

Gestaltung interaktiver Systeme

Ein ökologischer Ansatz

von Reinhard Keil-Slawik

Die Theorie an und für sich ist nichts nütze,
als in so fern sie uns an den Zusammenhang
der Erscheinungen glauben macht.
J. W. v. Goethe
„Maximen und Reflexionen“

bringenden Sichtweise zu betrachten. Einige Aspekte dieses Ansatzes, den ich anderen Orts ausführlich begründet habe (Keil-Slawik, 1990), möchte ich hier kurz skizzieren.

Um eine dem Menschen angemessene Technik zu entwickeln, muß sich die Informatik nicht nur mit maschineller Datenverarbeitung, sondern auch mit menschlicher Informationsverarbeitung beschäftigen, denn schließlich werden die von ihr geschaffenen Artefakte wie Techniken, Methoden und Werkzeuge von Menschen eingesetzt, bewertet und verändert. Sie müssen handhabbar und durchschaubar sein – Eigenschaften, die ohne ein zumindest rudimentäres Verständnis geistiger Arbeit nicht zu begründen sind.

Soweit jedoch menschliche Informationsverarbeitung in der Informatik behandelt wird, geschieht dies fast ausschließlich auf der Grundlage maschineller Datenverarbeitungsmodelle. Eine Folge ist, daß entweder nur das betrachtet wird, was einer formalen bzw. maschinellen Behandlung zugänglich ist, oder daß anhand solcher Maschinenmodelle die Funktionsweise und Wirkungsprinzipien geistiger Prozesse erklärt werden. Von daher ist es auch nicht verwunderlich, daß Softwaresysteme z. B. als „intelligente Maschinen“ oder „Expertensysteme“ bezeichnet werden und daß man vielfach davon spricht, daß sie „Informationen“, „Wissen“ oder gar die „natürliche“ Sprache verarbeiten würden. Schleichend und oft unbemerkt geht so der wichtige Unterschied zwischen dem verloren, was für den Menschen Bedeutung hat und einer formalen Semantik, die im Rahmen eines mathematischen Kalküls eine eindeutige Festlegung einer Funktion oder Operation beinhaltet. Eine solche Gleichsetzung von Informations- und Datenverarbeitung ist insbesondere im Hinblick auf Gestaltungs- und Lernprozesse weder wissenschaftlich haltbar noch praktisch brauchbar.

Unter Bezugnahme auf den Begriff der biologischen Information habe ich einen theoretischen Rahmen entwickelt, der es mir erlaubt, die verschiedenen Facetten des Zusammenwirkens von Mensch und Computer speziell im Hinblick auf die Entwicklung und Benutzung interaktiver Systeme unter einer einheitlichen und für die Gestaltung nutz-

Kreieren versus Generieren

Betrachtet man die Entwicklung und auch den Einsatz interaktiver Systeme als geistige Arbeit, so fällt auf, daß sie sowohl routinehafte Abläufe, in denen Wissen angewendet wird, umfassen als auch Lernprozesse, die der Erschließung neuen Wissens dienen. Routine und Lernen sind eng miteinander verwoben, und nur eins ohne das andere wäre nicht ausreichend, um sinnvoll von geistiger Arbeit reden zu können.

Ein Lernprozeß ist ein schöpferischer Akt, der durch das Wechselspiel von Erschaffen und Verstehen geprägt ist, unabhängig davon, ob es sich dabei um das Kreieren einer physischen Form (Erzeugnis) oder eines Handlungsablaufs (Aufführung, Arbeitsablauf) handelt. Nur indem wir etwas Gedachtes ausführen und damit wahrnehmbar machen, können wir die Diskrepanz zwischen dem, was wir uns vorstellen und dem was tatsächlich ist, erkennen. Es geht also darum, sich durch das Wechselspiel von Handeln und Bewerten dieses Handelns Unbekanntes zu erschließen. Eine neue Einsicht verändert demnach das Handeln und das Wissen, das jeweils diesen Handlungen zugrunde liegt; der Prozeß ist rückbezüglich.

Aufgrund dieser Rückbezüglichkeit ist es nicht möglich, Lernprozesse vorherzusehen oder einen Lernerfolg durch das Vorschreiben einzelner Lernschritte gewissermaßen vorzuprogrammieren. Nur im sozialen Kontext ist es möglich, individuell und der jeweiligen Situation entsprechend Hilfestellung und Lernunterstützung zu geben. Wissen und Verstehen sind soziale Prozesse, die aber auf autonomen individuellen Einzelleistungen beruhen.

Im Gegensatz dazu ist das Verhalten eines fertigen Programms vollständig durch die Sequenz der Eingaben bestimmt. Genau darin besteht der Wert einer programmierten Maschine: Auf die entsprechenden Eingaben liefert sie die

erwarteten Ausgaben. Passiert dies nicht, müssen die Menschen sich überlegen, was das zu bedeuten hat. Entweder haben sie das Verarbeitungsschema nicht richtig verstanden und demzufolge falsche Annahmen über die Verarbeitung der Daten gemacht, oder aber das Programm tut nicht das Gewünschte; dann muß es verbessert oder durch ein neues ersetzt werden.

Durch diese Anpassungs- und Revisionszyklen lernen wir, wie die Programme beschaffen sein müssen, damit sie das Gewünschte leisten. Ein Programm lernt in diesem Sinne nicht, es generiert lediglich Daten gemäß eines vorgegebenen Schemas. Dieses verkörpert immer nur den erreichten (Er-)Kenntnisstand seiner Schöpfer. Was sich entwickelt, ist das Wissen in den Köpfen der Menschen. Programme entwickeln sich nicht selbst, sie werden angepaßt.

Mit dem traditionellen Ansatz, Maschinenmodelle zur Erklärung geistiger Leistungen zu benutzen, kann man also höchstens herausfinden, wie stark geistige Arbeit schematisiert ist. Ein typisches Beispiel hierfür sind arithmetische Rechenoperationen. Mit diesen haben wir eine künstliche Welt geschaffen, die uns durch strikte Anwendung von Regeln erlaubt, unabhängig von Zeit, Ort und Gemütslage korrekt zu rechnen. Konsequenterweise beinhaltet das Ausführen von Rechenregeln weder Verstehens- noch Lernprozesse – also intelligentes Verhalten oder menschliche Informationsverarbeitung. Das Rechenschema selbst ist bedeutungsfrei.

Eine bedeutungsvolle Form ist immer das Erzeugnis eines lebendigen Organismus. Diese bereits in den 20er Jahren getroffene Feststellung des Biologen Jakob von Uexküll stellt heraus, daß die Dinge in unserer Umwelt erst durch unser Handeln ihre Bedeutung erlangen (vgl. Uexküll/Kriszat, 1983). Ein reichhaltiges Verhaltensrepertoire eines Organismus oder Lebewesens erfordert entsprechend ausdifferenzierte innere Strukturen.

Die Evolution dieser Strukturen – wie auch die Entstehung des Lebens – hängt ursächlich mit dem Begriff der *biologischen Information* zusammen, denn: „Evolution beschreibt die Entstehung von Information“ (Eigen, 1987, S. 55). Information ist die Qualität, die über die Chemie hinausreicht, die also gewissermaßen typisch für die Biologie ist. Ein entscheidender Punkt dabei ist, daß die Semantik des genetischen Codes nicht absolut, sondern nur relativ gegeben ist, und zwar bezogen auf die Umwelt, an die das Lebewesen angepaßt ist (vgl. Küppers, 1986, S. 252). Der genetische Code ermöglicht zwar umweltgerechtes Verhalten, doch er ist kein Abbild der Umwelt. Um die Semantik genauer zu bestimmen, wäre es letztlich erforderlich, die Entwicklungsgeschichte des Individuums zusammen mit der seiner jeweiligen Umwelt zu rekonstruieren.

In Anlehnung an den biologischen Informationsbegriff betrachte ich die Ausprägung kognitiver Strukturen, die wir gemeinhin als Wissen bezeichnen, ebenfalls als einen Anpassungsprozeß, bei dem erfolgreiches Verhalten internalisiert wird. Wiederum sind die geistigen Strukturen, die so entstehen, genausowenig oder genauso viel ein Abbild der Umwelt wie die Fischflosse ein Abbild des Wassers ist, an dessen physikalische Eigenschaften sie angepaßt ist, um dem Fisch die Fähigkeit zur schnellen und wendigen Bewegung zu verleihen.

