

Lernen an einem Textkommunikationsgerät: Wissenserwerb und Handlungsfehler

Dutke, Stephan

First published in:

A&O Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 31. Jg., Heft 3, S. 100 - 107, Stuttgart 1987, ISSN 0932-4089

Münstersches Informations- und Archivsystem multimedialer Inhalte (MIAMI)

URN: urn:nbn:de:hbz:6-69329481279

Stephan Dutke

Lernen an einem Textkommunikationsgerät: Wissenserwerb und Handlungsfehler¹

Dokumentation: Dutke, S.: Lernen an einem Textkommunikationsgerät: Wissenserwerb und Handlungsfehler. *Psychologie und Praxis. Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 1987, 31 (N. F. 5), 3, S. 100–107

Schlagwörter: Mensch-Computer Interaktion, Textverarbeitungssysteme, Handlungsfehler, Wissenserwerb, Computertaining

Zusammenfassung

Es wird ein Modell der Beziehung zwischen Wissen und Handlungsfehlern dargestellt, dem zwei Laboruntersuchungen über das Lernverhalten von Benutzern an einem Textbearbeitungs- und -kommunikationsgerät folgen. Im Mittelpunkt steht die Beziehung zwischen dem Erwerb von Wissen über das System und der Entstehung von Handlungsfehlern bei der Arbeit mit dem Gerät. Diese Beziehung veränderte sich mit zunehmender Erfahrung der Versuchspersonen: Anfänger zeigten ein explorierendes Lernverhalten. Aus konkreten Einzelerfahrungen entstanden mit zunehmender Übung Handlungsschemata. Fortgeschrittene Benutzer verfügten über schematisches Handlungswissen, aus dem sie Anwendungen auf neue Aufgaben ableiten konnten. Aus den Untersuchungsergebnissen werden praktische Empfehlungen für die Gestaltung von Unterweisungsmaterialien und für die Durchführung von Schulungsmaßnahmen abgeleitet.

Abstract

A theoretical model relating to users' knowledge of how to operate a text processing and text communication device is described. Methodology and results of two laboratory studies investigating how subjects learn to use this system are reported. Data on knowledge were assessed independently from data on performance. Data analysis is focused on the relationship of knowledge about the system and errors in planning and executing actions. This relation was found to change with growing experience of the subjects. Novices showed an explorative style of learning; action schemes were induced from separated experiences accomplishing specific tasks. More experienced users were able to derive new applications from generalized and verbalizable knowledge. The results serve as a basis for practical suggestions concerning the design of instructional materials and the organization of training.

1 Fragestellung

Im Vergleich zu früheren Arbeitsmitteln führt die Benutzung moderner Textverarbeitungs- und Textkommunikationssysteme zur Abnahme des Anteils motorischer Operationen an der Gesamtbearbeitungszeit sowie zu einer Erhöhung des Anteils kognitiver Operationen (FISCHER, 1986). Der Erwerb von Wissen über die Bedienung des Systems und von Wissen zur

Handlungsorganisation stellt eine zentrale Voraussetzung zur Ausschöpfung des Leistungspotentials sowohl des Systems als auch des Nutzers dar. Gerade bei der Einführung eines neuen Systems, bei der Benutzerschulung stellt sich häufig die Frage, in welcher Phase des Lernens Benutzer der Hilfe bedürfen und welche Art von Informationen sie in einer bestimmten Lernphase am besten unterstützt. So verlangt die Gestaltung und Bewertung von Systemen, Anleitungen und Trainingsmaßnahmen eine Analyse der notwendigen Lernprozesse (z. B. CARROLL & THOMAS, 1982; GOMEZ et al., 1983).

