

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Information Engineering und IV-Controlling
Hrsg.: Franz Lehner

Franz Lehner/Georg Braungart/
Ludwig Hitzenberger (Hrsg.)

Multimedia in Lehre und Forschung

Systeme – Erfahrungen – Perspektiven

DUV Deutscher Universitäts Verlag
GABLER · VIEWEG · WESTDEUTSCHER VERLAG

Benutzerfreundlichkeit:

Orientierung am Nutzer bei der Gestaltung von Geräten

A. C. Zimmer

1. Einführung

Wenn man nach der Benutzerfreundlichkeit von Geräten fragt, dann besinnt man sich eigentlich auf den Zweck dieser Geräte, denn sie dienen - wie ganz allgemein auch Werkzeuge - dazu, dem Menschen den Umgang mit seiner Umwelt zu verbessern. Dieser Umgang kann darin bestehen, daß Energie, Information oder Gegenstände ausgetauscht werden: Vom Kühlschrank oder Heizungssystem über Fax, Telefon und Computerkommunikation (z.B. über Internet) bis zur industriellen Produktion.

Speziell am Beginn der Entwicklung solcher Geräte steht die unmittelbare Funktionalität im Vordergrund, d.h. das Gerät "erfüllt seinen Zweck". Diese Konzentration auf die reine Funktionalität bringt jedoch üblicherweise mit sich, daß der Nutzer des Gerätes sich dessen Gegebenheiten vollständig anpassen muß, d.h. der Nutzer muß nicht nur das System vollständig verstehen, sondern er muß auch zu den vom Gerät vorgegebenen Zeitpunkten und in den entsprechenden Modalitäten in das System eingreifen bzw. das System z.B. durch die Lieferung von Energie unterstützen. Derartig gestaltete Systeme erfüllen zwar durchaus ihren Zweck für den Nutzer, berücksichtigen aber nicht die Anforderungen, die durch die Bedienung der Geräte an den Nutzer gestellt werden.

Die Orientierung auf den Nutzer beginnt damit, daß z.B. Bedienelemente so gestaltet werden, daß sie keine Verletzungen hervorrufen können und bei einer Dauernutzung möglichst zu wenig Ermüdung führen; die Evolution von Werkzeugen im Lauf der Zeit spiegelt eine solche Anpassung von Geräten an die Gegebenheiten des Nutzers wider (s. z.B. [Petr93]). Die Berücksichtigung dieser Aspekte bei der Gestaltung von Geräten ist Gegenstand der Ergonomie, wie sie sich seit Beginn des Jahrhunderts entwickelt hat. Eine ganz neue Perspektive hat die nutzerorientierte Gestaltung durch die Entwicklung von Computern gewonnen, mit denen eine nahezu natürliche Kommunikation, d.h. ein Informationsaustausch durch Worte und Sätze, möglich ist. Die Qualität eines solchen Informationsaustausches kann man daran ermesen, inwieweit er den Regeln der Sprachpragmatik folgt (s. [Grice75]; [Zimm89]), nämlich ob ge-

nau die benötigte Information gegeben wird, ob die Information verlässlich ist, ob die Information den Kontext berücksichtigt und endlich, ob die Information klar ist. Wenn diese Gegebenheiten vorliegen, wird die Kommunikation nicht nur effizient, sondern erweckt auch den Eindruck guter "Manieren", sie wird als "freundlich" erlebt. Insofern ist es jetzt möglich, vom Ziel der klassischen Ergonomie, nämlich der Vermeidung von Fehlern und Schädigungen, zu den Zielen einer kognitiven Ergonomie weitergehen, für die die Optimierung der Kommunikation zentral ist; dies kann man als Nutzerfreundlichkeit bezeichnen.

Das klassische Vorgehen bei der ergonomischen Gestaltung von Geräten besteht in drei Stufen:

- Aufgabenanalyse
- Bewertung der spezifischen Leistungen im Mensch-Maschine-System (MMS)
- Abstimmung von Mensch und Maschine im MMS.

1. Aufgabenanalyse

Hier wird zunächst untersucht, wie das generelle Ziel in konkrete Einzelvorgaben zerlegt werden kann, wie diese Einzelvorgaben in Aktionen zerlegt werden können, in welcher Reihenfolge diese Aktionen durchgeführt werden müssen, und endlich wie man feststellen kann, ob die Aufgabe erfolgreich beendet ist.

2. Arbeitsverteilung zwischen Mensch und Maschine

Aufgrund sog. MABA-MABA-Listen (Man Are Better At - Machines Are Better At) (siehe Tabelle 1) kann man einschätzen, welche der o.a. Einzelaktionen am besten Menschen und welche Maschinen übertragen werden sollten.

3. Passung von Mensch und Maschine

Hier, in der im eigentlichen Sinne ergonomischen Fragestellung, geht es darum, die Maschinen so zu gestalten, daß sie a) möglichst ermüdungsfrei, b) fehlerfrei und c) kontrollierbar bedient werden können; das letztere impliziert, daß die jeweiligen Zustände der Maschine jeweils eindeutig dem mentalen Modell des Nutzers zugeordnet werden können, das dieser von der Aufgabe hat.

Ein zusätzlicher, in klassischen ergonomischen Ansätzen oft nicht berücksichtigter Aspekt der menschengerechten Gestaltung von Maschinen besteht darin, daß Maschinen das Erlernen ih-

rer Bedienung optimal unterstützen sollten; dies kann auf der einen Seite durch die Erfüllung des Prinzips der Selbsterklärbarkeit geschehen (was aber voraussetzt, daß man ein vollständiges Modell sowohl von dem technischen System wie auch von jedem möglichen menschlichen Nutzer hat) und zum zweiten durch das Prinzip des explorierenden Lernens, das am markantesten in der Forderung von Christine und Ernst-Ulrich v. Weizsäcker nach "Fehlerfreundlichkeit" (1984) von technischen Systemen gekennzeichnet wird, denn wie aus der Theorie des Begriffslernens bekannt ist, erlaubt die systematische Eliminierung von Hypothesen den besten Erfolg und damit sind Fehler und die Rückmeldung darüber notwendig, um Kompetenz zu erwerben.

So einfach und plausibel diese Grundelemente der ergonomischen Gestaltung sind, so schwierig werden sie in der konkreten Umsetzung, u.a. auch deshalb, weil jeweils mehrere Dimensionen beachtet werden müssen und es häufig zu einem trade-off zwischen diesen Dimensionen kommt, d.h. die Ziele der einen Dimension kann man nur erreichen, wenn man Kompromisse bezüglich anderer Dimensionen macht: So lassen sich z.B. die Ziele "Bearbeitungsgeschwindigkeit" und "Reduktion der kognitiven Belastung" üblicherweise nicht gleichzeitig realisieren (die Steuerung eines Prozesses mit Kommandosprache ist schnell, stellt aber hohe Anforderungen an den Umfang und Präzision des Gedächtnisses des Nutzers, dagegen ist Menüsteuerung notwendigerweise langsam, aber dafür kognitiv entlastend).

Die allgemeine Konsequenz für die Gestaltung von technischen Systemen ist es daher, daß es eine Best-Gestaltung nicht gibt, sondern daß entweder optimale Kompromisse z.B. aufgrund einer Multi-Attribut-Bewertung gefunden werden, oder aber daß aufgrund von externen Vorgaben sichergestellt ist, welche Kriterien auf jeden Fall erfüllt sein müssen; letzteres trifft besonders auf technische Geräte zu, die ein hohes individuelles oder gesellschaftliches Risiko implizieren. Das Bild eines komplexen technischen Systems, in dem Mensch-Maschine- bzw. Mensch-System-Interaktionen optimiert worden sind, läßt sich anhand Reasons Modell [Reas90], modifiziert für die Produktion, verdeutlichen (s. Abb. 1).

Funktionen, die der Mensch besser bewältigt als die Maschine	Funktionen, die eine Maschine besser bewältigen kann als ein Mensch
1. Detektion energetisch sehr schwacher Signale und deren Verstärkung	1. Lösung einfacher arithmetischer Aufgaben mit großer Geschwindigkeit, Fähigkeit zu sehr schnellen Reaktionen (10^{-6} - 10^7 s)
2. Flexibilität und Improvisation (schnelles Finden einer Alternativlösung)	2. Differenzierung, d.h. Durchführung der mathematischen Operation d/dt
3. Wechsel von einer bestimmten Strategie zu einer anderen (Übergang zu einer anderen Lösung)	3. Integrierung, d.h. Durchführung des Integrals einer Funktion
4. Langfristiges Behalten von großen Informationsmengen ($2,8 \times 10^{20}$ bit, nach Neumann) und schnellerer Suchvorgang	4. Einsatz großer Kraft oder Leistung bei großer Präzision und genau definiertem Ablauf (bei der Maschine ist die Leistung im Praxisbezug unbeschränkt)
5. Räumliche Wahrnehmung (Wahrnehmung von Raumtiefe und Formen)	5. Exakte Wiederholung bestimmter Prozesse nach einem vorgegebenen Programm über einen beliebigen Zeitraum
6. Interpolation (Bestimmung der Werte zwischen fixen Punkten bzw. Werten)	6. Langfristige Wachsamkeit, keine Ermüdungserscheinungen
7. Prädiktion und Antizipation (Vorhersage weiterer Entwicklung in logisch schwer definierbaren Bedingungen)	7. Kurzzeitiges Behalten einer Information, kurzzeitige Speicherung
8. Induktive Urteilsprozesse (Verallgemeinerung) bzw. Bildung einer Ansicht	8. Durchführung von komplexen simultanen Funktionen mit großer Geschwindigkeit bzw. nach genauer zeitlicher Abfolge
9. Realisierung homöostatischer Prozesse (Beibehalten einer stabilen Lage bei Änderung der äußeren Bedingungen)	9. Deduktive Urteilsprozesse
10. Adaptation und Lernen	10. Einfache Entscheidungen von dem Typ ja-nein mit großer Geschwindigkeit (allerdings mit weniger Möglichkeit, die Ergebnisse zu korrigieren)
11. Durchführung komplexer Entscheidungen; Lösung komplizierter unvollkommen definierter Situationen bzw. unvorhergesehener Situationen	11. Detektion von Signalen, deren Qualität mit den menschlichen Sinnesorganen nicht wahrgenommen werden kann, mit wesentlich größerer Genauigkeit, als dies der Mensch in seinem Bereich kann

Tabelle 1: MABA-MABA-Liste (nach [Lanc75])

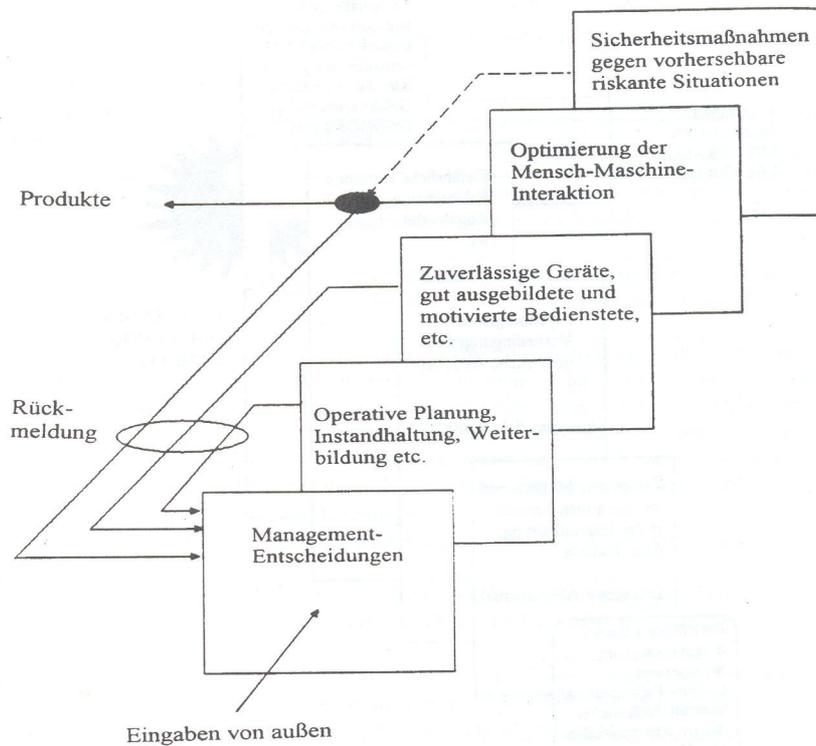


Abb. 1: Reasons Modell einer funktionierenden Organisation, umgesetzt für Produktionsabläufe [Reas90]

Nur im Idealfall wird ein solches komplexes System fehlerfrei arbeiten; die Ursachen auch möglicherweise fataler Fehler, die einerseits in Unfällen, andererseits im geschäftlichen Bankrott münden, können auf vielen verschiedenen Ebenen liegen. Üblicherweise können lokale Fehler auf anderen Ebenen abgefangen werden, wenn das System nicht zu stark hierarchisiert ist, aber wenn Konstellationen von Fehlern auf verschiedenen Ebenen zusammentreffen, kann das anfangs erwähnte katastrophische Ergebnis entstehen (s. Abb. 2).