Bedeutung entsteht dadurch, daß wir physisch vorhandene Dinge, also wahrnehmbare Phänomene, so zueinander in Beziehung setzen, daß sie eine Ganzheit bilden, eine bedeutungsvolle Form oder *Gestalt*, die uns hilft, uns in unserer Umwelt angemessen verhalten zu können.

Die Gestaltpsychologen haben darauf hingewiesen, daß beispielsweise erst durch unsere Wahrnehmung das beziehungslose Erregungsmuster auf der Netzhaut zu bedeutungsvollen Formen organisiert wird. Dadurch legen wir fest, ob zwei benachbarte Reize zu ein und demselben Objekt gehören, zu zwei verschiedenen, die sich berühren, oder ob einer zur Form und der andere zum Hintergrund gehört. Darüber hinaus ergänzen wir unvollständige Formen und erkennen virtuelle Konturen, d. h. wir sehen etwas, das physikalisch nicht vorhanden ist, um dem Reizmuster der Netzhaut eine sinnvolle Interpretation zu geben. Beispielsweise entsteht eine Melodie auch erst dadurch, daß wir die physikalisch nacheinander am Ohr eintreffenden Schallwellen miteinander in Beziehung setzen.

Nun kann man feststellen, daß nur durch das In-Beziehung-Setzen unsere geistigen Möglichkeiten sehr beschränkt sind. Mit direkter Wahrnehmung, durch kurzes Hinsehen beispielsweise, können wir nur bis zu vier Elemente unterscheiden. Um weiter zählen und auch rechnen zu können, brauchen wir ein physisches Medium, das es uns erlaubt, das, was in Beziehung zu setzen ist, über den Prozeß des In-Beziehung-Setzens hinaus wahrnehmbar zu machen. Körperteile, Kerbhölzer, Rechensteine, Abaki, Rechemaschinen ebenso wie Papier und Bleistift können diesem Zweck dienen – sie verkörpern in bezug auf den Rechenprozeß ein externes Gedächtnis.

Um mit einem Abakus zu rechnen, setzt man die Kugeln entsprechend ihrer räumlichen Position zueinander in Beziehung und bewegt sie sodann in neue Positionen, um für den nächsten Schritt wiederum ein wahrnehmbares Ergebnis zu haben. Allerdings verschwindet dabei mit jedem neuen Rechenschritt das bisher erzielte Ergebnis; zur Kontrolle des Resultats muß die Berechnung erneut ausgeführt werden, um dann die beiden Ergebnisse miteinander vergleichen zu können. Meist halten wir dazu das Ergebnis noch in einem anderen Medium fest (aufschreiben), denn je weniger wir die Ergebnisse, die wir miteinander vergleichen wollen, gleichzeitig im Wahrnehmungsfeld präsent haben, desto unzuverlässiger wird das Resultat; schnell erreichen wir unsere Grenzen.

Der Vorteil, den das externe Gedächtnis bietet, zeigt sich auch in der Weiterentwicklung der Rechenmittel. Mit der Einführung des indischen Stellenwertsystems beispielsweise bleibt das einmal Gerechnete über den unmittelbaren Rechenvorgang hinaus auf dem Papier erhalten. Nun kann man Teilberechnungen unabhängig voneinander durchführen und dann die jeweiligen Ergebnisse miteinander in Beziehung setzen, um das Gesamtergebnis zu erhalten. Jetzt ist es auch möglich, verschiedene Rechnungen miteinander zu vergleichen, eine Voraussetzung, um Recheninvarianten wie z. B. das Kommutativ- oder das Distributivgesetz erkennen zu können.

Bezüglich geistiger Arbeit sind wir weitgehend auf Artefakte, die als externes Gedächtnis fungieren, angewiesen. Die Fähigkeit zum Kopfrechnen beispielsweise reicht bei den meisten von uns nicht über die Addition oder Multiplikation zweistelliger Zahlen hinaus. Und bereits zum Erlernen dieser Fähigkeit waren wir wiederum auf eine gegenständliche Umwelt angewiesen. Den überwiegenden Teil des Rechnens vollziehen wir also nicht *im Kopf*, sondern mit dem Kopf. Geistige Arbeit folglich auf das zu reduzieren.

ren, was im Kopf stattfindet, wäre vergleichbar mit der Charakterisierung des Menschen als Unterwasserwesen, nur weil er aufgrund seiner Fähigkeit, die Luft anhalten zu können, kurzzeitig untertauchen kann.

Mit der Sichtweise, daß das Denken nicht im Kopf, sondern mit dem Kopf stattfindet, läßt sich jetzt auch die Rolle von Computern charakterisieren. Ein DV-System, das als externes Gedächtnis fungiert, muß drei Funktionen erfüllen:

- ▷ das, was miteinander in Beziehung zu setzen ist, möglichst gleichzeitig im Wahrnehmungsfeld präsent halten,
- ▷ Operationen bereitstellen, mit deren Hilfe die Objekte arrangiert und modifiziert werden können (Konstellationen), und schließlich
- ▷ Mechanismen anbieten, um eine Konstellation, die einen bestimmten Zusammenhang verkörpert, speichern zu können, so daß sie als ein Ganzes weiter verwendet werden kann.

Wie ich nachfolgend anhand der Meilensteine in der Entwicklung interaktiver Systeme aufzeigen will, kann der mit dem Konzept der Interaktivität verbundene Fortschritt dadurch charakterisiert werden, daß diese Funktionen des externen Gedächtnisses entscheidend verbessert worden sind. Daran wird sich die Frage anschließen, inwieweit sich aus dieser Sichtweise allgemeine Gestaltungsleitlinien ableiten lassen.

Meilensteine der Systemgestaltung

Ich will einige für den heutigen Stand der Kunst prototypische Systeme vorstellen und die damit verbundenen Entwicklungslinien skizzieren. Im Vordergrund steht dabei die Frage, welches die entscheidenden Determinanten und Leitvorstellungen waren, die den Gestaltungsprozeß geprägt oder zumindest maßgeblich beeinflusst haben.

Dabei erweist sich das Phänomen der Interaktivität als ein genuines Designproblem, das offensichtlich besonders fruchtbar von den Ingenieuren bearbeitet worden ist, die sich zum Ziel gesetzt haben, geistige Arbeit zu unterstützen, statt sie durch Computer zu ersetzen.

Unterstützen statt Überstülpen

Ein Vertreter, der diese Denkweise auf allen Ebenen und in allen Bereichen auf eine schillernde und unorthodoxe, zugleich aber auch vertrauenswürdige Art und Weise geprägt hat, ist Ted Nelson. Nelson war und ist sowohl Kritiker als auch Befürworter des Computereinsatzes. Die entscheidende Qualität seiner Argumentation liegt meines Erachtens in der Tatsache begründet, daß er grundsätzlich nicht über Maschinen und ihre Eigenschaften redet, sondern über die Art und Weise, wie Maschinen entwickelt und eingesetzt und welche Zielvorstellungen dabei verfolgt werden. So hat Nelson den Begriff *Cybercrud* geprägt, was

soviel bedeutet wie den Leuten, die Computer benutzen, etwas überzustülpen. Dahinter steckt die Einsicht, daß vielfach technische Beschränkungen des Computers als Legitimation und Ausrede vorgeschoben werden, wobei das eigentliche Problem nicht in den technischen Beschränkungen besteht, sondern darin, daß Anforderungen und Wünsche der Benutzer nicht oder nur unzureichend berücksichtigt werden bzw. worden sind. Dadurch werden Benutzer vielfach zu Handlungsweisen und Handlungssequenzen gezwungen, die sich letztlich nicht aus den Eigenschaften der Technik begründen, sondern aus dem Problem einer schlechten Gestaltung.

Hypertext

Um andere Möglichkeiten aufzuzeigen, prägt Nelson bereits 1965 den Begriff *Hypertext* und beginnt kurze Zeit später mit der Entwicklung eines Systems, das unter dem Namen *Xanadu* bekannt wird und von einer eigenen Projektgruppe 1979/80 grundlegend überarbeitet wird. Der Begriff Hypertext, mit dem er schlicht nichtsequentielles Schreiben meint, wird, nachdem er fast zwanzig Jahre nicht beachtet worden ist, 1986 zum Schlüsselbegriff für eine neue Generation interaktiver vernetzter Systeme.