Untersuchungen zum Lernverhalten an Textverarbeitungssystemen unterscheiden sich sowohl hinsichtlich der verwendeten Methode als auch bezüglich der erhobenen Variablen. HAMMER & ROUSE (1979) registrierten das Verhalten von Benutzern automatisch am System und berechneten Markov-Matrizen mit den Übergangswahrscheinlichkeiten zwischen Kommandos. CARROLL & CARRITHERS (1984) beobachteten das Verhalten der Lernenden und hielten vor allem Abweichungen von vorgegebenen Handlungswegen und Bearbeitungszeiten fest. KARAT (1986) erhob auch die Häufigkeit notwendiger Interventionen des Versuchsleiters als abhängige Variable. Protokolle lauten Denkens wurden von CARROLL & MACK (1983, 1984) mit dem Ziel ausgewertet, kognitive Lernstrategien der Benutzer aufzudecken. Handlungsfehler werden seltener analysiert und als Indikator für den Lernerfolg benutzt. Diese Vorgehensweise findet eher Aufmerksamkeit im Kontext von Systemevaluationen (z. B. RASMUSSEN, 1980, 1984; WEHNER & REUTER, 1986; NORMAN, 1983). Sowohl bei Studien zum Lernverhalten (z. B. KARAT, 1986) als auch bei Untersuchungen zur Systemevaluation (z. B. ROBERTS & MORAN, 1983) wird das Wissen der Benutzer nicht unabhängig vom Verhalten am System erhoben. Es kann nur aus dem Verhalten erschlossen werden. Dieses Vorgehen ist aus theoretischen und methodischen Gründen problematisch (vgl. KLUWE & SPADA, 1981; OSWALD & GADENNE, 1984). Es wird also in erster Linie registriert, was der Lernende kann, seltener, was er über die Bedienung weiß und verbalisieren kann. Die Vermittlung von Wissen geschieht jedoch fast immer durch verbale Mitteilung (z. B. durch Tutorprogramme, Handbücher oder Unterweisungen). Die effiziente Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgeschehen oder mit anderen verbalen Instruktionen hängt auch davon ab, über welches potentiell verbalisierbare Wissen der

¹ Diese Forschungsarbeiten wurden von der Firma SIEMENS, Erlangen und München unterstützt. Ich danke Herrn Prof. Dr. Wolfgang Schönplüg für die Durchsicht und die hilfreiche Kritik einer früheren Fassung des Manuskripts.

Lernende schon verfügt. Es wird daher eine Methode vorgeschlagen, mit der Daten über das Handeln und Daten über das Wissen der Versuchspersonen getrennt erhoben werden (vgl. MOLL & SAUTER, im Druck). In zwei Untersuchungen wird versucht, Handlungsfehler aufgrund vorher diagnostizierter Wissensdefizite vorherzusagen. Die Beziehungen zwischen Wissen und Handeln sollen Aussagen über den Verlauf des Lernprozesses ermöglichen.

In den Umgang mit elektronischen Bürogeräten können Benutzer durch unterschiedliche Methoden eingeführt werden: insbesondere durch strukturierte Unterweisungen oder durch die Möglichkeit zum eigenständigen Explorieren. CARROLL & CARRITHERS (1984) sowie CARROLL & MACK (1983) empfehlen, eine Lernumgebung herzustellen, die eine explorative Lernstrategie fördert. Es wird dabei angenommen, daß aus den konkreten Erfahrungen am System mit zunehmender Übung generalisierte und abstrakte Wissensstrukturen entstehen. In den vorliegenden Untersuchungen wird auch der Frage nachgegangen, ob Versuchspersonen diese Lernstrategie einschlagen, wenn in der Lernumgebung keine eindeutigen Anreize für eine bestimmte Strategie gesetzt werden.

2 Ein Modell des Bedienungswissens

Es werden zwei Wissensbereiche angenommen: Wissen über das Arbeitsmittel (hier ein Textkommunikationsgerät) und Wissen über die Aufgabe (STREITZ, 1985; POLSON & KIERAS, 1984). In beiden Bereichen gibt es zwei verschiedene Organisationsformen des Wissens: Sach- und Handlungswissen. Die Kombination beider Aspekte zu einem 2 x 2-Schema läßt jedoch eine Verbindung beider Bereiche offen (Ebene I und II in Abbildung 1). Denn es kann Aufgabenwissen vorliegen, das nicht an die Benutzung eines bestimmten Arbeitsmittels gebunden ist, bzw. es kann Gerätwissen vorliegen, das unabhängig von spezifischen Arbeitsaufgaben ist. Eine solche Verbindung soll durch die Annahme einer dritten Ebene berücksichtigt werden: „Situationales Handlungswissen“. Es wird angenommen, daß auf dieser Ebene Wissen aus beiden Bereichen und aus beiden Ebenen, jeweils der Aufgabenstellung entsprechend integriert wird.