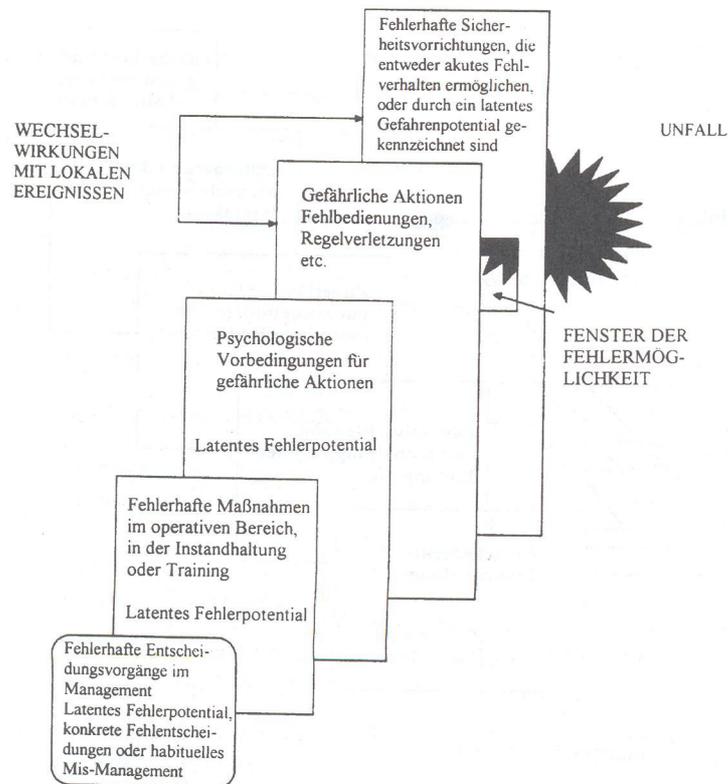


Abb. 2: Reasons (1990) Modell der Entstehung katastrophaler Fehler [Reas90]

Diese Fehler werden allerdings nur dann für das Gesamtsystem katastrophal, wenn ein korrelierendes Zusammentreffen von Fehlern auf allen oder mehreren Ebenen eintritt; wenn also Management-Entscheidungen individuelles Fehlverhalten nicht berücksichtigen, Trainings- und Instandhaltungsmaßnahmen nicht imstande sind, latente Fehlermöglichkeiten zu beseitigen, individuelle Durchführungsfehler gemacht werden, die aber durch eingebaute Sicherheitsmechanismen nicht aufgefangen werden können. Ein Beispiel dafür ist der Chemikalienaustritt bei Höchst im Jahr 1992, der durch individuelles Fehlverhalten (Beginn der Chemikalienzugabe ohne Starten des Mischers) ausgelöst wurde, aber nicht auf einen eingebauten Sicherheitsmechanismus (ein sog. Inter-lock) getroffen ist, das die Öffnung des Einfüllstutzens unmöglich macht ohne gleichzeitiges Starten des Mischers. Unterstützt wurde die Wahrscheinlichkeit des Auftretens dieses Fehlers durch mangelhafte Ausbildung und unzureichende Dokumentation bzw. Beschriftung des Systems. Nachdem die Chemikalien ausgetreten wa-

ren, wurde der Vorfall zu einer betrieblichen "Katastrophe", weil seitens des Managements hinsichtlich öffentlicher Information und Beginn der Aufräum- und Reinigungsmaßnahmen gravierende Fehler gemacht wurden.

Aspekt	Beschreibung
Ziele und Intentionen	Ein Ziel ist der Zustand, den eine Person erreichen will; eine Intention ist die Entscheidung, so zu handeln, daß das Ziel erreicht werden kann.
Spezifikation der Handlungsabfolge	Der psychologische Prozeß der kognitiven Repräsentation der Handlungen, die der Nutzer in Interaktion mit dem System durchführen muß.
Abstimmung der Ziele und Intentionen mit der Handlungssequenz	Um die Handlungssequenz zu spezifizieren, muß der Nutzer seine Ziele und Intentionen in einen erwünschten Zustand des Systems übersetzen, dann muß bestimmt werden, welche Einstellungen der Kontrollmechanismen diesen Zustand herbeiführen, und dann welche physischen Manipulationen des Systems notwendig sind. Das Ergebnis ist die interne mentale Spezifikation der auszuführenden Handlungen.
Der physische Zustand des Systems	Die Menge aller Parameter der physikalischen Variablen des Systems.
Kontrollmechanismen	Die Bedienelemente und Systemkomponenten (Hardware sowie auch Software), durch die die Parameter der physischen Variablen kontrolliert werden.
Die Zuordnung der Systemkomponenten zum Systemzustand	Die Beziehung zwischen den Einstellungen der Bedienelemente und dem resultierenden Systemzustand; üblicherweise ist diese Zuordnung dynamisch, d.h. zeitabhängig.
Interpretation des Systemzustandes	Die Beziehung zwischen dem physischen Zustand des Systems und den Zielen des Nutzers kann nur dadurch spezifiziert werden, daß zunächst die physischen Zustände in wahrnehmbare Zustände übersetzt werden und dann das wahrgenommene System in den Termini der psychologischen Variablen (Ziele und Intentionen) interpretiert wird.
Bewertung des Ergebnisses	Die Bewertung eines Systemzustandes erfordert den Vergleich des wahrgenommenen Systems mit den angestrebten Zielen. Häufig ergibt sich an dieser Stelle entweder eine genauere Spezifikation der Ziele oder gar neue Ziele und Intentionen, so daß ein rekursiver Prozeß einsetzt.

Tabelle 2: Aspekte einer Aufgabe (nach [Norm86])

Bei der Struktur des Systems in Abb. 1 bieten sich zwei Maßnahmen zur Verbesserung der Mensch-System-Interaktion an: Zum einen können durch die Einführung eines effizienten Informationssystems die Rückmeldungen schneller und gezielter verarbeitet werden; dies ist ein Hauptmerkmal des sog. total-quality-movements (Kaizen). Die zweite Möglichkeit besteht darin, lokal die einzelnen Arbeitsabläufe zu verbessern. Nebenbei bemerkt: Häufig besteht das Argument gegen solche Verbesserungsmaßnahmen darin, daß das System ja so komplex und

vernetzt sei, daß lokale Lösungen nichts brächten; dem liegt ein gravierender Fehlschluß zugrunde, denn genauso wie sich in vernetzten Systemen Fehler unberechenbar propagieren können, pflanzen sich auch die positiven Auswirkungen von lokalen Verbesserungen fort, wobei allerdings die Voraussetzung dafür darin besteht, daß eine Kommunikation zwischen den verschiedenen Ebenen oder Positionen auf der gleichen Ebene weiterhin möglich ist.

Ganz gleich aber, wie man an die Verbesserung der Mensch-System-Interaktion geht, Voraussetzung für eine effektive Lösung ist die Analyse der lokalen oder globalen Aufgabe, die bearbeitet werden soll (s. Tabelle 2)

Die Dynamik von Aufgabenspezifikation und -durchführung illustriert [Norm86] mit einer Abbildung (Abb. 3)

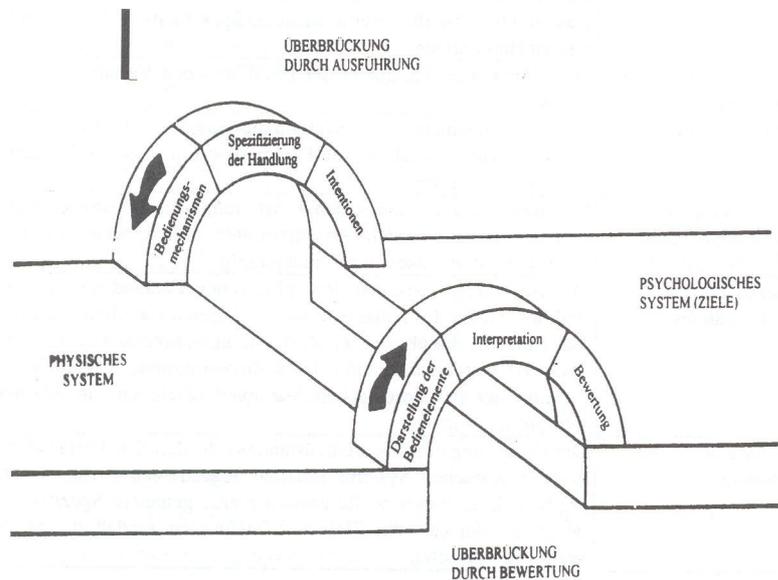


Abb. 3: Normans Modell des Interface zwischen physischen Systemen (z.B. Computern) und psychologischen Systemen [Norm86].

Nach diesen allgemeineren einführenden Ausführungen möchte ich an drei unterschiedlichen Fallbeispielen die angeführten allgemeineren Prinzipien erläutern. Zunächst wird anhand der Tastaturgestaltung gezeigt, wie Fehler und Ermüdung reduziert werden können. Danach wird ein System vorgestellt, in dem explorierend der Umgang mit einem Datenbanksystem erlernt

wird. Abschließend wird ein Entscheidungsunterstützungssystem vorgestellt, in dem Ziele des total-quality-Management realisiert werden.

2. Fallbeispiel 1: Gestaltung von Tastaturen

Wohl jeder kennt Witze über die Probleme des Zwei-Finger-Suchsystems beim Schreibmaschineschreiben; wer das 10-Finger-System erlernt hat, erinnert sich sicher an die Schwierigkeiten, die er oder sie dabei hatte, und ärgert sich immer wieder über systematisch auftretende Fehler; und endlich kennt man vom Hörensagen oder aus eigener Erfahrung, daß sich als Folge des Schreibmaschineschreibens Sehnenscheidenentzündungen einstellen können. Angesicht der Tatsache, daß sich Tastaturen an Computern, Taschendatenbanken oder Informationssystemen wie Btx oder automatische Fahrplanauskunft so häufig finden, daß man ohne ihre Bedienung kaum mehr auskommen kann, stellt sich die Frage, wie durch Bessergestaltung den eingangs genannten Problemen begegnet werden kann. Diese Probleme erstrecken sich auf die Gebiete der Anthropometrie bzw. Biomechanik, der Bedienbarkeit und endlich der Erlernbarkeit.