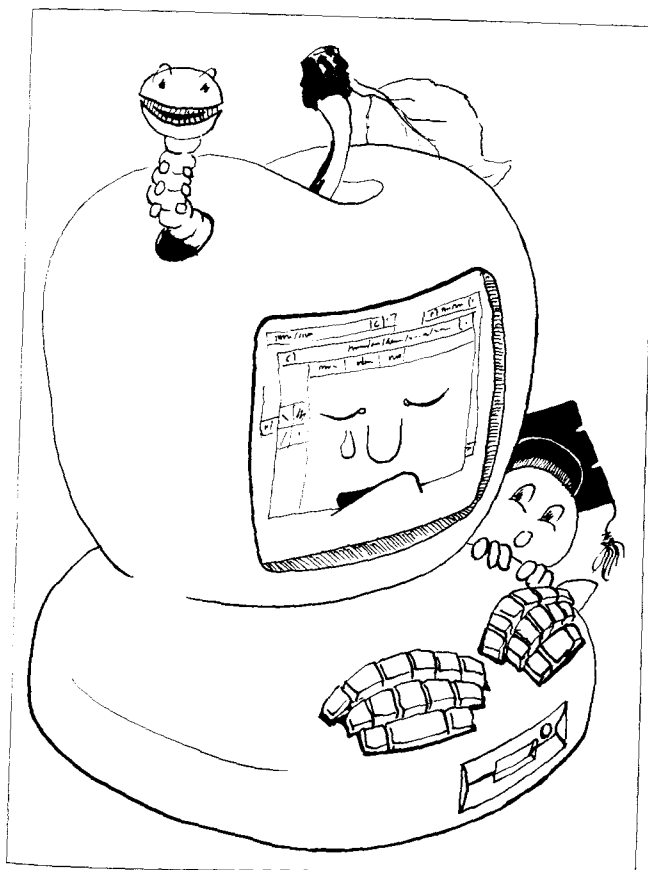
Die Kernidee besteht darin, beim Schreiben (und Lesen) von der sequentiellen Anordnung der Sprachelemente (Worte, Sätze etc.) in Büchern und anderen Dokumenten unabhängig zu werden. Dies kann im wesentlichen dadurch erreicht werden, daß man einzelne Textteile über Referenzen miteinander verknüpft. Eine Referenz kann dabei z. B. ein besonders hervorgehobenes Wort in einem Text sein, der in einem Fenster auf dem Bildschirm angezeigt wird. Durch Aktivierung des Wortes wird ein weiteres Fenster geöffnet, das den Text anzeigt, der über das aktivierte Wort referenziert wird. Auf diese Art und Weise ist es möglich, beliebig komplizierte Verweisstrukturen anzulegen und damit eine inhaltliche Verbindung herzustellen, die unabhängig von der räumlichen Position in der sequentiellen Anordnung eines Textes ist.

Die entscheidende Qualität steht und fällt mit der Möglichkeit, unabhängig von einer vorgegebenen Text- und Dokumentenstruktur inhaltliche Zusammenhänge durch Verweise und Verweisketten den situativen und individuellen Erfordernissen gemäß im externen Gedächtnis ablegen zu können.

Memex

Die Idee, solche individuellen Assoziationsketten anlegen zu können, wird zuerst von Vannevar Bush entwickelt und im Jahr 1945 unter dem Titel „As We May Think“ publiziert. Bush hat als Direktor des Büros für wissenschaftliche Forschung und Entwicklung mehr als sechstausend führende amerikanische Wissenschaftler im Hinblick auf die Anwendung wissenschaftlicher Ergebnisse für Kriegszwecke koordiniert. In seinem Artikel bezeichnet er die Neubestimmung des Verhältnisses zwischen dem Menschen als denkendem Wesen und dem verfügbaren Wissen auf der Grundlage der nun zur Verfügung stehenden Technologie als neue, friedliche Aufgabe für die Wissenschaften nach dem Krieg. Er selbst hat sich zu diesem Zeitpunkt schon





Zeichnung: J.-H. Dahmen

„Ach, wend mich an, wend mich an, meine interaktive Oberfläche ist schon längst ausgereift.“

seit mehr als zwölf Jahren speziell mit der Frage beschäftigt, wie der einzelne Wissenschaftler durch eine geeignete technische Unterstützung mit der wachsenden Flut wissenschaftlicher Literatur und Ergebnisse fertig werden kann.

Dazu konzipiert er ein Gerät mit der Bezeichnung Memex, das er als eine Erweiterung des menschlichen Gedächtnisses (memory extension) betrachtet. Es soll die assoziativen mentalen Prozesse des Menschen unterstützen, indem es ermöglicht, zwei beliebige Dokumente(n) miteinander zu verknüpfen und diese Verknüpfung bzw. einen Pfad solcher Verknüpfungen dauerhaft zu speichern. Da Bush die Selektion von Information als den Kern des Problems betrachtet, bietet eine solche Verknüpfungskette als externe Materialisierung einer Assoziationskette eine erheblich bessere Unterstützung für dieses Problem als traditionelle objektive Indizierverfahren, bei denen das Gesuchte immer nur an genau einer Stelle, z. B. in einem alphabetischen Index, aufzufinden ist. Querverweise sind nicht möglich, und nach erfolgreicher Suche muß man für den nächsten Schritt erneut von vorn im u. U. hierarchisch angelegten Index suchen, um das nächste Element zu finden. Verkürzt gesagt ist Unhandlichkeit dadurch bedingt, daß es nicht möglich ist, inhaltliche Verwandtschaft durch räumliche Nähe auszudrücken und dadurch zusätzliche Operatio-

nen ausgeführt werden müssen, nur um diese Distanz zu überbrücken.

Wie alle Entwicklungen von Bush ist auch Memex ein Analoggerät, das im wesentlichen auf der Mikrofilmtechnologie basiert. Diese Technik ist zu aufwendig. Erst mit weiteren technischen Innovationen, der Entwicklung von Digitalrechnern mit hochauflösenden Grafikbildschirmen rückt die Realisierung von Bushs Ideen in greifbare Nähe.

Augment

Pionierarbeit leistet hier in erster Linie Douglas C. Engelbart, der in Anlehnung an Memex am Stanford Research Institute (SRI) 1968 das erste Hypertextsystem mit dem Namen NLS (oN Line System) vorstellt, das in revidierter und erweiterter Form heute als NLS-Augment kommerziell verfügbar ist.

Engelbart, ein Ingenieur, dessen Forschungsinteresse ursprünglich auf dem Gebiet der Kathodenstrahlröhren gelegen hat, publiziert im Jahr 1963 einen Artikel, in dem er einen konzeptuellen Rahmen zur Erweiterung des menschlichen Intellekts vorstellt. Engelbart vermeidet bewußt den Begriff Intelligenzverstärkung, da er als das wesentliche Ziel seiner Arbeit die Erhöhung der Leistungsfähigkeit des Menschen unter Benutzung der Maschine sieht, also das Gesamtsystem Mensch und Maschine in den Vordergrund seiner Betrachtungen stellt. Als Gesamtsystem bezeichnet Engelbart den Menschen einschließlich der Mittel zur Erweiterung seiner geistigen Fähigkeiten, wie Sprache, Artefakte und Methoden, in deren Gebrauch er ausgebildet ist. Im Vordergrund steht also die Interaktion zwischen dem Menschen und dem Medium, das in diesem Fall Unterstützung in Form externer (in bezug auf den Kopf) automatischer Symbolverarbeitung liefert. Da es sich sowohl bezüglich der Unterstützung von menschlicher Informationsverarbeitung und von Problemlöseprozessen wie auch bezüglich der Entwicklung einer geeigneten technischen Unterstützung um Probleme des Verstehens und damit um Lernprozesse handelt, besteht das Problem der Erweiterung menschlicher Fähigkeiten im wesentlichen in der Neugestaltung der veränderbaren Teile des Gesamtsystems.

Bezogen auf die Benutzung heißt das, Mittel und Möglichkeiten bereitzustellen, die es erlauben, die Objekte der Symbolwelt gemäß den Erfordernissen des menschlichen Geistes flexibel erzeugen, verändern und miteinander verknüpfen zu können. Da diese Erfordernisse sich aber aufgrund der individuellen Problemlöseprozesse erst in der Benutzung zeigen, bedeutet Interaktivität, dem Benutzer ein hohes Maß an Kontrolle über das System und die damit zu verwaltenden Strukturen zu geben.