Für den Bereich „Wissen über das Arbeitsmittel“ sind unterschiedliche Annahmen über das Verhältnis der Ebenen zueinander möglich.

Hypothese 1: Wissen über Sachverhalte (Ebene I) muß repräsentiert sein, bevor Wissen über die Veränderung dieser Sachverhalte entstehen kann (Ebene II). Dieses Handlungswissen muß vorhanden sein, bevor es zur Lösung konkreter Aufgaben (Ebene III) verwendet werden kann.

Hypothese 2: Aus dem spezifischen Wissen über die Bearbeitung einzelner konkreter Aufgaben (Ebene III) entstehen abstraktere Handlungsschemata (Ebene II), die nicht mehr an bestimmte Fälle gebunden sind. Aus diesen Handlungsschemata kann dann Wissen über generelle Sachverhalte bezüglich der Systembedienung (Ebene I) extrahiert werden.

3 Operationalisierung

Das Modell erfordert eine Erhebung von Daten auf allen drei Ebenen des Bereichs „Wissen über das Arbeitsmittel“. Da Wissen auf den Ebenen I und II (Fakten- und Handlungswissen) verbalisierbar sein sollte, wurden hierfür Fragebögen konstruiert, während die Ebene III nur durch Registrierung des Verhaltens bei der Aufgabebearbeitung zu erheben ist (vgl. OSWALD & GADENNE, 1984). Zur Bestimmung des Inhalts der Meßinstrumente wurde folgendes Verfahren gewählt: Es wurden acht Aufgabentypen konstruiert, die mit einem Textverarbeitungs- und Kommunikationsgerät bearbeitet werden sollten. Sie waren umgangssprachlich formuliert und enthielten keine Hinweise auf einen bestimmten Lösungsweg. Die Aufgabeninhalte wurden so gewählt, daß der größte Teil der Systemfunktionen für eine erfolgreiche Lösung angewendet werden mußte. Die Bearbeitung einer Aufgabe erforderte immer mehrere Teilschritte.

Beispiel:

„Bitte senden Sie den Mitteilungstext ‚A‘ an Herrn ... in ... TTX-Rufnummer ...; vergewissern Sie sich bitte, ob der Text ordnungsgemäß empfangen wurde!“

Es wurden jeweils drei Aufgaben eines Typs konstruiert. Sie waren bezüglich der Teilzielstruktur identisch, jedoch inhaltlich unterschiedlich eingebettet. Für jeden Aufgabentyp wurde der kürzeste Lösungsweg ermittelt. In diesen Lösungswegen wurden mit Hilfe des Zustands-Übergangs-Netztes dieses Systems (vgl. KIERAS & POLSON, 1984) Teilziele identifiziert, die nicht mehr spezifisch für einen bestimmten Aufgabentyp waren, sondern auch in einer Vielzahl anderer Aufgabenarten auftreten konnten (Beispiel: Aufruf des Inhaltsverzeichnisses der eingelegten Diskette). Jedem der Teilziele wurden nun die entsprechenden Operationen (Funktionstasten- und Schalterbedienungen) zugeordnet, die zur Erreichung des betreffenden Teilziels notwendig sind. Die zeitlich geordnete Menge der Operationen, mit denen ein Teilziel verwirklicht werden kann, wird Teilhandlung genannt. Somit war der Handlungsraum, den eine Versuchsperson beherrschen mußte, um alle Aufgaben fehlerfrei bearbeiten zu können, in drei hierarchische Komponenten zerlegt: (1) Lösungswege ganzer Aufgaben, (2) Teilhandlungen innerhalb dieser Lösungswege und (3) Operationen innerhalb der Teilhandlungen. Im einzelnen wurden 21 verschiedene Tasten- und Schalterbedienungen identi-

fiziert, aus denen 27 unterschiedliche Teilhandlungen generiert werden konnten. Aus diesen 27 verschiedenen Teilhandlungen konnten die Lösungswege aller acht Aufgaben konstruiert werden.

Diese Komponenten werden wie folgt den unterschiedlichen Organisationsformen des Bedienungswissens (Abbildung 1) zugeordnet: Wissen über die Bedeutung der Tasten und Schalter ohne Handlungskontext wird als ein Ausschnitt aus dem Bereich „Wissen über das Arbeitsmittel“ und der Ebene „Sachwissen“ betrachtet. Operationalisiert wird diese Ebene durch einen Fragebogen mit 21 Multiple-Choice-Items zur Bedeutung der Tasten und Schalter.