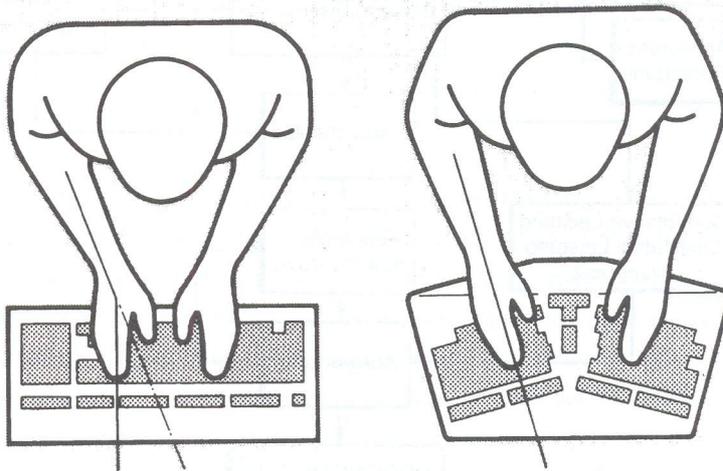


Abb. 4: Teilung und Abwinkelung des alphanumerischen Tastenfeldes

Was biomechanisch bzw. anthropometrisch an herkömmlichen Tastaturen falsch ist, zeigt Abb. 4, linker Teil. Zur kontrollierten Benutzung im 10-Finger-System muß die Hand um ca. 15 Grad nach außen gebeugt werden. Diese Abduktion resultiert in einer permanenten Span-

nung der Sehnen, was wiederum in Ermüdung bzw. Entzündung resultiert. Schon Klockenberg hat 1926 gefordert, daß aus ergonomischen Gründen der Block in zwei Teile zerlegt werden sollte, die jeweils 12 bis 15 % abgewinkelt sein sollten. Basierend auf einer Untersuchung des Fraunhofer-Instituts für Arbeit, Wirtschaft und Organisation in Stuttgart hat 1993 die Firma Marquardt den Mini-Ergo-MF2 hergestellt, der den 1926 formulierten Kriterien genügt.

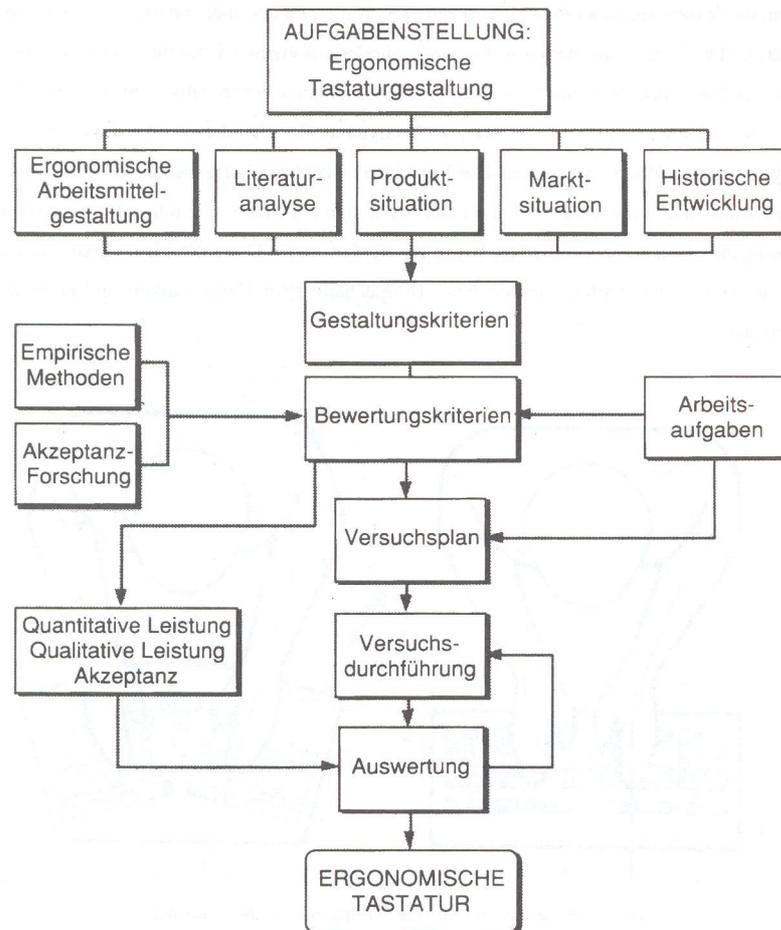


Abb. 5: Strukturdiagramm des Forschungsablaufs bei der Tastaturgestaltung durch die Fraunhofer-Gesellschaft. Warum es so lange Zeit gedauert hat, um ein solches System zu entwickeln, wird deutlich, wenn man sich das Flußdiagramm zur Vorgehensweise bei der Gestaltung einer ergonomi-

schen Tastatur (Fraunhofer-Gesellschaft) ansieht (Abb. 5), denn aufgrund der Gewöhnung an herkömmliche Tastaturen wird eine Umstellung nur dann erfolgreich sein, wenn sie unmittelbar und deutlich Vorteile gegenüber der bisherigen Gestaltung mitbringt und gleichzeitig keine großen Anforderungen an Umlernen stellt. Das Resultat zeigt Abb. 6, wo unmittelbar deutlich wird, daß lediglich das klassische Tastaturfeld in der Mitte aufgespalten worden ist, dabei bleibt in den einzelnen Zeilen und auch dazwischen die Anordnung der Tastenbelegungen gleich.

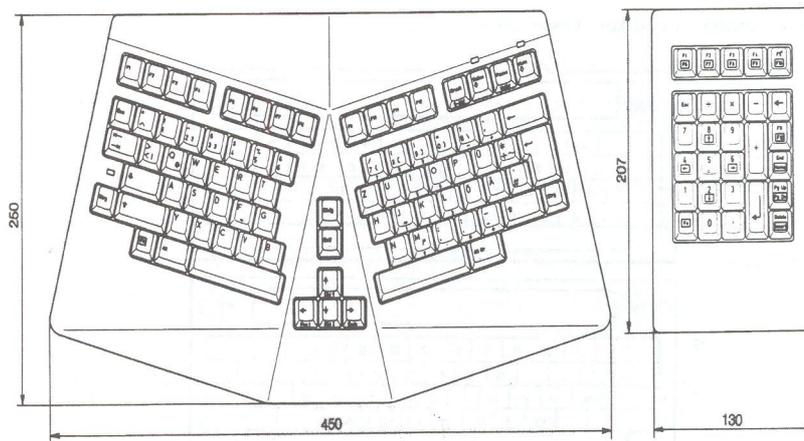


Abb. 6: Das resultierende Tastaturfeld

Diese Tastenbelegungen, die zu dem Suchverhalten des im Schreibmaschineschreiben Unkundigen führen, entspricht dem QWERTY-System, das von Charles Latham Sholes in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts entwickelt worden ist. Hintergrund dieser Tastenanordnung waren die mechanischen Probleme, die beim gleichzeitigen oder schnell aufeinanderfolgenden Anschlagen zweier Tasten resultierten. Ziel mußte es daher sein, Buchstaben, die häufig direkt aufeinander folgen wie i und e weit auseinanderzulegen, um "Tastensalat" zu verhindern. Die Arbeitsbelastung des Nutzers bzw. sein Lernaufwand wurden überhaupt nicht in Betracht gezogen: Der Nutzer muß sich also bei der Bedienung dieser Maschine voll an die Maschine anpassen. Zur Erleichterung des Lernens bzw. Vermeidung von systematischen Tippfehlern sind alternative Tastenbelegungen entwickelt worden; hier ist vor allen Dingen die sog. Dvorak-Tastatur zu nennen, die vor allem die Anzahl unintendierter "Vertipper" verhindern soll (ein Überblick über verschiedene Tastaturen findet sich in Abb. 7). Hier wird

auch sofort sehr deutlich, warum die eigentlich naheliegende Lösung einer alphabetischen Anordnung wenig bringt, weil das Alphabet keine "natürlichen" Segmentierungen mit sich bringt, so daß bei Verteilung auf verschiedene Zeilen oder Diagonalen wieder das Suchproblem auftritt, weil man sich - was man üblicherweise nicht tut - die Segmentierungen zusätzlich merken müßte.

Lernversuche mit den verschiedenen Tastaturen zeigen zwar bei alphabetischen Anordnungen einen anfänglichen Vorteil, der jedoch relativ rasch verschwindet, lediglich die Dvorak-Tastatur schneidet signifikant besser ab.

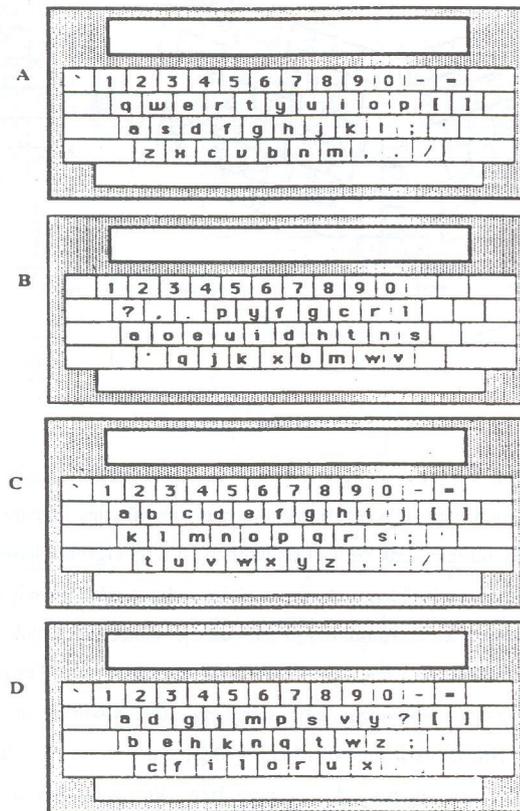


Abb. 7: Verschiedene Tastaturen: A Qwerty (Sholes), B Dvorak, C zeilenweise alphabetisch, D diagonal alphabetisch

Ein Nachteil der in Abb. 7 gezeigten Tastaturen ist es, daß einem Finger mehrere Tasten zugeordnet sind, dies führt zu einer starken Beeinträchtigung der Bedienungsgeschwindigkeit, weil zum einen gemäß Hick's Law die Entscheidungszeiten länger werden und zudem Wege zurückgelegt werden müssen, die - selbst wenn sie trajektorisch realisiert werden - Zeit kosten. Selbst wenn das Schreibmaschineschreiben hochautomatisiert ist, ergibt sich hier ein zusätzlicher Zeitbedarf (s. [Grud83]; [RuNo82]). Diese Nachteile werden durch die sog. Chord-Tastatur aufgefangen, wo jedem Finger eine Taste fest zugeordnet ist, aber Buchstaben durch das Anschlagen mehrerer Tasten gleichzeitig realisiert werden. Diese Tastatur wird von US-amerikanischen Gerichtsstenographen verwendet und ist außerordentlich schnell, läßt sich auch vergleichsweise gut lernen, hat aber den großen Nachteil, daß schon nach vergleichsweise kurzzeitigen Perioden ohne Praxis das Kompetenzniveau drastisch absinkt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß eine Kombination einer biomechanisch korrekten Tastatur wie in dem Marquardt-System und eine Tastenbelegung nach Dvorak zu einer signifikanten Verbesserung der Tastaturorgenung führen könnte, ob sich aber ein solches System durchsetzen würde, ist angesichts der geringen Akzeptanz von Umlernprozessen fraglich.