Bezogen auf die Herstellung des Systems erfordert dies, kontinuierlich Revisionen vorzusehen, die durch experimentelle Untersuchungen unterstützt werden müssen. Die Konsequenz ist, auf allen Stufen einer Entwicklung jeweils die Integration der einzelnen Teile des Systems in den Vordergrund zu stellen. Wie Engelbart zwanzig Jahre später im Rückblick auf den von ihm erreichten Fortschritt feststellt, ist ihm dies im wesentlichen auch gelungen. Dabei betrachtet er den erzielten „synergetischen Effekt“ auf drei Ebenen:

- ▷ Integration vieler verschiedener Werkzeuge zu einer Werkstatt, die den Nutzen eines Einzelwerkzeugs erhöht, indem beispielsweise im Rahmen von Teleconferencing die Teilnehmer zugleich das Arbeitsmaterial im Zugriff haben und bearbeiten oder darauf verweisen können;
- ▷ Vernetzung rechnergestützt arbeitender Individuen (augmented individuals) zu einer kooperierenden Gemeinschaft;
- ▷ Integration des technischen Systems in das Arbeitshandeln der Benutzer, indem ein hohes Maß von Anpaßbarkeit und evolutionärer Flexibilität möglich ist, mit der Benutzer, die mit zunehmender Vertrautheit mit der Werkstatt ihren Arbeitsstil ändern, zugleich die Werkstatt an ihre neuen Bedürfnisse anpassen können.

Unter dem Gesichtspunkt der Integration scheint mir aber noch ein weiterer Gesichtspunkt wichtig: Engelbart berücksichtigt von vornherein die sensorimotorische Komponente menschlichen Handelns. Eine seiner bekanntesten technischen Entwicklungen ist die *Maus*, ein seiner Natur nach analoges Gerät, ebenso wie der Bildschirm, der jedoch lange Zeit lediglich wie ein elektronischer Fernschreiber eingesetzt worden ist. Die Orientierung auf die Erschließung räumlicher Strukturen mit Hilfe eines analogen Gerätes knüpft unmittelbar an die Tradition von Bush an und befreit den Benutzer von der Notwendigkeit, jede Interaktion durch Transformation in diskrete, digitale oder sprachliche Repräsentationen abzuwickeln, was an ihn zusätzliche Regulationserfordernisse stellt, die aber zur Erledigung der Arbeitsaufgabe nicht unmittelbar notwendig sind.

Bei der Entwicklung traditioneller Systeme hat sich der sequentielle Charakter der technischen Realisierung über einen langen Zeitraum bis auf die konzeptuelle Gestaltung der Benutzung durchgeschlagen und ist damit den Benutzern als quasi technisch unumgängliche Notwendigkeit übergestülpt worden.

Trotz unterschiedlicher Orientierungen z. B. auf die Erschließung großer Dokumentensammlungen, die Entwicklung von Werkzeugen zur Unterstützung von Problemlösungsprozessen oder die Bereitstellung von Möglichkeiten zum nichtsequentiellen Schreiben und Lesen in einem globalen Netzwerk besteht die Gemeinsamkeit zwischen Bush, Engelbart und Nelson darin, daß sie Interaktivität als zentrale Designaufgabe und die Hypertexttechnologie als die letztlich entscheidende und angemessene Grundlage für die Mensch-Rechner-Interaktion betrachten und damit wesentliche Impulse für die Gestaltung interaktiver Systeme gegeben haben.

Objektorientierte Systemgestaltung

Eine der wesentlichen Voraussetzungen für die heute gebräuchlichen interaktiven Systeme ist die Möglichkeit zur nichtsequentiellen, d. h. räumlichen Repräsentation. Erst mit sichtbaren Strukturen ist es einem Benutzer möglich, sich die Interaktionsmöglichkeiten wie auch die mit einem Interaktionsschritt verbundenen Effekte, die sich ja als Strukturveränderungen wiederum auf das weitere Interaktionsverhalten auswirken (können), in einem größeren Umfang vor der Benutzung zu erschließen und damit auch komplexere Strukturen intellektuell beherrschbar zu ma-

chen. Die technischen Mittel zur Realisierung räumlicher Repräsentationen sind Bild und Grafiksysteme, die es ermöglichen, visuelle Objekte als Datenstrukturen zu behandeln.

Sketchpad

Mit der Entwicklung von *Sketchpad* hat Donald I. Sutherland bereits 1963 die bahnbrechende Arbeit für die Computergrafik geleistet. Obwohl *Sketchpad* das erste interaktive Grafiksystem ist, hat das Problem der Interaktivität nicht im Vordergrund seiner Überlegungen gestanden. Grundlegend für *Sketchpad* ist, daß es „... mit jeder auf dem Bildschirm erscheinenden Zeichnung auch eine manipulierbare Bildstruktur in den Speicher aufnimmt“. Dabei baut Sutherland zwar auf Ideen auf, die mit dem Einsatz numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen zum Fräsen komplizierter räumlicher Oberflächen im Flugzeugbau und der Entwicklung der Sprache APT (Automatically Programmed Tool) am MIT gesammelt worden sind, doch führt er eine Fülle von neuen Konzepten ein, die bis heute im Bereich grafischer Datenverarbeitung gebräuchlich sind:

- ▷ Sämtliche Operationen werden analog über einen Lichtgriffel ausgeführt; lediglich die Eingabe von Zeichenerklärungen (legends) erfolgt über die alphanumerische Tastatur.
- ▷ Ein elegantes Konzept zur grafischen Manipulation ist die Gummibandlinie (rubber band line), ein gestricheltes Rechteck, das dem Lichtgriffel von einer Anfangskoordinate bis zum Aufsatzpunkt folgt und damit beispielsweise die Selektion mehrerer Elemente erlaubt.
- ▷ Es gibt eine interne hierarchische Struktur, die es erlaubt, ein Bild aus Teilbildern (subpictures) zusammenzusetzen.
- ▷ Funktionen wie Bewegen oder Löschen sind rekursiv definiert und können dadurch auch auf zusammengesetzte Bilder (Bildhierarchien) angewandt werden.
- ▷ Bilder oder Bildelemente können als Muster-Bild (master picture) definiert werden, von dem beliebig viele Exemplare (instances) erzeugt werden können.
- ▷ Mit Hilfe eines Relationsverfahrens können komplizierte grafisch-numerische Zwangsbedingungen formuliert werden, die bei mechanischen (Balken- und Fachwerken) und elektrischen Berechnungen (vermaschte Stromkreise, Netze) eingehalten werden müssen.
- ▷ Die Koordinatensysteme für die Definition grafischer Objekte und ihre Darstellung am Bildschirm sind getrennt.
- ▷ Zeichnungen können erheblich größer sein als der Bildschirm. Der auf dem Bildschirm sichtbare Ausschnitt kann wie ein Sichtfenster über die Zeichnung bewegt werden.

Mit *Sketchpad* sind also bereits alle wesentlichen Konzepte vorhanden, die in heutigen interaktiven Zeichenprogrammen einem breiten Benutzerkreis zugänglich sind.

Für die weitere Entwicklung interaktiver Systeme ist ein weiterer Aspekt von Sutherlands Arbeit wesentlich. Mit dem hierarchischen Bildaufbau in Verbindung mit dem Konzept des Muster-Bildes, das auch als Vererbungsmechanismus aufgefaßt werden kann, sind bereits wesentliche

Grundlagen einer objektorientierten Systementwicklung gelegt, denn mit diesen Mitteln können grafische Strukturen nicht nur gezeichnet, sondern auch manipuliert werden: Die visuelle Struktur wird zu einem veränderbaren Objekt.

Reactive Engine

Die Entwicklungslinie objektorientierter Benutzungsoberflächen ist maßgeblich mit dem Namen Alan Kay verbunden, der in seiner 1969 fertiggestellten Dissertation die Idee einer reaktiven Maschine *Reactive Engine* entwickelt. Die Umsetzung dieser Idee erforderte von Kay sowohl die Konzeption neuer Hardware als auch die Entwicklung von Software einschließlich der Mikroprogrammierung. Nicht mehr die Aufforderung des Systems an den Benutzer (prompting), bestimmte Daten einzugeben, soll das entscheidende Designparadigma sein, sondern die Möglichkeit, jederzeit jede Form symbolischer oder grafischer Repräsentationen eingeben, abrufen oder modifizieren zu können. Dieser Gedanke kulminiert in der Vision von einem persönlichen dynamischen Medium von der Größe eines Notizbuches mit der Bezeichnung *Dynabook*, das sich jeder leisten können soll und das nahezu alle informationsbezogenen Anforderungen seines Eigentümers ohne Zeitverzögerungen unmittelbar erfüllt, und zwar von der Erstellung und Verwaltung von Texten über das Zeichnen und Malen unter Einbeziehung von Animation bis hin zum Komponieren und Abspielen von Musik, wobei die Qualität der Auflösung – optisch wie auch akustisch – nahe an die Leistungsfähigkeit des menschlichen Wahrnehmungsapparates herankommen soll.

