Krisen- und Innovationsphasen der Intermedien herausgreifen und dabei die innovations- und diffusionstheoretische Betrachtung mit hermeneutischen Fragestellungen kombinieren.

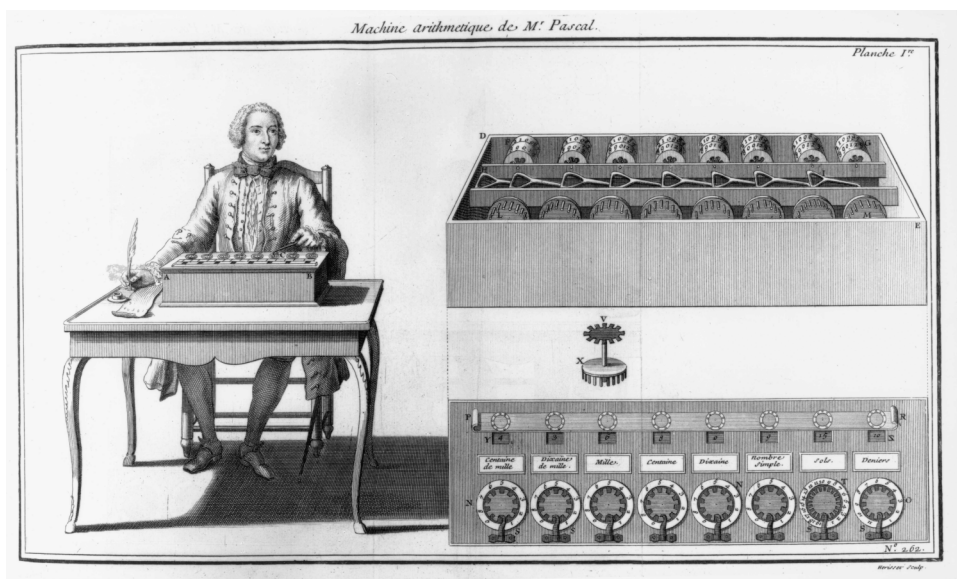
2 Interfaces der manuellen Rechen- und Informationstechnik

Obwohl die Computertechnik nicht aus der Entwicklung der Rechen-, Schreib- und Kommunikationsmaschinen heraus entstanden ist, hat sie stark von deren Interface-Angebot profitiert. Mechanische und elektromechanische Rechenmaschinen können lediglich Einzel- oder Teilberechnungen maschinell durchführen. Ihre funktionale Begrenzung erzwingt deshalb eine interaktive Bedienung im Rahmen eines umfassenden nutzergeführten Rechenplanes. Den Rechengang steuerte der Benutzer der frühen mechanischen Additions- und Subtraktions-Rechenmaschinen über Kurbeln, Schieber, Stellräder und andere direkt mit den Rechengetriebenen gekoppelte Stellelemente. Die Ablesung der Resultate erfolgte über meist aus der Uhrentechnik entlehnte Zahlendisplays. Diese enge Anbindung der Bedienschnittstellen an den Wirkmechanismus entspricht dem genuinen Ingenieurverständnis (»engineering model«), sie ist kennzeichnend für die Frühphase vieler Techniken. Auch bei den Rechenmaschinen bildeten sich erst im Laufe der Entwicklung Bauweisen heraus, die sich stärker am Nutzerverständnis der Bedienung (»user task model«) orientierten und die enge Bindung von Ein- und Ausgabe und Wirkmechanismus lösten (vgl. Gentner/Grudin 1996).

Zuerst wurden bei den Vierspezies-Maschinen besser bedienbare Bauweisen entwickelt, die das Einstellwerk sowie Umdrehungs- und Resultatwerk entkoppelten und so die Zahleneingabe von dem Rechengang mit der Kurbel trennten. Zu vereinzelt Rechenmaschinen-Entwürfen mit Tastatur (Parmelee, Hill) und Klaviatur (Schilt) kam es erst um 1850, der eigentliche Durchbruch erfolgte aber erst mit der speziell für Büro-zwecke entwickelten Volltastatur-Addiermaschine von Dorr Eugene Felt

Ende des 19. Jahrhunderts und der Entwicklung der 10er-Block-Tastatur durch Sundstrand nach 1900.⁵ Die Tasteneinstellung rationalisierte besonders bei Büro-Additionsmaschinen wegen der Vorzüge kurzer Stellwege und genormter Einstellwerke die Nutzung erheblich. Schließlich wurden mit dem Übergang zum elektromechanischen Antrieb seit den 1930er Jahren auch die Kurbeln durch Summen- oder Resultattasten abgelöst. Die Kopplung von Interface und Rechengetrieben war damit endgültig gelöst, die Rechenmaschine erhielt den Charakter einer Blackbox, mit der die Nutzer nur noch über das Drücken von Tasten und das Ablesen von Resultatfenstern in Verbindung traten. Die Rechenmaschine hatte sich so der Bedienphilosophie der Tastatur-basierten Büromaschinen angepasst, wo der Trend zur Separierung der Bedienebene und zur Schnittstellen-Konvergenz schon Jahrzehnte früher eingesetzt hatte.