Wie sieht es aber mit Bedienung von Computern aus, die heute noch nahezu den vollständigen Abschied von dem bedeuten, was man gelernt hat? Wie selbstverständlich wird dort vorausgesetzt, daß man gelesen und fehlerfrei memoriert hat, mit dem Befehl "Ctrl + alt + F1" abzulegen und zu sichern. Aus der Gedächtnispsychologie ist bekannt, daß solche sinnlosen Symbolfolgen nur durch Elaboration verläßlich gelernt werden können, also z.B. durch die Methode des direkten Ausprobierens. Dies aber schließt der Computer aus, da er von einer eindeutigen Zuordnung von Befehlen und Systemzuständen ausgeht, so daß vor bedienung des Systems die Bedienung schon gelernt sein muß. Daher erstaunt es nicht, daß der Kundendienst von DELL Computers angibt, daß die Mehrzahl der 12 000 - 13 000 Anrufer pro Tag eigentlich fragen, ob sie den Computer nicht auch bedienen könnten, ohne lange und unverständliche Instruktionstexte lesen zu müssen. Die Lösung dieses Problems könnte darin bestehen, den Computer als Explorationsumgebung zu gestalten.

3. Fallbeispiel 2: Explorierendes Lernen am Computer

Aufgrund der technischen Entwicklungen, die einerseits zur Herstellung preiswerter Computersysteme geführt haben und andererseits neue Kommunikationssysteme anbieten, ist es seit

einiger Zeit möglich, explorierendes Lernen auf dem Computer zu unterstützen. Dabei geht man zunächst von dem Konzept aus, daß es für solche Lernsituationen optimal wäre, Wissen in diesem System so zu speichern wie Waren in einem Warenhaus, wo die Käufer durch Stöbern bzw. gezieltes Fragen die Waren finden, die sie suchen. Analog kann das Lernverhalten in computerunterstützten Systemen modelliert werden. Es stellt sich dann heraus, daß ein derartiger Wissenserwerb nur effizient wird, wenn der Lernende eine Rahmenkonzeption für den Bereich mitbringt, in dem er oder sie detailliertes Wissen erwerben will.

Eine erste Strukturierung dieses explorierenden Lernens am Computer wurde von J. S. Brown mit dem Konzept der "increasingly complex micro worlds" (ICM) vorgeschlagen: In diesem Konzept wird davon ausgegangen, daß sich die Lernenden in einer einfachen Situation, für die sie ein Rahmenkonzept haben, nicht nur das notwendige Detailwissen durch Exploration erwerben, sondern darüber hinaus auch die Rahmenkonzeption für eine geringfügig komplexere Lernsituation erwerben [Brow75]. Haben sie das Wissen der einfachen Situation erworben, wird zur nächsten leicht komplexeren übergegangen u.s.w. Dieses Konzept ist prinzipiell nur dann anwendbar, wenn der zu vermittelnde Stoff streng hierarchisch gegliedert ist. Weicht die Strukturierung des Lernmaterials jedoch von der strengen Hierarchie ab, dann lassen sich keine ICMs mehr konstruieren. In seiner Analyse der ICMs weist jedoch J. S. Brown auf einen Aspekt hin, der eine Verallgemeinerung dieses Konzepts ermöglicht: Die Bedeutung des "learning by doing", d. h. die Lernenden erschließen sich die strukturellen Regeln des Lernstoffs dadurch, daß sie ihn systematisch manipulieren. Auf dieser Grundlage sind sie in der Lage, systematische Hypothesen zu entwickeln und diese auf neue Situationen anzuwenden. Die Modellierung einer solchen Lernsituation kann analog der Theorie der Schemaintegration [Zimm86] erfolgen.

Ein Schema kann durch folgende Bestandteile definiert werden:

1. eine Menge von basalen Einheiten ("primitives"), die im gegebenen Kontext nicht weiter analysierbar sind;
2. eine Menge von Organisationsregeln;
3. eine Menge von zulässigen Transformationen, die die Klasse von Invarianten der betrachteten Objekte erzeugt.

Eine wichtige Konsequenz dieser Definition ist, daß schematisch angeordnetes Wissen nicht allein aus einer Menge basaler Einheiten und den zugehörigen Organisationsregeln für ihre

Anordnung besteht, sondern daß dazu auch die Menge der zulässigen Transformationen dieses Wissens beachtet werden muß.

Explorierendes Lernen kann somit als systematischer, aber nicht notwendigerweise vollständiger Erwerb eines Schemas verstanden werden. Die beim Lernen miterworbenen zulässigen Transformationen bestimmen damit mögliche Transfersituationen für das so erlernte Wissen. Welche Schemata beim explorierenden Lernen in welcher Reihenfolge erarbeitet werden, bestimmt ausschließlich der Lernende. Explorierendes Lernen bedeutet also nicht wahl- und zielloses Aufpicken von Schema-Details.

Während inzwischen eine Reihe von Tutorssystemen existieren, die die grundlegenden Gedanken intelligenter Tutorssysteme mehr oder weniger realisieren, z.B. der Geometrie-Tutor von [AnBo85]; STEAMER von [HoHu84] oder SOPHIE von [Brow82], existiert für den Bereich des explorierenden Lernens ein solches System nicht. Für seine Realisierung sind folgende Konstruktionsanforderungen zu berücksichtigen:

- 1) Strukturierte Stoffanordnung und Stoffübersicht mit der Möglichkeit, diesen Stoff beliebig zu bearbeiten: Während die Strukturierung des Stoffs den Erwerb und die Übertragbarkeit von Rahmenkonzeptionen auf neue Lernsituationen unterstützt, ermöglicht der beliebige Zugriff auf den Lernstoff dem Lernenden das Explorieren.
- 2) Unterschiedliche Grade von Unterstützung der Lernenden durch das System: Die Lernenden können sich den Grad der Unterstützung durch das Lernsystem auswählen. Im einen Extremfall erhält der Lernende keine Unterstützung, im anderen Fall der totalen Unterstützung bleiben dem Lernenden keine Eingriffsmöglichkeiten mehr.
- 3) Kopplung von Wissenserwerb und Wissensanwendung: Die Lernenden haben jederzeit die Möglichkeit, Wissen, das ihnen das Tutorssystem liefert, in der Originalsoftware anzuwenden. Dazu steht das Tutorssystem den Lernenden auch wissensspezifische Beispiele und Aufgaben zur Verfügung.

Diese Anforderungen wurden bei einem Tutorssystem realisiert, das dem Erlernen der Datenbanksoftware dBase dient. Dieser Aufgaben- und Anwendungsbereich wurde gewählt, da er

sowohl weitverbreitet wie auch in seiner zugrundeliegenden Struktur einfach zu verstehen ist. Man kann sogar davon ausgehen, daß jeder, der einmal mit Listen gelernt hat, für dBase die kognitiven Rahmenkonzeptionen mitbringt. (Allerdings ist darauf hinzuweisen, daß sich die Module dieses 2-Prozessor-Tutorsystems auch für andere Anwendungsbereiche eignen und nicht ausschließlich an die Software dBase gebunden sind.)

Das auffälligste Kennzeichen dieses Tutorsystems ist die Verwendung zweier gekoppelter Rechner.

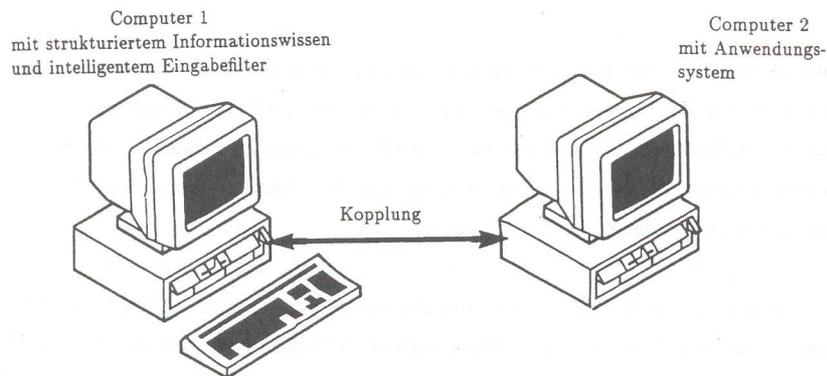


Abb. 8: Die gekoppelte 2-Computer-/2-Systeme-Anordnung für das explorierende Lernen

Auf dem rechten Rechner ist die zu erlernende Anwendersoftware installiert, auf dem linken Rechner die Tutorsoftware. Sie erlaubt dem Lernenden strukturiertes Informationswissen explorativ abzufragen und in vier verschiedenen Lernarten in der Originalsoftware anzuwenden und zu erproben. Das Tutorsystem kontrolliert dabei die Tastatureingaben auf Fehler, gibt sie bei Fehlerfreiheit an die Anwendersoftware weiter oder gibt Rückmeldung über den Fehler. An dieser Stelle kann der Lernende durch weitere Bearbeitung von Anleitungstexten oder Beispielen das zur Fehlerbehebung notwendige Wissen erwerben, ohne negative Konsequenzen, wie z.B. einen Systemabsturz oder Datenverlust, erwarten zu müssen.

Im Detail wurden bei der Systemgestaltung folgende Punkte beachtet:

a) Explorationsmöglichkeiten

Das Tutorsystem gibt keinen Lernweg vor. Ein einmal gewählter Lernweg kann jederzeit abgebrochen werden. Die vollständige Bearbeitung eines Kapitels wird angezeigt.

b) Fehlertoleranz

Die Eingaben des Lernenden werden nur dann an den dBase-Rechner weitergegeben, wenn sie entweder fehlerfrei sind oder nur solche Fehler beinhalten, die der Lernende in dBase korrigieren kann, wie z.B. Tippfehler beim Ausfüllen von Feldern. Eine fehlerhafte Eingabe, die dBase in einen nicht mehr zu korrigierenden Zustand versetzen würde, werden vom Tutorrechner abgefangen und nicht an den dBase-Rechner weitergeleitet.

c) Verschiedene Lernarten

Das Tutorssystem bietet dem Lernenden vier verschiedene Lernarten an, sein Wissen in der Originalsoftware zu erproben. Die vier Lernarten sind die Vorführung, das schrittweise Bearbeiten eines Beispiels, die Durcharbeitung einer Übung und die Abarbeitung einer Aufgabe. Diese Lernarten unterscheiden sich bezüglich der Explorationsmöglichkeiten des Lernenden und durch die Unterstützung, die der Lernende erhält.

Im Rahmen einer experimentellen Studie zum explorierenden Lernen versuchten wir folgende Fragenkomplexe zu klären:

- 1) Wie agieren Lernende in einer Lernsituation, die explorierendes Lernen erlaubt?
- 2) Welchen Effekt hat explorierendes Lernen für den Transfer auf neue Situationen und Aufgaben?

Um für die Lernenden gleiche Ausgangsbedingungen für die Arbeit mit dem jeweiligen Tutorssystem zu schaffen, wurde die Lernsituation mit dBase in ein Schulungskonzept eingegliedert. Dabei wurden vor dem eigentlichen Lernexperiment elementare Hard- und Softwarebegriffe mit Schulungsunterlagen erläutert, der Gebrauch der Tastatur an einer Textverbesserungsaufgabe geübt und Fragen zum bisherigen Umgang der Lernenden mit elektronischer Datenverarbeitung bearbeitet.