Beispiel:

- „Die Taste ‚Folgeside‘ kann bewirken,
- daß eine neue, leere Seite auf dem Bildschirm erscheint.
 - daß die nächste Seite eines gespeicherten Textes auf dem Bildschirm erscheint.
 - daß ein neues Blatt in den Drucker eingezogen wird.“

Das Wissen über das Erreichen der 27 Teilziele ohne Aufgabenkontext wird dem Bereich „Wissen über das Arbeitsmittel“ und der Ebene „Handlungswissen“ zugeordnet. Diese Ebene wird operationalisiert durch einen Fragebogen mit 27 Items zur Schilderung der Operationenfolge, die ausgeführt werden muß, wenn das vorgegebene Teilziel erreicht werden soll.

Beispiel:

- „Wenn Sie das Inhaltsverzeichnis einer Diskette aufrufen wollen, müssen Sie:
- Prüfen, ob die Betriebsart ‚Speicherbetrieb‘ eingestellt ist.
 - Die Zeile ‚Textverarbeitung‘ in die Schreibzeile bringen.
 - Die Taste ‚Gut‘ drücken.
 - Die Taste ‚Zurück‘ drücken.
 - Die Taste ‚Gut‘ drücken.
 - Prüfen, ob die entsprechende Diskette eingelegt ist.
 - Die Taste ‚Befehl‘ drücken.“

Die Versuchspersonen sollten die richtigen Tasten- und Schalterbedienungen von Distraktoren trennen und richtig ordnen. Die tatsächliche Ausführung der Teilhandlungen im Kontext konkreter Aufgaben wurde der dritten Ebene (Situationalen Handlungswissen) zugeordnet. Auf dieser Ebene wurden die On-Line-Protokolle der realen Aufgabenlösungen auf Tastendruckniveau registriert. Aus der Sequenz der Tastendrucke wurde die Abfolge der Teilhandlungen rekonstruiert. Mit einem Fehlerkategoriensystem wurde die Verwendung jeder Teilhandlung in der Aufgabenlösung und die Richtigkeit der Ausführung bewertet. „Fehler“ sind in diesem Zusammenhang „Fehlleistungen“ (WEHNER, 1984) im Sinne fremdbewerteter

Abweichungen von einem geeigneten Handlungsweg, deren Folgen durch erhöhten Aufwand kompensiert oder rückgängig gemacht werden müssen, wenn das vorgegebene Aufgabenziel trotzdem erreicht werden soll. Eine exakte Beschreibung der Einzelkategorien kann an dieser Stelle unterbleiben, da die vorgestellten Ergebnisse sich nicht auf spezifische Fehlerkategorien beziehen.

Die Teilhandlung stellt die geeignete Analyseeinheit dar, da jede von ihnen auf allen drei Ebenen des Modells bewertet werden kann:

Auf Ebene III: Wie hat die Versuchsperson die betreffende Teilhandlung ausgeführt und in der Aufgabenlösung eingesetzt?

Auf Ebene II: Wie hat die Versuchsperson bei Vorgabe des Teilziels den Weg zu seiner Erreichung im Fragebogen angegeben?

Auf Ebene I: Wie hat die Versuchsperson die Items über alle mit dieser Teilhandlung assoziierten Tasten und Schalter beantwortet?

Der Bereich „Aufgabenwissen“ wurde nicht gesondert erhoben. Ein bei allen Versuchspersonen gegebenes Mindestmaß an Berufserfahrung, ausführliche Aufgabeninstruktionen sowie die Bereitschaft des Versuchsleiters, alle diesbezüglichen Fragen zu beantworten, lassen erwarten, daß alle Versuchsteilnehmer über ein gleichmäßiges gutes Aufgabenverständnis verfügten.

4 Durchführung der Untersuchungen

4.1 Untersuchung 1: Fortgeschrittene Benutzer

Eine Gruppe von 15 weiblichen Büroarbeitskräften, die seit mindestens zwei Monaten mit dem System arbeiteten, erhielten die acht Aufgaben (eine jedes Typs) sowie beide Fragebögen in einem Termin zur Bearbeitung. Den Versuchspersonen stand keine Übungsphase zur Verfügung. Sie begannen nach der Instruktion mit der Beantwortung der vollständigen Fragebögen „Sachwissen“ und „Handlungswissen“ und erledigten dann die Aufgaben in vorgegebener Reihenfolge.