Die Vielfalt der damit gegebenen Möglichkeiten erfordert jedoch auch konzeptuelle Überlegungen, um die Komplexität der Benutzung zu reduzieren. Auf der einen Seite ist es nicht möglich, alle Spezialwünsche und Anforderungen des Benutzer zu antizipieren, auf der anderen Seite sollen den Möglichkeiten einer kreativen Verwendung keine Grenzen gesetzt werden.

Dies ist unmittelbar an die Universalität der Funktionalität gebunden. Benötigt werden wenige, aber dafür universelle Funktionen, die sich sowohl auf das Kreieren neuer Möglichkeiten als auch auf das Erschließen des Vorhandenen beziehen, da nur auf diese Weise das System beherrschbar ist.

Traditionelle Systeme weisen sich durch viele Modi aus. Ein Modus ist dadurch gekennzeichnet, daß er explizit betreten und wieder verlassen werden muß und daß in ihm jeweils nur ein u. U. sehr beschränkter Teil der Funktionalität verfügbar ist. In der Konsequenz bedingt ein Modus also immer eine Art erzwungene Sequentialität in der Interaktion mit dem System. Beispiele sind der Ediermodus, in dem zwar Formatier- und Suchanweisungen abgesetzt werden können, aber keine textuellen Eingaben möglich sind, sowie der Grafikmodus, in dem zwar Zeichnungen ediert werden können, aber kein Text.

Neben dem zusätzlichen Aufwand, der mit dem Verlassen und Wiederbetreten eines Modus verbunden ist, gibt es noch das Problem, daß mit dem Beenden eines Programms und dem Starten eines neuen Programms die alten Ausgaben des Systems, auf die man quasi ein Vorkaufsrecht (preemption) hat, unwiederbringlich verloren sind. Sie müssen, falls sie benötigt werden, teilweise mühsam rekon-

struiert werden. Swinehart bezeichnet dies daher auch als „preemption dilemma.“ Darüber hinaus sind Modi sehr fehleranfällig, weil man oft nicht mehr gewahr ist, in welchem Modus man sich gerade befindet und damit unpassende oder gar fehlerhafte Operationen ausführt (ausführlich in Tesler, 1981).

Ein Teil des Problems läßt sich mit dem von Kay entwickelten *Paradigma der überlappenden Fenster* lösen; der Bildschirm erscheint wie die Oberfläche eines Schreibtisches und die Fenster entsprechen aufeinanderliegenden Blättern. Überlappende Fenster ermöglichen, verschiedene Aufgaben in unterschiedlichen Fenstern gleichzeitig im Blickfeld zu haben, leicht zwischen diesen Aufgaben wechseln zu können, ohne dabei Informationen zu verlieren (preemption dilemma) und den durch die Größe des Bildschirms beschränkten Platz ökonomisch auszunutzen. Dieses Paradigma betrachtet Kay als grundlegend für eine integrierte Umgebung.

In einer integrierten Umgebung geht der Unterschied zwischen Anwendung und Betriebssystem verloren. Es ist möglich, mit minimalem Aufwand zwischen verschiedenen Anwendungen zu wechseln. Jede Systemleistung ist jederzeit verfügbar und Daten, die im Rahmen einer Aktivität erzeugt werden, können direkt in andere Aktivitäten übernommen werden.

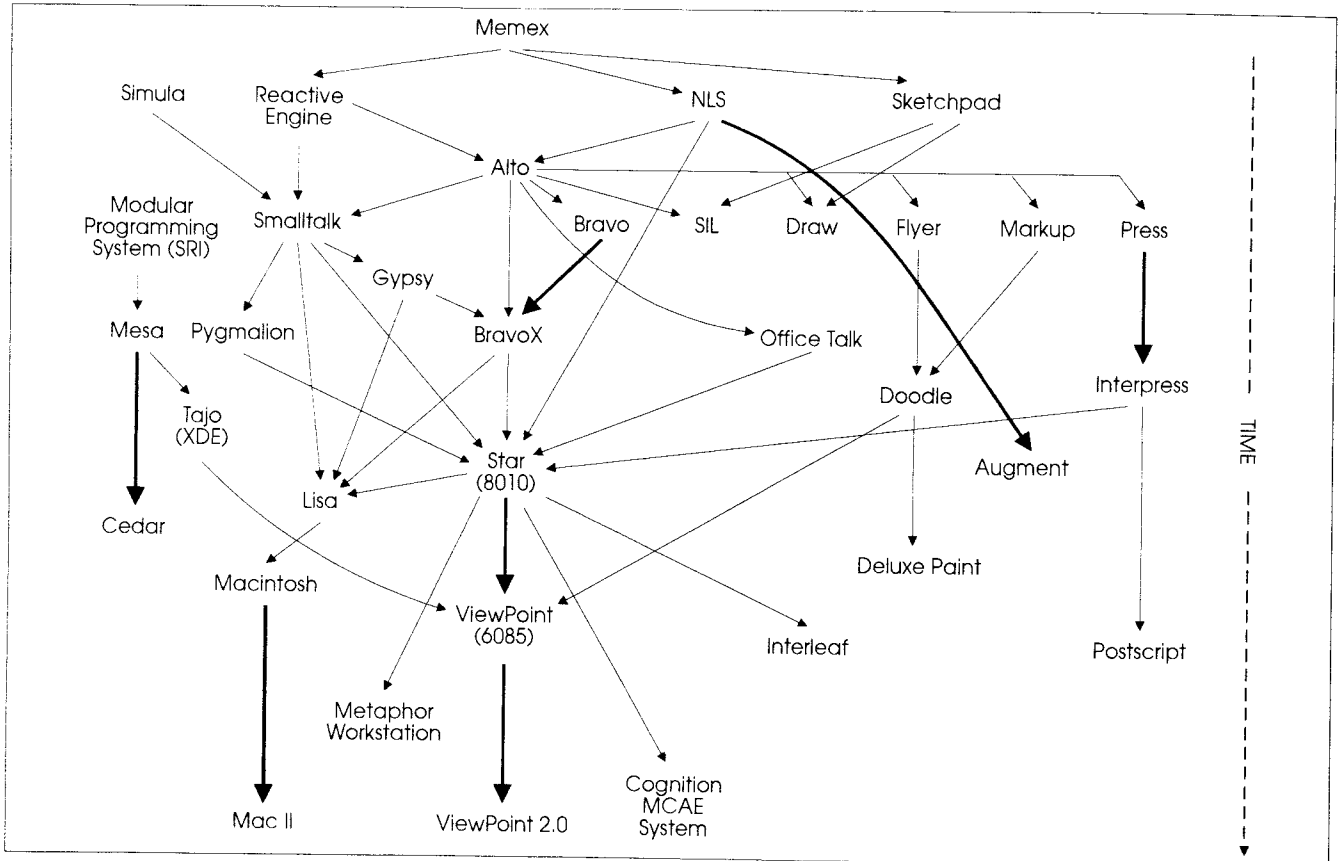
Die Sprache *Smalltalk* ist von Kay 1972 konzipiert worden, um die Entwicklung einer integrierten Umgebung zu unterstützen. Mit *Smalltalk* ist die Idee der integrierten Umgebung bekannt geworden, und Teile dieser Konzeption sind in andere Systemkonzeptionen übernommen worden. So ist die Zuordnung von einem (Anwendungs-)Programm zu einem Fenster heute die Regel, und auch die Technik der sich überlappenden Fenster ist vielfach adaptiert worden.

Natürlich gibt es noch Modi dort, wo sie aufgrund der zu erledigenden Aufgabe erforderlich sind, wie z. B. bei Textunterstreichungen oder bei Veränderungen der Schriftgestaltung (kursiv, fett etc.)