Die Probanden waren männliche Auszubildende der metallverarbeitenden Industrie. Sie hatten alle keine Vorerfahrung in der Nutzung der Datenbank-Software dBase. Zwölf der Probanden arbeiteten mit dem 2-Prozessor-Tutorsystem, acht mit dem zu dBase gehörenden Tutor. Die Teilnahme am Experiment erfolgte freiwillig während der Arbeitszeit.

Beide Lerngruppen hatten nach der Arbeit mit dem jeweiligen Tutorssystem acht Aufgaben in dBase zu bearbeiten. Sie waren aufgrund von Erfahrungen in dBase-Kursen so ausgewählt, daß über die Aufgaben eine mittlere Lösungswahrscheinlichkeit zu erwarten war. Fünf der Aufgaben waren ausschließlich mit dem durch den Tutor vermittelten Stoff zu lösen, während die drei anderen Aufgaben nur durch Transfer gelöst werden konnten.

Die Gruppe, die mit dem 2-Prozessor-Tutorsystem lernte, löste im Mittel 6 Aufgaben (Standardabweichung 1,3) während die Gruppe mit dem Standard-Tutor im Mittel nur 1,6 Aufgaben (Standardabweichung 1,8) löste. Für die Transferaufgaben findet man vergleichbare Mittelwertsunterschiede von 1,8 und 0,3 gelösten Transferaufgaben (Standardabweichung 0,45 vs. 0,3). Die Unterschiede sind in beiden Fällen statistisch bedeutsam.

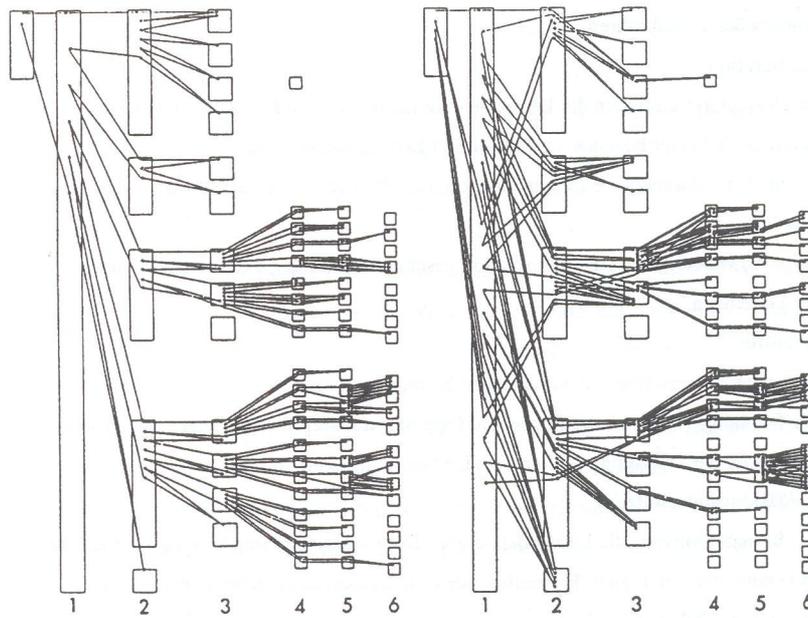
Bei der Anzahl der gelösten Aufgaben zeigt sich klar, daß durch die Lernumgebung des 2-Prozessor-Systems eine Effektivierung des Stofferwerbs möglich ist. Vor allem der Unterschied bei den gelösten Transferaufgaben macht deutlich, daß diese Effektivierung nicht ausschließlich als Mengeneffekt zu verstehen ist, sondern daß beim Lernen mit dem 2-Prozessor-System auch allgemeine bzw. generalisierbare Konzepte erworben werden, die der Anwendungssoftware zugrunde liegen.

Um genauer zu klären, welches Lernverhalten Probanden am 2-Prozessor-Tutorsystem zeigen, wurden detailliert die Lernwege der Probanden untersucht. Die Abbildungen 9a und 9b zeigen beispielhaft die Lernwege zweier Probanden, die systematisch bzw. unsystematisch den Lernstoff bearbeitet haben.

Allgemein weisen die Lernverläufe eine hohe Varianz im Explorationsverhalten auf. Im einzelnen bedeutet das, daß die Lernenden die Möglichkeit, in der Lernstoffmenge beliebig zu wählen, extensiv bei der Lernkapitel-Auswahl nutzen, aber nach erfolgter Kapitelwahl die Unterkapitel und ihre Anwendung in der dBase-Software relativ systematisch nutzen.

Die Überlegungen zur Bedeutung eines strukturierten Informationsangebotes für effektives Lernen legen nahe zu erwarten, daß auch die Lernvorgänge effektiver sind, die eine klar geordnete hierarchische Struktur aufweisen. Vergleicht man jedoch die Lernleistungen, speziell die Transferleistungen, die aufgrund der sehr unterschiedlichen Lernwege in Abbildungen 9a und b erreicht worden sind, stellt man sogar eine leichte Überlegenheit der unsystematischen Suche fest. Dieses auf den ersten Blick überraschende Ergebnis wird aber plausibel, wenn man davon ausgeht, daß der Lernende ja nicht als "unbeschriebenes Blatt" in die Aufgabe hineingeht, sondern durchaus schon Vorerfahrungen im Umgang mit Tabellen o.ä. hat, selbst wenn es sich nicht um computerunterstützte Systeme handelt. Die Verfügbarkeit von auf die-

ser Erfahrung basierenden Konzepten ermöglicht es nun, sehr schnell zu überprüfen, ob ein Konzept von dBase mit den Vorerfahrungen übereinstimmt oder nicht; im ersten Fall wird man den entsprechenden Bereich der Lernumgebung schnell wieder verlassen, muß jedoch ein neues Konzept erworben werden, dann sollte dies nicht nur isoliert "auswendig gelernt" werden, sondern in die entsprechenden Anwendungsaspekte eingepaßt. Dies läßt sich am besten durch eine kombinierte Horizontal- und Vertikalsuche erreichen.



- 1 = Ausgangsmenu
- 2 = Informationskapitel über Datenbanksysteme (entsprechend Fenster Mitte links)
- 3 = Detailinformationen über die Kapitel in Ebene 2 (großes Informationsfenster)
- 4 = Lernarten: Vorführung, Beispiel, Übung, Aufgabe (entsprechend Fenster links unten)
- 5 = Anwendung des Stoffes in dBase (rechter Bildschirm)
- 6 = Fehler in dBase

Abb. 9: Zwei Extrembeispiele für explorierendes Lernen: a) systematisch, b) unsystematisch.

Die Ziffern geben die verschiedenen Ebenen des hierarchisch angeordneten Lernstoffes an

Der Lernerfolg der Gruppe, die mit dem 2-Prozessor-System arbeitete, kann also darauf zurückgeführt werden, daß sie beim Lernen nicht nur isolierte Konzepte, sondern die zur Lösung von Datenbankaufgaben notwendigen Konzeptabfolgen erworben haben. Für diese Lerngrup-

pe spielt es dann bezüglich späterer Aufgaben oder Anwendungen keine Rolle, ob sie den Stoff systematisch oder unsystematisch bearbeitet haben.

So gesehen kann exploratorisches Lernen als Erwerb der Invarianten eines Konzepts (oder auch Schemas) verstanden werden, indem einerseits die Anwendbarkeit eines Konzepts auf verschiedene Aufgaben vom Lernenden getestet, andererseits irrtümlich angenommene Konzepteigenschaften verworfen werden.

Die Wirksamkeit eines Lernsystems, das explorierendes Lernen erlaubt, läßt sich auf folgende Einflußgrößen zurückführen:

a) Exploration

- Durch Explorieren finden die Lernenden die Invarianten im Lernstoff, indem sie intentionale Fehler begehen und aus diesen Konsequenzen lernen.
- Die im Tutor dargebotene Information kann direkt in der Originalsoftware angewandt werden.
- Diese Anwendung der Tutorinformation geschieht in Abhängigkeit vom Lernstand der Lernenden.

b) Transfer

- Die Lernenden erwerben nicht nur starre Kommandofolgen
- Die Trennung von Tutoroberfläche und Originalsoftware-Oberfläche ermöglicht den Lernenden die Trennung von Lern- und Anwendungssituation.

c) Gedächtnisunterstützung

- Das System motiviert die Lernenden, eigene Systembeschreibungen (mögliche andere Anwendungen, Analogien, Formulierungen) im System zu speichern und für spätere Anwendungsfälle bereitzuhalten.

Das System erlaubt Lösungswege zu sichern, die nicht mehr rational rekonstruiert, sondern nur noch erinnert werden können.

Die Lernwirksamkeit des 2-Prozessor-Tutorsystems bestätigt die theoretischen Überlegungen, daß aktive Lernsituationen effizienten Wissenserwerb und die Übertragbarkeit dieses Wissens auf neue Situationen erlauben. Unter pragmatischen Gesichtspunkten fordert sie die Überlegung heraus, ob in allen Anwendungsfällen, für die intelligenten Tutorsysteme entwickelt werden, der Aufwand im Vergleich zur beschriebenen Alternative gerechtfertigt ist. Denn eines sollte man bei aller technologischen Entwicklung nicht vergessen: Lernen bedeutet für die Lernenden selbst aktiv zu sein, der Nürnberger Trichter [Carr90] ist noch nicht erfunden.

4. Fallbeispiel 3: Ein Informationssystem für Marktforschung

4.1 Allgemeine Problemlage

Ein klassisches Problem für die Führung von Unternehmen ist die Koordination von Produktion, Lagerhaltung, Vertrieb und Abrechnung, also die Logistik von Rohstoffen, Produkten und Informationen. Während noch vor vergleichsweise kurzer Zeit das Hauptproblem der Logistik im Transport bzw. in der Bereitstellung von Waren bestand, verlagert sich heute mehr und mehr das Problem der Logistik auf die Bereitstellung und Verarbeitung von Information über den Planungs-, Produktions- und Controlling-Bereich. Einer der Hauptgründe für diese Entwicklung ist die Diversifikation des Marktes, in der Marktvorteile vor allen Dingen dadurch erreicht werden können, daß zuverlässige Information über alle o.g. Bereiche zur Verfügung stehen und ein optimales Verhalten ermöglichen; dies ist eine Hauptvoraussetzung für das Organisationskonzept, das dem 'Re-Engineering' entspricht. Es ist daher als Zeichen der Zeit zu verstehen, wenn Ende der 80er Jahre der Nobelpreis für Wirtschaftswissenschaften an Debreu/Berkeley verliehen wurde, weil dieser mathematisch nachgewiesen hat, daß eine Marktstruktur dann und nur dann optimale Versorgung ermöglicht, falls allen Teilnehmern des Marktes vollständige Information über den Markt zugänglich ist.

Angesichts der Datenmengen, die in der Zwischenzeit dank der Registrierung und Verarbeitung durch EDV zugänglich sind, entsteht an dieser Stelle das Problem einer Überfülle von Daten, die aber insofern keine echte Information darstellen, da sie den menschlichen Informationsverarbeiter überfordern; man denke nur an die Datenmengen, die täglich Dank der EDV-gestützten Registrierung der Kaufvorgänge anfallen.