Abb. 1: Die Pascal-Rechenmaschine im Gebrauch, überdimensionierte Darstellung in einem Kupferstich im »Recueil des machines et inventions approuvés par l'Academie Royale des Sciences«. Clermont- Ferrand 1735



Das um 1850 in Anlehnung an die Tastenform der Blasinstrumente entstandene Keyboard hatte sich um 1870 gleichzeitig in der Börsenticker-, Fernschreiber- und Schreibmaschinenteknik gegenüber der jahrzehntelang dominierenden Metaphern- und Konzeptvielfalt durchsetzen können. Diese war geprägt durch Rückgriffe auf traditionale Ein-/Ausgabetechniken wie Klaviaturen (Schreibklaviere, Klaviatur-Telegraphen), Kompass- bzw. Uhren-Formen (Nadel-, Zeigertelegraphen) und verschie-

⁵ Vgl. bes. Martin 1925, S. 66 f.; 91ff.; Lange 1986, S. 87ff.; Marguin 1994, S. 123 ff.; de Beauclair 2005, S. 18-32.

denartige Pen-Devices (Handschrift-Faksimileübertragung und Teleautographen). Im Marktsegment für Laien überlebte die anfängliche Vielfalt der Bauweisen und Metaphern noch lange. Hier war nämlich durch die rein professionelle Morsetelegraphie, die mit einem minimalistischen Eintastenmedium dem Benutzer die gesamte Code-Umwandlung überließ, eine fatale Interface-Lücke in der lokalen und innerbetrieblichen Textkommunikation entstanden. Der Mangel an einer laiengerechten elektromechanischen Textkommunikation bewog auch Erfinder wie Elisha Gray und Thomas Alva Edison zur Vereinfachung der Typendruckertechnik zu von jedermann bedienbaren Börsentickern, Geschäfts- und Stadttelegraphen. Sie ersetzten dabei endgültig die Klaviatur durch die Typentastatur und gaben damit auch das Vorbild für die erste in größeren Serien hergestellte Remington-Schreibmaschine von 1874.⁶

In der professionellen Informations- und Kommunikationstechnik kam es mit der Etablierung der alphanumerischen Tastatur zu einer paradigmatischen Schließung, die bis heute fortwirkt. Denn alle Versuche, die zeitbedingten Designentscheidungen bei der Tastaturbelegung (QUERTY- bzw. QWERTZ-Tastensatz) oder bei der Tastenanordnung (ungeteilte 4-Reihenordnung der Zahlen und Buchstaben) durch alternative Keyboard-Designs (Dvorak-Tastatur, Split-Keyboards, Health Comfort Keyboard) zu revidieren, schlugen fehl (Lewis/Potosnak/ Magyar 1997). Als folgenreich für die verspäteten Ansätze zu einer laiengerechten elektromechanischen Textkommunikation erwies sich auch die seinerzeitige Einführungskonstellation. Denn Markteinführung und -ausbreitung des »Teletypewriter« wurden durch das noch leichter bedienbare »natural speech interface« Telefon verzögert. Durch dieses historische Zusammentreffen wurde die technisch bereits Ende des 19. Jahrhunderts mögliche Kommunikation zwischen Fernschreibmaschinen um Jahrzehnte hinausgeschoben. Die mit Electronic Mail und »Bürofernschreiben« (Teletex) in den 1970er Jahren einsetzende neue Welle der elektronischen Textkommunikation wurde dann aufgrund ihrer anfänglich massiven ergonomischen Defizite von der bewusst laiengerecht gestalteten Telefax-Technik noch einmal um über ein Jahrzehnt zurückgeworfen (Hellige 1995). Dies zeigt, wie folgenreich sich sowohl frühe Festlegungen wie auch strategische Defizite der MMK und MCI auf die Entwicklung von informationstechnischen Märkten auswirken können.

6 Dies beruht auf meinem noch unveröffentlichten Text: »Metaphern und Konstruktionsstile bei der Gestaltfindung der Mensch-Maschine-Schnittstelle in der Telegrafie« (Ms. 1994, siehe unter: <http://www.artec.uni-bremen.de/team/hellige/veroeff>), der demnächst stark erweitert erscheinen soll.