Die Verallgemeinerung dieser Prinzipien der modusfreien Interaktion hat die Konsequenz, daß das Bildschirmobjekt und seine Manipulation im Vordergrund der Betrachtung stehen und nicht Funktionsbereiche, die z. B. durch den Aufruf eines Text- oder Grafikeditors aktiviert werden und die damit automatisch einen Modus begründen. Stattdessen ist die gesamte Funktionalität eines Systems jederzeit verfügbar. Statt Texte, Grafiken oder Tabellen gibt es jetzt das allgemeine Objekt Dokument, das alle diese Elemente enthält und auch per elektronischer Post an andere Netzteilnehmer übermittelt werden kann.

Für die technische Realisierung der grafischen Oberfläche eines interaktiven Systems hat ein objektorientierter Ansatz enorme Vorteile. Da viele Bildschirmobjekte, wie beispielsweise Fenster, zusammengesetzte grafische Objekte sind, bieten die Mechanismen, die bereits von Sutherland entwickelt worden sind, eine adäquate Unterstützung. Das Konzept des Muster-Bildes in Verbindung mit einem hierarchischen Bildaufbau entspricht dem Prinzip der Vererbung und ermöglicht so, die grafischen Grundoperationen und die Objekte, auf denen sie definiert sind, relativ leicht zu implementieren. Die Oberflächenstruktur läßt sich ohne große Mühe in der Programmstruktur wiederfinden.

Durch das Prinzip der Vererbung können gemeinsame Eigenschaften von Objekten sowohl bezüglich ihres Aussehens auf dem Bildschirm als auch bezüglich der auf ihnen



Grafik: M. Kruppa

Bild 1: Die Rolle des Star für die Entwicklung interaktiver Systeme (nach: Johnson et al., 1989, S. 21).

anwendbaren Operationen effektiv implementiert werden, da die invarianten Operationen und Merkmale nur einmal formuliert werden müssen (code sharing).

Dynabook und Smalltalk sind gewissermaßen zwei Seiten einer Medaille. Die spezielle Art und Weise der modusfreien Interaktion durch eine objektorientierte Systemgestaltung erweist sich sowohl für die Benutzung und Entwicklung von Anwendungssoftware als auch für die Benutzung und Entwicklung der Programmierumgebung selbst von Vorteil. Dies ist aber nicht nur eine konzeptuelle Übereinstimmung, sondern durch die integrierte Sichtweise verschmelzen auch die Prozesse der Entwicklung einer Programmierumgebung und der Entwicklung von Anwendungssoftware. Es gibt keine Unterscheidung mehr zwischen dem Betriebssystem, der Programmierumgebung und der Anwendung. Letztere kann quasi als eine Spezialisierung der Programmierumgebung aufgefaßt werden, die wiederum lediglich eine Spezialisierung eines Betriebssystemkerns ist.

Star

Eine Zusammenführung der bisher besprochenen Konzepte und Ideen erfolgt mit der Entwicklung des Büroinfor-

mationssystems XEROX 8010, das später unter seinem internen Projektnamen *Star* bekannt wird. Star kann ohne Zweifel als ein Höhepunkt in der Entwicklung und Gestaltung interaktiver Systeme bezeichnet werden. Zum einen laufen hier viele Entwicklungsstränge zusammen, zum anderen hat das System einen enormen Einfluß auf weitere Entwicklungen insbesondere im PC-Bereich gehabt. Bild 1 verdeutlicht einen Teil dieses Wirkungsgeflechtes.

Dabei ist zu berücksichtigen, daß der mittelbare Einfluß sehr viel weiter reicht, insbesondere wenn man statt des einen (End-)Produktes die Vorgeschichte des Star berücksichtigt. Beispielsweise haben zwei Mitglieder von Xerox PARC, die maßgeblich an der Entwicklung des Texteditors BravoX beteiligt gewesen sind (1976-1978), später Microsoft Word bzw. LisaWrite entwickelt. BravoX enthält bereits viele der bei Xerox PARC entwickelten Konzepte, wie z. B. modusfreies Edieren, Fenstertechnik, Formatstile usw. und ist quasi der Prototyp für die Textverarbeitung im Star. BravoX ist auch der erste Texteditor, der nach dem WYSIWYG-Prinzip arbeitet (What You See Is What You Get) bzw. genauer: mit dem dieses Prinzip begründet wird. Es besagt, daß alles genau so, wie es auf dem Bildschirm sichtbar ist, auch gedruckt wird. Das Entscheidende an dem Prinzip ist aber die umgekehrte Lesart: daß alles, was gedruckt wird, auch am Bildschirm darstellbar und manipulierbar ist. Dazu gehören unterschiedliche Schriftgrößen und Schrifttypen ebenso wie Unterstreichungen und schließlich die Einbindung von Grafik in Texte.

Mit traditionellen zeichenorientierten Bildschirmen kann dieses Prinzip nicht verwirklicht werden. Deshalb ist in Anlehnung an die Visionen von Kay und Engelbart bei Xerox

PARC der *Alto-Rechner* entwickelt worden. Das ist ein Arbeitsplatzrechner, der sich insbesondere durch die Verwendung einer Maus und durch einen hochauflösenden grafischen Bildschirm mit dem erforderlichen schnellen Bildschirmspeicher auszeichnet und auf dem u. a. auch das Smalltalk-System entwickelt worden ist.

Das erste Exemplar des Alto-Rechners ist 1972 einsatzfähig gewesen. Zuerst sind nur etwa ein halbes Dutzend Exemplare gebaut worden. Doch mit der Entwicklung entsprechender Software wie Smalltalk, Bravo bzw. BravoX, OfficeTalk etc. ist innerhalb des Forschungszentrums (PARC) und der weltweiten Vertriebsorganisation von Xerox der Bedarf enorm gewachsen. Letztlich sind mehr als tausend Rechner gebaut worden. Als Besonderheit ist neben der Software noch hervorzuheben, daß die Alto-Rechner über das lokale Netzwerk *Ethernet*, eine weitere Entwicklung von Xerox PARC, miteinander verbunden werden konnten. Ethernet erlaubt mit seinem standardisierten, in Ebenen angeordneten Kommunikationsschichten eine bis dahin nicht gekannte Flexibilität in der Rechnerkopplung.

Mit dieser kurzen Skizze der Vorgeschichte des Star sind zugleich viele der entscheidenden Features vorgestellt, die ich noch einmal kurz aufliste:

- ▷ lokale Arbeitsplatzrechner, die über Ethernet gekoppelt sind und darüber auch auf gemeinsame Ressourcen zugreifen (file server, database server, printer etc.), mit einem hochauflösenden grafischen Bildschirm und einer Maus als Zeigegerät;
- ▷ integrierte Anwendungsumgebung mit nicht überlappenden Fenstern;
- ▷ generische Kommandos, die (fast) immer anwendbar sind (z. B. move, copy, delete);
- ▷ annähernd modusfreies Arbeiten durch eine objektorientierte Benutzungsoberfläche;
- ▷ Options- und Eigenschaftsformulare zur Spezifikation von Objekteigenschaften (property sheets, option sheets);
- ▷ Darstellung von Dokumenten und Funktionen über Ikonen (data icons, function icons);
- ▷ Bereitstellung verschiedener Objektsichten, die es ermöglichen, verborgene Strukturen sichtbar zu machen (wie z. B. non-printing Characters, graphic control points etc.);
- ▷ Text- und Grafikfunktionen zur Dokumentbearbeitung nach dem WYSIWYG-Prinzip;
- ▷ erweiterter Zeichenvorrat (16-bit character code) zur Realisierung der Benutzungsoberfläche und zum Schreiben von Dokumenten in den verschiedensten Sprachen wie z. B. Russisch, Griechisch, Hebräisch, Japanisch und Chinesisch.

Bezüglich der Benutzungsoberfläche ist noch festzuhalten, daß mit dem Star der Begriff *Schreibtischmetapher* (physical desktop metaphor) etabliert worden ist, d. h. Gegenstände einer normalen Büroumgebung wie Papierkörbe, Aktenschränke und Dokumente werden auf dem Bildschirm grafisch repräsentiert. Im Gegensatz zu heute gebräuchlichen Unix-Fenstersystemen, deren Designphilosophie von den Star-Designern als *Werkzeugmetapher* (tools metaphor) bezeichnet wird, ist Star ein integriertes Büro-System. Das bedeutet, daß es nur Dokumente gibt und für

die Bearbeitung eines Dokuments jeweils die gesamte Systemfunktionalität zur Verfügung steht.

Mit seiner Konzeption kann der Star bzw. das Nachfolgesystem mit der Bezeichnung ViewPoint bezüglich der Kohärenz seiner Benutzungsoberfläche auch heute noch als Vorbild dienen, das vielen seither entwickelten Systemen immer noch überlegen ist.