Mit der Einführung der EDV in Betrieben und Verwaltungen seit über 40 Jahren hatte man sich eine erhebliche Steigerung der Produktivität in Herstellung und Dienstleistung erwartet, diese ist jedoch aus den genannten Gründen bislang ausgeblieben; legt man jedoch die Einführung der Elektrizität als technologischen Vergleichsfall für die zu erwartende Effektivitätssteigerung an, dann stellt man fest, daß auch dort erst mit Ende des 1. Weltkriegs, also 40 Jahre nach Einführung, ein spürbarer Produktivitätseffekt dieser Technologie sichtbar geworden ist.

Der Grund für diese Entwicklung liegt darin, daß die Methoden zur Datenanalyse nicht im gleichen Umfang effizienter geworden sind wie die durch EDV anfallenden Datenmengen.

Bei diesen Datenmengen steht der Nutzer vor zwei Problemen, die sich am besten mit Problemen der menschlichen Wahrnehmung illustrieren lassen: Zum einen lassen die Datenmengen nicht erkennen, was zufällige Fluktuation und was bedeutsame Information ist; so sieht man in Abbildung 10 zunächst nur ein zufälliges Muster von schwarzen und weißen Flecken, erst der Hinweis auf einen Dalmatinerhund macht diesen 'sichtbar'.¹



Abb. 10: Muster nach B. Julesz

Zum zweiten muß die vorhandene Datenmenge für 'reporting' und 'controlling' genau so reduziert werden, daß ein vorhandenes Muster erhalten bleibt, aber die Datenmenge überschaubar wird; hier sind Modellvorstellungen über den Gegenstand notwendig, die umso effizienter sind, je besser sie an der Realität orientiert sind. Greift man bei einer detaillierten Strichzeichnung z.B. die Punkte größter Krümmung heraus und verbindet sie, dann bleibt die Ursprungsinformation selbst bei einer Reduktion 200:1 gut erhalten (s. Abbildung 11).

¹Die Fläche des Dalmatiners unterscheidet sich vom Hintergrund nicht in der durchschnittlichen Farbverteilung (Mittelwert), sondern im Verteilungsmuster (höhere statistische Momente der Verteilung).

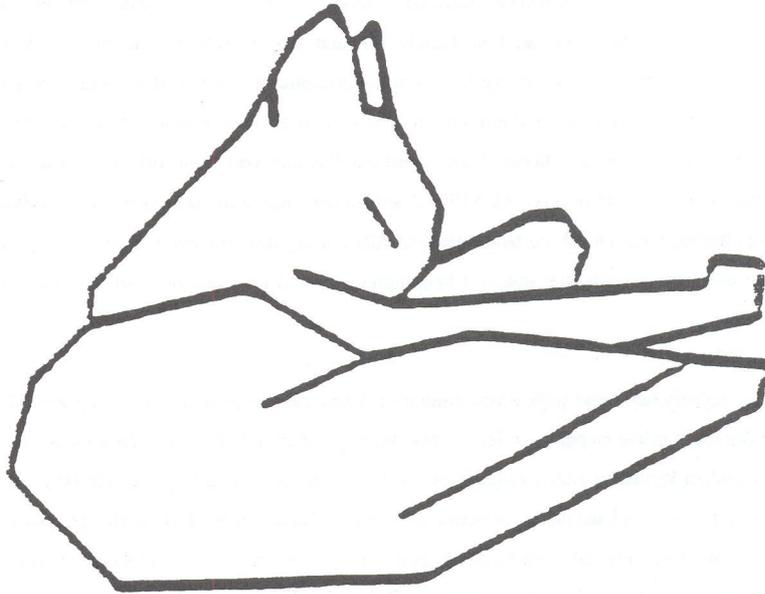


Abb. 11: Muster nach F. Attneave

Daß bei der üblichen Darstellung von Daten die oben angeführten effektiven Mechanismen der menschlichen Wahrnehmung nicht ausreichen, zeigt das Volumen der ständig zu berücksichtigenden Marktforschungsdaten, wo pro Produkt in jeder Zeiteinheit 8 oder mehr bis zu vierstellige Zahlen simultan verarbeitet werden müssen. Da die menschliche Informationsverarbeitungskapazität auf 7 ± 2 Einheiten pro Zeiteinheit beschränkt ist und auch graphische Darstellungen nicht beliebig Information komprimieren können, sind ohne Hilfsmittel nicht mehr als 3 Produkte vergleichbar und auch nur dann, wenn die Daten direkt nebeneinander stehen. Diese Daten müssen daher einer rechnergestützten Analyse unterzogen werden, die alle repetitiven und schematischen Arbeiten im Sinne der MABA-MABA-Liste von Tabelle 1 durchführt, um damit die typisch menschlichen Leistungen (Abb. 10 und 11) zu unterstützen.

4.2 Alternative 1: Expertensysteme

Eine Möglichkeit, diesen Problemen zu begegnen, hat man seit Mitte der 70er Jahre darin gesehen, sog. Expertensysteme zu erstellen. Diese Systeme bestehen aus einer Liste von Regeln, die das Vorgehen von menschlichen Experten widerspiegeln sollen. Als Endergebnis soll ein solches Expertensystem die anfallenden Datenmengen nicht nur genauso gut auswerten kön-

nen, wie ein menschlicher Experte (aus Marketing oder Produktion), sondern besser, weil dieses System nämlich in der Lage ist, beliebige Datenmengen ohne Ermüdung oder Vergessen fehlerfrei zu bearbeiten. Solche Systeme sind ursprünglich für die Modellierung medizinischer Experten entwickelt worden, dann jedoch sehr schnell auf den Wirtschaftsbereich übertragen worden: Das System "PROSPECTOR" dient der Planung von Bohrvorhaben für die Erdölindustrie oder das System "TAXADVISOR" soll in der Lage sein, die fiskalischen Probleme eines Betriebes automatisch zu bearbeiten. Die Erfahrung mit solchen Systemen hat jedoch gezeigt, daß ihre Anwendung nur von begrenztem Nutzen ist. Dies liegt an folgenden Problemen:

1. Sprache

Expertensysteme gehen von eindeutig definierten Begriffen aus, die speziell der Nutzer, der nicht selbst Experte ist, leicht mit umgangssprachlichen Begriffen gleichsetzt, für die die gleichen Worte benutzt werden. Doch selbst der menschliche Experte benutzt Fachtermini mit einer gewissen Unschärfe; so bedeutet "schnelle Reaktion auf Entwicklungen bei Konkurrenten" in Abhängigkeit vom betrieblichen oder produktbezogenen Kontext einen Zeitraum zwischen einer Woche und zwei Jahren (z.B. bei der Automobilindustrie), während in einem Expertensystem entweder eine klare Information vorliegen muß oder aber die Unschärfe präzise modelliert werden muß wie z.B. im Rahmen des "fuzzy reasoning".

2. Kontrolle

Bei der Nutzung eines Expertensystems ist es üblicherweise nicht möglich, exakt nachzuvollziehen, wie dieses System zu einer spezifischen Problemlösung gekommen ist, so daß der Anwender nicht mehr selbst die Kontrolle über die Problemlösung hat, sondern sie vollständig an das System abgeben muß.

3. Anwendungsmöglichkeiten und Grenzen des Systems

Um ein Expertensystem effizient anwenden zu können, ist es vor allen Dingen notwendig, die Grenzen dieses Systems zu kennen, d.h. genau die Probleme definieren zu können, für die das Expertensystem gute oder hinreichende Antworten gibt. Gerade komplexe Expertensysteme, die für eine Vielzahl von Problemen geeignet sein sollen, weisen jedoch nicht mehr die Transparenz auf, um ihre Grenzen der Anwendung zu erkennen.

4. Berücksichtigung der Kompetenz des Nutzers

Expertensysteme sind üblicherweise nur für einen spezifischen Typ des Nutzers entworfen. Wenn dieser Nutzer - möglicherweise in Interaktion mit dem Expertensystem - sich weiter entwickelt, also selbst weitere Expertise erwirbt, dann ist dieses System für ihn nur noch von

geringem Nutzen. Ähnliches gilt für einen Nutzer, der ein höheres oder niedrigeres Kompetenzniveau hat als vom Expertensystem angenommen; in diesen Fällen wird der Nutzer entweder überfordert oder mit Trivialitäten gelangweilt.

Anfang der 80er Jahre ist von japanischen Wissenschaftlern das Projekt "Computer der 5. Generation" (VLSI = Very Large System Integration) entwickelt worden mit dem Ziel, Grundlagen für EDV-gestütztes Management und Produktion zu schaffen. Dabei bestand die Grundüberlegung darin, so viel wie möglich menschliche Intelligenz, d.h. die Fähigkeit zum Problemlösen in die Rechner selbst zu integrieren.

Optimisten vertraten die Ansicht, daß diese Computer z.B. in der Lage sein würden, auf die Anfrage, "gib mir an, wann und zu welchem Preis ich die Aktien meines Portfolios verkaufen bzw. durch Zukäufe ergänzen sollte, um den Wert zu maximieren" in der Lage sein würde, besser als jeder Börsenmakler effiziente Information zu geben. Aufgrund der Arbeitsplatzmodellierung von Börsenmaklern hat man tatsächlich computergestützte Systeme für den An- und Verkauf von Aktien entwickelt.

Der große Nachteil dieses Vorgehens wurde aber beim letzten New Yorker Börsencrash deutlich, weil alle computergestützten Programme nach denselben Kriterien ihre Aktionen optimierten, schaukelten sich die negativen Effekte auf und das gesamte Börsensystem wurde instabil, weil es zu homogen war. Der Entschluß der amerikanischen Börsenaufsichtsbehörde (SEC), durch Verbote bzw. Einschränkungen den Einsatz von Computern im Börsenhandel zu regulieren, ist ein typisches Beispiel von administrativen Reaktionen auf Fehlentwicklungen, wobei nämlich nicht den konzeptuellen Ursachen nachgegangen wird, sondern lediglich die Auswirkungen dieser durch Ver- und Gebote eingeschränkt werden. Stattdessen wäre es notwendig gewesen, die strukturellen Gegebenheiten hinter diesem Börsencrash zu untersuchen und diese liegen ganz eindeutig in einer falschen Sicherheitsphilosophie, die durch die folgenden Punkte charakterisiert ist:

1. Es gibt eine und nur eine beste Lösung.
2. Ist diese Lösung gefunden, dann muß sie immer und überall angewendet werden.
3. Das Finden der besten Lösung ist unabhängig von Hardware und Software, soweit nur die gleichen Daten und Regeln eingehen, daher

4. ist es nicht notwendig, eine einmal gefundene Optimallösung auf anderen Wegen bestätigen zu lassen.
5. Die Intelligenz des Nutzers eines solchen Systems besteht dann darin, diesem blind zu vertrauen.

Wie extrem Expertensysteme 'over reliance' erzeugen, also die Tendenz, die Ergebnisse auch dann als richtig zu akzeptieren, wenn sie der Plausibilität und damit der individuellen Expertise widersprechen, zeigt der Fall der chilenischen staatseigenen Firma Codelco; J.P. Davila programmierte das Expertensystem für die Verwaltung des Portfolio so, daß an einer Stelle 'verkaufen' anstelle von 'kaufen' eingesetzt war, der Fehler wurde erst bemerkt, als schon Verluste in Höhe von 0.5 % des chilenischen Bruttosozialprodukts erreicht waren.

Diese praktischen negativen Erfahrungen mit Expertensystemen haben dazu geführt, einmal genauer nachzufragen, was denn eigentlich die Rolle solcher oder ähnlicher Systeme sein kann. Dabei hat man festgestellt, daß anders als bei den impliziten Annahmen in Expertensystemen das Ziel für den Anwender üblicherweise nicht darin besteht, eine eindeutige und auf klare "wenn-dann"-Regeln zurückführbare Problemstruktur zu entwickeln, sondern für komplexe und vielfach auch gar nicht voraussagbare Situationen Ratschläge dafür zu erhalten, was man bei Entscheidungen an Informationen in Betracht ziehen sollte. Es hat sich in diesem Kontext auch herausgestellt, daß man nicht wie in der industriellen Automatisierung, wo eine handwerkliche Fertigung durch einen Roboter übernommen wird, den Experten durch eine Maschine ersetzen kann, da diese aus den o.g. Gründen viel zu unflexibel und eingeschränkt ist. Die Rolle des Computers ist hier nicht mehr der Ersatz für den Experten, sondern die eines optimal unterstützenden Werkzeuges.

4.3 Alternative 2: Entscheidungsunterstützende Systeme

Notwendig ist stattdessen die Entwicklung von Systemen, die bei der Entscheidungs- oder Strategiefindung "beraten", indem sie nämlich die Datenfülle, die für ein Problem relevant sein kann, aber die Verarbeitungskapazität des Experten übersteigt, so in Informationseinheiten übersetzt, daß eine kompetente Unterstützung des Entscheiders möglich wird. In einem solchen System wird dem Experten also nicht seine Kompetenz "weggenommen", sondern dadurch verstärkt, daß die Daten so aufbereitet werden, daß sie direkt das Expertenurteil stützen. Dies läßt sich an dem Beispiel der Abbildung 11 sehr gut verdeutlichen. Ein Expertensystem würde die Strichzeichnung, auf der eine Katze dargestellt ist, aufwendig mit Methoden

der automatischen Bilderkennung analysieren und am Ende das Wort "Katze" ausdrucken. Ein entscheidungsunterstützendes System bestimmt mit sehr viel geringerem analytischen Aufwand die Punkte innerhalb des Bildes, die besonders informationshaltig sind. Dabei wird sogar noch weitere Information ("Tier liegt entspannt") erhalten, über die der Empfänger dieser Informationen jetzt selbst entscheiden kann, ob sie in dem jeweiligen Kontext von Bedeutung sind oder nicht.

Die Erfahrungen mit Expertensystemen und die weiteren angeführten Gründe machen es plausibel, warum aus meiner Sicht die Entwicklung von Entscheidungsunterstützungssystemen sinnvoller erscheint, die dem potentiellen Anwender nicht fertige Entscheidungen liefern, sondern ihn "lediglich" darin unterstützen, aus den vielen Daten die für die Entscheidungen notwendigen Informationen zu filtern. Für die Anwendung auf das Problem des Informationsmanagements ist es notwendig, den Geschäftsablauf, wie er den Hintergrund für alle Entscheidungen des Anwenders darstellt, als Netz von vielen sich gegenseitig beeinflussenden Bedingungen zu modellieren, so daß der Anwender nicht mit der riesigen Datenmenge konfrontiert wird, die ihm nur sagt, daß alles genau so ist, wie er es schon immer gewußt hat, sondern seine Aufmerksamkeit auf die Situationen, Konstellationen oder Produktgruppen richtet, die sich im Markt anders verhalten, als es der normale Geschäftsablauf erwarten läßt. Denn nur diese Situationen erfordern Entscheidungen, d.h. unternehmerische Aktionen, wobei bei den Experten die volle Kompetenz verbleibt, darüber zu entscheiden, welche Priorität diese einzelnen Aktionen haben sollen und ob nicht auch das eine oder andere dieser Ergebnisse auf Faktoren zurückzuführen ist, die der Experte kennt, aber nicht im Modell des Geschäftsablaufs niedergelegt ist. Gerade der letztere Punkt macht es deutlich, weswegen bei der Modellierung des Geschäftsablaufs nicht das Ziel sein kann, alle Komplexitäten widerzuspiegeln, sondern ein Netz von Bedingungen geschaffen werden muß, das einerseits hinreichend spezifiziert ist für die Datenanalyse, aber andererseits auch nicht so komplex ist, daß es an Transparenz verliert und damit in seiner Effizienz und Bedeutung nicht mehr vom Experten beurteilt werden kann.

Die Charakteristika eines solchen entscheidungsunterstützenden Werkzeuges bestehen darin, daß ihre Funktionalität für den Nutzer uneingeschränkt durchschaubar ist, daß die Interaktion zwischen Nutzer und Werkzeug so gestaltet ist, daß der Nutzer jederzeit die volle Kontrolle besitzt, und daß schließlich das Werkzeug die und nur die Aktionen automatisch durchführt,

die Routine sind, d.h. vollständig durchschaubar und durch eine Rechenvorschrift oder mechanische Realisierung dargestellt werden können, aber den Nutzer physisch oder psychisch dadurch überfordern, weil zu große Kräfte oder zu große Datenmengen manipuliert werden müssen.

Diese Vorstellung eines informationsverarbeitenden Systems als eines Werkzeugs, das einer modernen Sicherheitsphilosophie genügt und die Expertise des Nutzers nicht nur nicht reduziert, sondern sie systematisch und interaktiv ausbaut, lag der Entwicklung des Systems ANALYST für die Bahlsen AG zugrunde. In diesem System werden die umfangreichen Datenmengen, die in der Marktforschung anfallen, durch ein Bedingungsnetz analysiert, das die konkreten Geschäftsabläufe, wie sie jedem Experten vertraut sind, modelliert.

Ein solches System überprüft also jede Veränderung in den Daten darauf, ob sie sich durch das bekannte Netz der Geschäftsabläufe und weitere Fakten über den Markt erklären lassen. Entspricht ein Datenmuster also voll den "Erwartungen" des Systems, wird es als Bestätigung des bisherigen Wissens klassifiziert, das keine neuen planerischen Entscheidungen erfordert. Weicht dagegen ein Muster signifikant von den Erwartungen ab, dann wird der Experte darauf hingewiesen, daß hier ein Fall vorliegt, der einer besonderen und spezifischen Analyse bedarf, wie es nur der menschliche Experte vermag. Der Experte selbst kann entscheiden, wie sensibel das System in seiner Analyse sein soll, ob es z.B. nur die fünf statistisch bedeutsamsten Abweichungen angeben sollte oder alle Abweichungen, die eine bestimmte Prozentschwelle überschreiten.

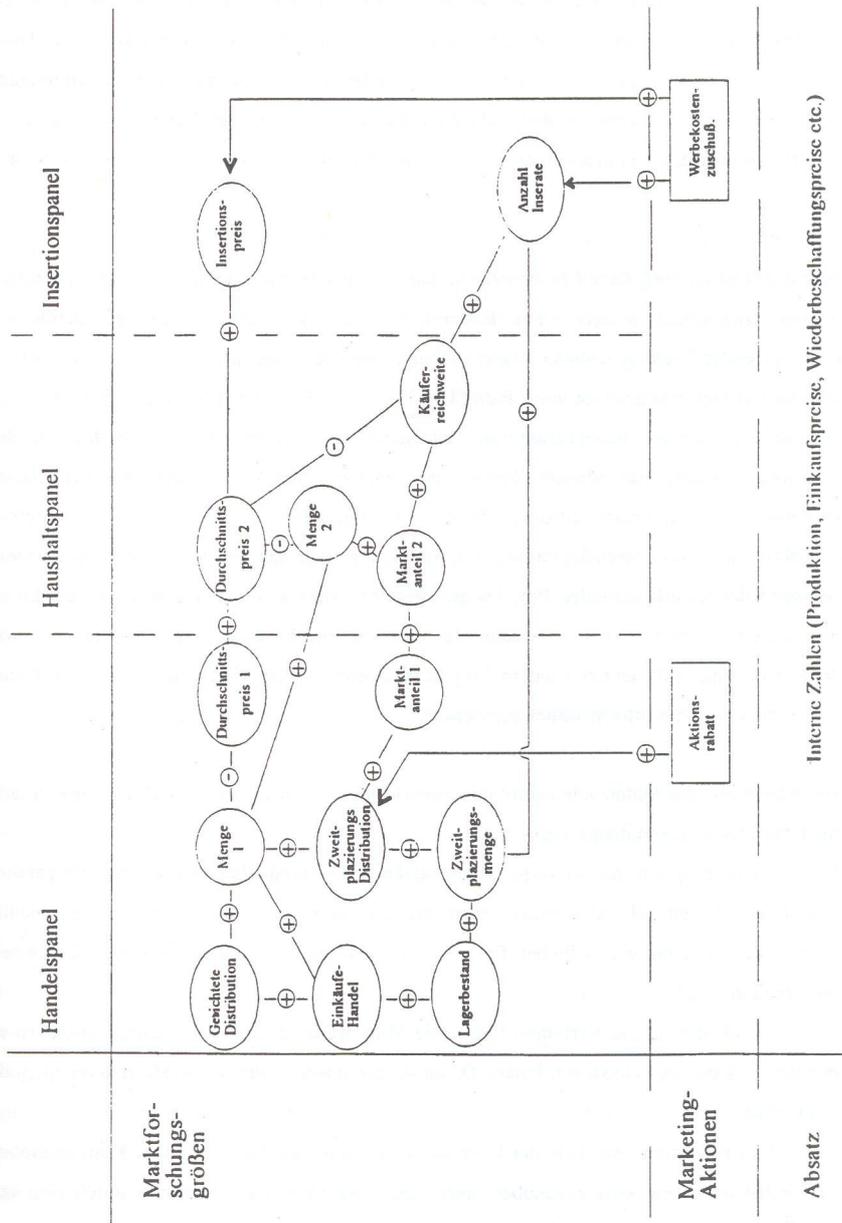


Abb. 12: Netzwerk für die Beziehung zwischen Marktforschungsdaten, Marketing-Aktionen und Absatz

Durch den Werkzeugcharakter dieses Systems, das nur in Interaktion mit dem menschlichen Experten arbeitet, ist ein weiterer Vorteil dieses Vorgehens gegeben, denn das System kann aufgrund der Erfahrungen des Nutzers evolutiv verbessert werden, d.h., daß die Optimalgestaltung zu einem bestimmten Zeitpunkt nicht für alle Zeiten festgeschrieben wird, sondern sich dynamisch den Veränderungen in den Geschäftsabläufen oder Marktcharakteristika anpassen kann.

Abschließend ist noch darauf hinzuweisen, daß die Entscheidung darüber, ob man das Informationsmanagement mittels eines Expertensystems oder mittels eines entscheidungsunterstützenden Systems realisiert, davon abhängt, welche "Unternehmensphilosophie" bzw. -struktur auf Dauer angestrebt wird. FORTUNE (Nr. 9, 13.6.1994) hat die Implikationen unterschiedlicher Unternehmensstrukturen untersucht und kommt zu dem Ergebnis, daß die traditionelle, streng hierarchische Struktur eine andere Form des Informationsmanagements impliziert als die alternative Struktur, die dem "re-engineering" entspricht; es ist unmittelbar einsichtig, daß eine Unternehmensstruktur, die nicht primär hierarchisch, sondern den Anforderungen des jeweils aktuellen Projekts gemäß strukturiert wird, am besten durch ein Informationssystem unterstützt werden kann, das einerseits die Konzeptionen der Beteiligten widerspiegelt, und zum anderen jedem Projektmitarbeiter jeweils den vollen Zugriff auf entscheidungsrelevante Informationen ermöglicht.