Interaktivität, Integration und Individualisierung

Mit der Formel I^3 als Kurzform für die drei in der Überschrift aufgeführten Begriffe fasse ich die wesentlichen Aspekte für die Gestaltung interaktiver Systeme zusammen. Die drei I sind quasi die Pfeiler, die das Fundament der Gestaltung bilden. Zwischen diesen Pfeilern besteht eine so starke Wechselwirkung, daß man keinen wegnehmen kann, ohne dabei das Fundament der Gestaltung zu zerstören; sie können gewissermaßen zur wechselseitigen Definition des jeweils anderen benutzt werden: eins ist ohne das andere nicht erreichbar.

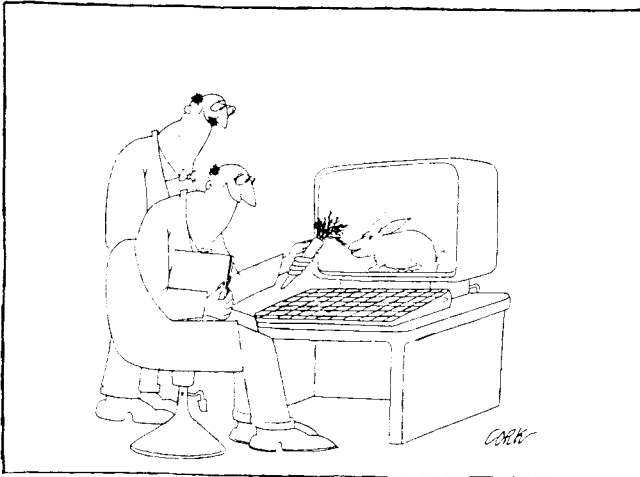
Interaktivität setzt ein reaktives Medium voraus, das es möglich macht, das, was das Medium jeweils präsentiert, den eigenen Vorstellungen gemäß zu verändern, zu erweitern oder auch zu beseitigen. Traditionelle Medien erlauben nur, gemäß der vom Medienhersteller vorgeprägten Struktur das Dargebotene zu konsumieren. Interaktivität beinhaltet nicht nur die Möglichkeit, das jeweils zu Präsentierende festzulegen und zu verändern, sondern auch die Art und Weise der Strukturierung und damit die Möglichkeiten der Erschließung und Veränderung.

Integration bedeutet, daß die zur Verfügung stehenden Werkzeuge so gestaltet sind, daß sich sowohl der Aufbau struktureller Zusammenhänge als auch das Erschließen des Vorhandenen jederzeit und flexibel bewerkstelligen lassen, ohne daß motorisch oder kognitiv zu vollziehende Transformationsschritte erforderlich sind, die sich nicht aus der zu erledigenden Aufgabe begründen.

Individualisierung heißt, daß die Art und Weise des Umgangs mit dem Medium nicht über bereits festgelegte Verfahren und Standards vorgegeben ist, sondern situationsabhängig selbst festgelegt und modifiziert werden kann.

Es ist unmittelbar einsichtig, daß mit dieser Charakterisierung der Entwicklung interaktiver Systeme lediglich Leitvorstellungen umrissen und nicht absolute Kriterien definiert werden. Dies ist auch nicht möglich, denn zum einen setzt z. B. jede Art von Interaktivität einen Systemkern voraus, der diese Möglichkeiten bereitstellt und mit dem notwendigerweise bestimmte Verfahren und Standards vorgegeben sind. Zum anderen ist der Austausch interaktiv erstellter Arbeitsergebnisse immer nur vor dem Hintergrund gesetzter Standards und Vereinbarungen möglich.

Die Geschichte interaktiver Systeme ist seit 1945 die Geschichte der Unterstützung des einzelnen Menschen in seiner Arbeit. Man könnte es in diesem Sinn auch als die Geschichte der individuellen Datenverarbeitung (personal computing) bezeichnen. Demgegenüber würde ich die tra-



Zeichnung: coeck

ditionelle Entwicklungsrichtung als organisationsbezogene Datenverarbeitung charakterisieren.

Sowohl Memex, NLS, Dynabook als auch Star sind zur individuellen Unterstützung einer einzelnen Person konzipiert worden. Darüber hinaus ist die Entwicklung dieser Systeme (bis auf Memex natürlich) und auch die von Sketchpad auf Einplatzsystemen durchgeführt worden. Bereits 1973, also lange bevor die ersten PCs den Markt überschwemmt haben, ist von den Mitgliedern der Research Learning Group (Xerox PARC) der Begriff *Personal Computer* geprägt worden. Bei der Konzeption und Entwicklung dieser Systeme hat man sich mehrfach und ausdrücklich gegen die Konzeption von und auch gegen die Unterstützung durch ein Time-Sharing System entschieden.

Stellt man die persönliche Unterstützung in den Vordergrund, dann ändert sich die Aufgabe der Entwickler grundlegend. Nicht mehr das Auffinden objektiver Eigenschaften und das Festschreiben von DV-Standards stehen im Vordergrund, sondern die Bereitstellung von Möglichkeiten und Verfahren, mittels derer sich die Benutzer ihre Objekte und Operationen definieren können, um damit je nach Situation und Aufgabe flexibel die erforderlichen Strukturen anlegen zu können: Statt Vorschriften zu machen, gilt es Handlungsmöglichkeiten bereitzustellen, und zwar auf allen Ebenen der Benutzung. Insofern geht es beim Stichwort Individualisierung in erster Linie darum, ein System so zu gestalten, daß es in einer Vielzahl unterschiedlicher Benutzungssituationen angemessen einsetzbar ist, unabhängig davon, ob die jeweiligen Anforderungen von einer Einzelperson, einer Gruppe oder gar einer Organisation gestellt werden.

Wie der historische Abriß zeigt, kann man mit einiger Berechtigung davon sprechen, daß Interaktivität im Grunde genommen nichts anderes heißt, als auf allen Ebenen des menschlichen Handelns die Verfügungsgewalt über die Maschine, so weit es geht, dem Benutzer zu übertragen.

Ein solches Designziel ist aber mit einer isolierten Gestaltung der Benutzungsoberfläche grundsätzlich nicht zu erreichen. Es ist ebenso eine Frage der Funktionalität des Systems wie auch der (geräte)technischen Ausstattung. So gilt z. B. für alle in dieser Arbeit bisher aufgeführten Beispiele, daß Software und Hardware als ein Gesamtsystem z. T. über mehrere Entwicklungsversionen hinweg entwickelt worden sind. Beim Star beispielsweise sind Hardware und Software parallel entwickelt worden, wobei man, bevor

über die Funktionalität des Systems endgültig entschieden worden ist, bereits 30 Arbeitsjahre für die konzeptuelle Gestaltung der Benutzung aufgewandt hatte.

Zwar muß man berücksichtigen, daß die hier vorgestellten Entwicklungsprojekte, was das Entwicklungsmilieu und den Bereich der Gestaltungsmöglichkeiten betrifft, sowohl im kommerziellen als auch im wissenschaftlichen Bereich Ausnahmen gewesen sind, doch erfordert das Designziel der Unterstützung menschlicher Arbeit auch dann ein integratives Vorgehen, wenn es beispielsweise darum geht, im Rahmen einer vorgegebenen Hardwarekonfiguration Software zu entwickeln. Weder ist es möglich, die Benutzungsoberfläche vollständig von der technischen Realisierung abzutrennen, weil dadurch die erforderlichen Informationen für die (visuelle) Rückkopplung von Zustandsveränderungen fehlen, oder weil damit die Gefahr einer zu starken Verzögerung im Antwortzeitverhalten durch unpassend gewählte Datenstrukturen verbunden ist, noch kann eine aufgabenangemessene Interaktion losgelöst von der Funktionalität betrachtet werden. Wie Nelson betont, ist die isolierte Gestaltung von Benutzungsoberflächen fast immer die falsche Problemstellung, denn tatsächlich geht es um die Gestaltung des gesamten Systems bzw. – wie er es ausdrückt – um die Konzeption des Systems.

Gestaltungsleitlinien

Wie ich bereits angeführt habe, sind manuelle Tätigkeiten ein der geistigen Arbeit innewohnender Bestandteil.