Die Ergebnisse der Untersuchungen und Entwicklungen zum Projekt ANALYST lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

1. Es ist möglich, die Marktforschungsdaten unterschiedlicher Quellen der Datenerhebung (z.B. Nielsen- oder Gfk-Panel) zu integrieren, selbst wenn die Daten zu unterschiedlichen Zeiten, mit unterschiedlicher Frequenz und in unterschiedlichen Datenbanksystemen niedergelegt sind.
2. Durch statistische Verfahren (gleitende Mittelwertbildung bzw. Interpolation) ist es möglich, aus den verschiedenen Panels Daten für die jeweils interessierende Referenzperiode zu erhalten.
3. Es ist möglich, mit Hilfe der EDV automatisch all die Markt-Produkt-Kombinationen zu identifizieren, die sich gegenüber einem festgelegten Referenzzeitraum durch eine bestimmte prozentuale Veränderung unterscheiden (dabei kann der Analytiker selbst bestimmen, welche Unterschiedsschwelle für ihn von Interesse ist); daneben ist es auch möglich, die auf-

grund der statistischen Eigenschaften als besonders bedeutsam anzusehenden Markt-Produkt-Kombination herauszusuchen (hierbei gibt der Analytiker die Anzahl der ihn/sie interessierenden Kombinationen an).

4. Die festgestellten Unterschiede werden darauf untersucht, inwieweit sie mit Veränderungen der Referenzprodukte (im 'relevant set') anderer Hersteller übereinstimmen (horizontale Analyse)
5. Innerhalb des Produktangebots eines Anbieters kann festgestellt werden, ob eine bei einem Einzelprodukt festgestellte Veränderung eine gesamte Produktschiene oder einen Teil davon betrifft oder ob eine Markt-Produkt-Kombinationsveränderung durch das Verhalten einer bestimmten Vertriebsschiene oder Region erklärt werden kann (vertikale Analyse).
6. Abschließend erfolgt eine Überprüfung, inwieweit die beobachteten Veränderungen mit dem Wirkungsgefüge kompatibel sind, das der Marktanalyse zugrunde liegt, also ob die marktorientierten Wirkungsannahmen den aktuellen Gegebenheiten entsprechen.

Ein Vergleich mit anderen Analysesystemen für Marktforschungsdaten (z.B. PANELIZER der Fa. GfK) zeigt, daß die in diesem Projekt entwickelte Funktionalität des Analysesystems in folgenden Punkten überlegen ist:

1. Die Integration unterschiedlicher Panels,
2. die statistische Analyse von Zusammenhängen und Veränderungen,
3. Die Analyse mit Hilfe eines marktorientierten Wirkungsmodells.

Diese Vorteile ermöglichen die Implementation des entwickelten Prototypen eines Analysesystems mit dem Ziel des Informationsmanagements im Marketingbereich und der Entscheidungsunterstützung in Marktforschung und Marketing.

5. Zusammenfassende Bewertung

Aus den drei angeführten Beispielen wird m.E. deutlich, daß bei der Frage der optimalen Passung von Menschen und Maschinen die Humanwissenschaften zentral gefordert sind. Zur Lösung dieser Aufgaben, die zweifellos mit darüber entscheiden werden, ob unsere Wirtschaft kompetitiv bleiben kann, ist sehr viel stärker als bisher die "menschliche Seite" zu berücksichtigen, die bisher hinter dem technisch Machbaren oder Wünschenswerten zurückgestanden hat. So ist m.E. die Krise der deutschen Automobilindustrie auch darauf zurückzuführen, daß die Zielsetzung "Mobilität" (im klassischen Sinne eine Aufgabe für ein Mensch-Maschine-System) zu wenig daraufhin untersucht worden ist, welche konkreten Implikationen

sie denn für den Nutzer hat und wie Fahrzeuge und Verkehrssysteme gestaltet werden müssen, daß für dieses Ziel im Konflikt mit anderen Zielen (wie z.B. Unfall- und Schadstoffbelastungsminimierung) ein optimaler Kompromiß gefunden werden kann. Dieses Beispiel zeigt auch, daß eine Einbeziehung der Humanwissenschaften in die Gestaltung von Mensch-Maschine-Systemen über die "Humanisierung des Arbeitsplatzes" hinaus ein erhebliches Potential für Produktivitätssteigerungen und die effiziente Entwicklung strategischer Ziele hat.

Auf der anderen Seite werden die Humanwissenschaften diese Beiträge aber nur dann einbringen können, wenn sie bereit sind, sich auf die Sprache und Denkweise von Ingenieuren und Informatikern einzulassen; ansonsten bleibt es dabei, daß von Humanwissenschaftlern schöne aber inpraktikable Utopien entwickelt werden, denen auf der anderen Seite technisch optimale, aber nicht mehr beherrschbare Systeme gegenüberstehen.

Zum Abschluß noch ein Ansatz zu einer kritischen Betrachtung der Mensch-Maschine-Beziehung: Auf den ersten Blick liegt die Optimierung des Mensch-Maschine-Systems darin, daß die kreativen, formschaffenden und formsensiblen Qualitäten der Systemkomponente "Mensch" möglichst eng mit den reliablen, detailgetreuen und datengesteuerten Qualitäten der Maschinen verknüpft werden. Im Idealfall, dann nämlich, wenn die Maschine aus allen vergangenen Mensch-Maschine-Interaktionen das künftige Verhalten des Menschen zuverlässig voraussagen kann, kann sich die Maschine jeweils optimal an die Bedürfnisse des Menschen anpassen (Selbstadaptierbarkeit). Betrachtet man aber die Unterschiede in der Adaptationszeit zwischen Mensch und Maschine, dann wird deutlich, daß die typisch menschliche Flexibilität gegenüber der starren aber reliablen Reaktionsweise von Maschinen zu einer "Versklavung" des Menschen im Sinne der Synergetik [Hake90] führt, also auf Dauer gerade zum Verlust der Kreativität, die im MABA-MABA-Vergleich den prinzipiellen Vorteil der Systemkomponente "Mensch" darstellt. Die ironische Konsequenz für die Gestaltung des Mensch-Maschine-Systems scheint darin zu bestehen, daß es dann optimal ist, wenn die gegenseitige Passung etwas weniger als perfekt ist.

Die herkömmliche Sicht der Mensch-Maschine-Beziehung wird am griffigsten im Motto der Weltausstellung von Chicago 1933 zum Ausdruck gebracht: Science finds, industry applies, man conforms; dem stellt [Norm93] das personenzentrierte Motto des 21. Jahrhunderts gegenüber: People propose, science studies, technology conforms; dies kann man als die Essenz des Begriffs der Benutzerfreundlichkeit verstehen. Ich will jedoch nicht verhehlen, daß ich dabei

ein gewisses Unbehagen verspüre, denn eine Maschine nach dem Zuschnitt dieses Mottos erweckt in mir die Assoziation eines rückgratlosen Lakaien. Aber es ist nicht nur ein dumpfes Unbehagen, das mich an Normans Motto des 21. Jahrhunderts zweifeln läßt: "Intelligente" Systeme dieser Art, die selbstadaptierend sind [Norm86], bergen in sich die Gefahr, positiv rückgekoppelte Mensch-Maschine-Systeme zu produzieren, in denen sich menschliche Fehlkonzeptionen aufschaukeln (s. [Körn91]), da - ohne zu diskriminieren - Korrektes wie Fehlerhaftes unterstützt wird. Meine Zielvorstellung tendiert zu einem Mensch-Maschine-System, in dem durch eine hinreichende 'Widerständigkeit des Gegebenen' eine Balance zwischen intelligenter Unterstützung und konsequenter Fehlerrückmeldung erreicht, indem dann nämlich der Nutzer die Kontrolle über ein hinreichend durchsichtiges System behält; etwas, was [Norm93] sicher im Sinn hatte, als er unter dem Motto des 21. Jahrhunderts "die Qualitäten des Menschlichen im Zeitalter der Maschine" verteidigen wollte.

Literatur

- [AnBo85] Anderson, J.R.; Boyle, C.; Yost, G.: The geometry tutor. Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence. Los Angeles 1985, CA.
- [BrBu75] Brown, J.S.; Burton, R.R.: Multiple representation of knowledge for tutorial reasoning. In: D. Bobrow & A. Collins (eds.) Representing and understanding: Studies in Cognitive Science. New York 1975, Academic Press.
- [BrBe82] Brown, J.S.; Bell, A.: SOPHIE: A Sophisticated Instructional Environment for Teaching Electronic Troubleshooting. In: D. Sleeman and J.S. Brown (eds.) Intelligent tutoring systems. Cambridge 1982, MA, Academic Press.
- [Carr90] Carroll, J.M.: The Nurnberg funnel: Designing minimalist instruction for practical computer skill. Cambridge 1990, MA, The MIT Press.
- [FrIn] Fraunhofer-Institut: Ergonomische Tastaturgestaltung für Arbeitswirtschaft und Organisation.
- [GoRa88] Gopher, D.; Raij, D.: Typing with a two-hand chord keyboard: Will the QWERTY become obsolete? IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 18 (1988), 601-609.
- [Gric75] Grice, H.P.: Logic and conversation. In: P. Cole & J.L. Morgan (Eds.) Syntax and semantics, 3. New York 1975, Academic Press.
- [Grud83] Grudin, J.T.: Error patterns in novice and skilled transcription typing. In: W.E. Cooper (Ed.) Cognitive aspects of skilled typewriting. New York 1983, Springer.

- [HoHu84] Hollan, J.; Hutchings, E.; Weitzman, L.: STEAMER: An Interactive Inspectable Simulation-Based Training System. AI Magazine 1984, Summer.
- [Kloc26] Klockenberg, E.A.: Rationalisierung der Schreibmaschine und ihrer Bedienung. Berlin 1926, Springer.
- [KöZi88] Körndle, H.; Ziegler, S.; Zimmer, A.C.: Lernen durch Explorieren am Computer ein 2-Prozessor-System für dBase. Referat auf der 30. Tagung experimentell arbeitender Psychologen in Marburg 1988.
- [KöZi91] Körndle, H.; Zimmer, A.: Vom Anfänger zum Könnler. Eine Studie zum explorierenden Lernen am und mit dem Computer. Medienpsychologie, 3 (1991), 197-214.
- [Lanc75] Lanc, O.: Ergonomie. Urban-Taschenbücher, Band 197. Stuttgart 1975, Kohlhammer.
- [LiNo77] Lindsey, P.H.; Norman, D.A.: Human information processing. New York 1977, Academic Press.
- [Norm86] Norman, D.A.: Cognitive engineering. In: D.A. Norman, S.W. Draper (Eds.) User centered system design. Hillsdale 1986, N.J., Lawrence Erlbaum Ass.
- [Norm88] Norman, D.A.: The psychology of everyday things. New York 1988, Basic Books.
- [Norm93] Norman, D.A.: Things that make us smart. Reading 1993, Mass., Addison-Wesley Publ. Co.
- [Petr93] Petroski, H.: The evolution of useful things. New York, Alfred A. Knopf.
- [Reas90] Reason, J.T.: Human error. Cambridge 1990, Mass., Cambridge University Press.
- [RuNo82] Rumelhart, D.E.; Norman, D.A.: Simulating a skilled typist: A study of skilled perceptual motor performance. Cognitive Science, 6 (1982), 1-36.
- [Zimm86] Zimmer, A.C.: The economy principle, perceptual mechanisms and automated cognitive processes. Gestalt Theory, 8 (1986), 174-185.
- [Zimm89] Zimmer, A.C.: The conceptualization of explanatory intervention in a dynamic human-computer interaction. In: Ch. Ellis (Ed.) Expert knowledge and explanation. Chichester 1989, Ellis Horwood Ltd.