Ausgehend von meiner Sichtweise, Artefakte als externes Gedächtnis zu betrachten, habe ich anhand der Darstellung der Meilensteine argumentiert, daß es bezüglich der Unterstützung geistiger Arbeit in erster Linie darum geht, eine gegenständliche Welt bereitzustellen, die es erlaubt, Objekte und Strukturen gemäß den situativen Erfordernissen miteinander in Beziehung zu setzen und einmal hergestellte Beziehungen vergegenständlichen zu können. Denn, wie David C. Smith, einer der maßgeblichen Designer des Star, betont, ist die sichtbare Struktur, die zugleich das Medium des gegenständlichen Handelns ist, die Realität, mit der es die Benutzer zu tun haben (vgl. Johnson u. a., 1989, S. 15). Sichtbarmachen (z. B. unmittelbare Rückmeldung), Gruppieren (z. B. räumliches Arrangieren von Objekten), Verweisen (z. B. Verkettung von Text-, Bild- oder Videosequenzen unabhängig von ihrer ursprünglichen Dokumentenstruktur) und Bilden von Objekten (Zusammenfassung mehrerer Objekte zu einem neuen Objekt) sind grundlegende Operationen, die die Veränderung dieser gegenständlichen Welt erlauben.

Sichtbarkeit ist immer an räumliche Strukturen gebunden und genau um die Gestaltung solcher Strukturen geht es. Daß das eine zentrale Fragestellung für die Gestaltung interaktiver Systeme ist, wird deutlich, wenn man sich vor Augen führt, daß sowohl der Betriebsbogen als auch die Schreibtischmetapher, die Objektorientierung und schließlich die Hypertextidee eines gemeinsamen haben: Sie betonen den *Vorrang der räumlich sichtbaren und manipulierbaren Struktur* vor der zeitlichen Interpunktion des Interaktionsgeschehens.

Die Unterstützung durch Technik besteht nun darin, daß jeweils der Aufwand an manuell auszuführenden Tätigkeiten, um Beziehungen herzustellen und zu vergegenständlichen, reduziert wird, und zwar so, daß dabei weder die einzelnen zu erledigenden Schritte vorgeschrieben werden noch das Ergebnis im Vorhinein festgelegt ist. Was wir mit dem Computer also rationalisieren oder ersetzen, sind nicht die Denk- und Informationsverarbeitungsprozesse des Menschen, also das In-Beziehung-Setzen, sondern die physisch zu vollziehenden Transformationen auf den von den Menschen geschaffenen Hilfsmitteln. In bezug auf die zu erledigende geistige Arbeit verkörpern diese Hilfsmittel gewissermaßen ein externes Gedächtnis.

Die Transformationsschritte entlasten den Menschen, weil er unnötige manuelle Operationen einspart und dadurch jetzt effektiver und schneller das externe Gedächtnis benutzen kann, um individuell und situationsbedingt diejenigen Beziehungen herzustellen und zu vergegenständlichen, die für ihn einen bedeutungsvollen Zusammenhang ergeben. Das grundlegende Gestaltungsprinzip zur Unterstützung von Denk- und Lernprozessen lautet demzufolge:

Reduziere das Maß an erzwungener Sequentialität zum Herstellen und Verkörpern von Beziehungen.

Erzwungene Sequentialität bedeutet dabei entweder, daß unnötige Transformationen auf dem externen Gedächtnis ausgeführt werden müssen, die für das Herstellen oder Verkörpern einer Beziehung nicht notwendig sind, oder daß die Handlungsausführung vorgeschrieben ist. Beides erschwert oder verhindert das Kreieren bedeutungsvoller Zusammenhänge.

Dieses Prinzip bietet in mehrfacher Hinsicht eine nützliche Designorientierung. Zum einen lassen sich daraus differenzierte Gestaltungskriterien für Benutzungsoberflächen im speziellen wie auch für computergestützte Werkzeuge im allgemeinen ableiten. Zum anderen orientiert es auf ein Menschenbild, das den unmittelbaren Anschluß zu arbeitswissenschaftlichen Kriterien einer persönlichkeitsförderlichen Arbeitsgestaltung erlaubt, bei der die Erhöhung des Handlungs- und Entscheidungsspielraumes entscheidende Aspekte sind.

Unabhängig von diesen Vorteilen gilt es jedoch zu beachten, daß das Gestaltungsprinzip der Reduzierung erzwungener Sequentialität nicht unabhängig vom jeweiligen Einsatzkontext angewandt werden kann. Um z. B. die geeigneten syntaktischen Transformationen zur Verfügung stellen zu können, müssen die Entwickler die Aufgaben und Bedürfnisse der Benutzer kennen. Erst dann haben sie ein Selektionskriterium in der Hand, daß es ihnen erlaubt zu entscheiden, welche technische Lösung denn ein geringeres Maß an erzwungener Sequentialität beinhaltet. Dies ist nicht aus softwareimmanenten Eigenschaften ableitbar. Demzufolge dürfen sich auch weder die Informatikausbildung an den Universitäten noch die informatische Bildung an den Schulen allein auf die Vermittlung der mathematischen und programmiertechnischen Grundlagen der Datenverarbeitung beschränken.

Wichtiger aber noch scheint mir, daß der vorgestellte theoretische Rahmen trotz seiner konstruktiven Brauchbarkeit in der Informatik über die sonst allgemein gebräuchli-

chen Datenverarbeitungsmodelle hinausreicht und damit einen Anknüpfungspunkt für die so häufig geforderte interdisziplinäre Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen wie z. B. der Psychologie, der Soziologie oder auch der Philosophie bietet. Das Konzept, vom Menschen geschaffene Hilfsmittel als externes Gedächtnis zu betrachten, betont, daß technische, psychologische und soziale Gesichtspunkte nicht mehr als voneinander isolierbare Phänomene betrachtet werden können, sondern nur aus der Genese ihrer wechselseitigen Zusammenhänge angemessen erfaßt und verstanden werden können.

Prof. Dr. Reinhard Keil-Slawik
Heinz-Nixdorf-Institut (ZIT)
Universität-Gesamthochschule Paderborn
Postfach 1621
W-4790 Paderborn

Literatur

Bussmann, H.: Computer und Eigensinn – Was Kinder dem Computer voraus haben. Frankfurt/M.: Fischer, 1988.

Dreyfus, H. L.: Die Grenzen künstlicher Intelligenz – Was Computer nicht können. Königsstein/Ts.: Athenäum, 1985.

Eigen, M.: Stufen zum Leben – Die frühe Evolution im Visier der Molekularbiologie. München, Zürich: Piper, 1987.

Eigen, M.: Perspektiven der Wissenschaft – Jenseits von Ideologien und Wunschdenken. Stuttgart: Deutsche Verlags-Anstalt, 1988.

Eigen, M.; Schuster, P.: The Hypercycle – A Principle of Natural Selforganization. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1979.

Eigen, M.; Winkler, R.: Das Spiel – Naturgesetze steuern den Zufall. München, Zürich: Piper, 1983.

Johnson et al.: The Xerox Star – A Retrospective. In: IEEE Computer, Vol. 22 (September 1989), No. 9, S. 11-29.

Keil-Slawik, R.: Konstruktives Design – Ein ökologischer Ansatz zur Gestaltung interaktiver Systeme. TU Berlin: Forschungsberichte des Fachbereichs Informatik, Bericht Nr. 90-14, Habilitation, 1990.

Krämer, S.: Symbolische Maschinen – Die Idee der Formalisierung in geschichtlichem Abriss. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 1988.

Krämer, S.: Geistes-Technologie – Über syntaktische Maschinen und typographische Schriften. In: Rammert, W.; Bechmann, G. (Hg.): Technik und Gesellschaft. Jahrbuch 5. Frankfurt/M.: Campus, 1989.

Küppers, B.-O.: Der Ursprung biologischer Information – Zur Naturphilosophie der Lebensentstehung. München: Piper, 1986.

Leroi-Gourhan, A.: Hand und Wort – Die Evolution von Technik, Sprache und Kunst. Frankfurt/M.: Suhrkamp (stw), 1988.

Tesler, L.: The Smalltalk Environment. In: Byte, Vol. 11 (August 1981), No. 8, S. 90-147.

Uexküll, J. von; Kriszat, G.: Streifzüge durch die Umwelten von Tieren und Menschen – Bedeutungslehre. Frankfurt/M.: Fischer, 1983.

Wertheimer, M.: Produktives Denken. Frankfurt/M.: Waldemar Kramer, 1964.

Winograd, T.; Flores, F.: Erkenntnis, Maschinen, Verstehen. Berlin: Rotbuch Rotationen, 1989.