4.2 Untersuchung 2: Anfänger

Zwölf Arbeitskräfte ohne Erfahrungen mit elektronischen Bürogeräten erlernten in zehn Einzelsitzungen an zehn aufeinander folgenden Wochentagen den Umgang mit diesem Gerät am Beispiel der acht Aufgabentypen. Zu Beginn der ersten Sitzung demonstrierte der Versuchsleiter die Funktion des Systems, ohne daß jedoch der Proband selbst tätig werden durfte. Jede Sitzung gliederte sich in eine Übungsphase und eine

Testphase. In der Übungsphase sollten die Versuchspersonen versuchen, sich selbständig mit Hilfe der Bedienungsanleitung einem jeweils vorgegebenen Übungsziel zu nähern; in der Testphase wurden die angekündigten Aufgaben bearbeitet. Für jeden Aufgabentyp gab es drei verschiedene Aufgaben. Die Aufgaben waren in aufsteigendem Schwierigkeitsgrad geordnet, der in der ersten Untersuchung ermittelt worden war. Im ersten Termin wurde die erste Aufgabe des leichtesten Aufgabentyps bearbeitet, im zweiten Termin die zweite Aufgabe und die erste Aufgabe des zweiten Aufgabentyps. So wurde im ersten Termin eine Aufgabe bearbeitet, im zweiten bis neunten Termin jeweils zwei Aufgaben und im zehnten Termin acht, nämlich die jeweils dritte Aufgabe eines jeden Aufgabentyps. Hieraus ergeben sich drei Meßzeitpunkte: die erste, zweite und dritte Bearbeitung des gleichen Aufgabentyps. Zwischen Übungs- und Testphase beantworteten die Probanden die Fragebögen, die jeweils nur Items zu den Teilhandlungen enthielten, welche in den Aufgaben des jeweiligen Termins vorkommen sollten. Zusammengefaßt bedeutet dies: Jede Teilhandlung konnte im gleichen Aufgabenkontext zu drei aufeinander folgenden Zeitpunkten betrachtet werden, und zwar auf allen drei Meßebenen (vgl. Abbildung 1).

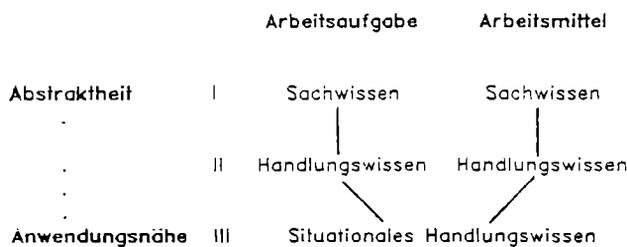


Abb. 1: Bereiche und Organisationsebenen des Bedienungswissens

5 Auswertung

Ein Ziel der Datenanalyse war es, zu prüfen, inwieweit Bedienungsfehler von zugeordneten Wissensdefiziten abhängen. Für jede ausgeführte Teilhandlung wurde festgestellt, welche Fehler sie auf den drei Meßebenen aufwies. Dann wurden die Fehler auf den verbal gemessenen Ebenen (Sach- und Handlungswissen) für jede einzelne Teilhandlung zusammengefaßt und den Fehlern der gleichen Teilhandlung bei der realen Aufgabenbearbeitung (situationales Handlungswissen) gegenübergestellt. Jede ausgeführte Teilhandlung läßt sich nun danach kategorisieren, ob sie fehlerfrei war, nur Fehler bei der Ausführung zeigte, nur bezüglich des verbalen Wissens fehlerhaft ist oder in beiden Aspekten Fehler aufweist. Abbildung 2 veranschaulicht dies.

Die Zeilen (Abbildung 2) stehen für fehlerfreie bzw.

		Fehler im Sach- und Handlungswissen (Ebenen I und II)	
		JA	NEIN
Fehler bei der Ausführung (Ebene III)	JA	1	2
	NEIN	3	4

Abb. 2: Fehlerkombinationen bei Teilhandlungen, Erläuterung der Zellenbedeutungen 1 bis 4 im Text

fehlerhafte Ausführung der Teilhandlungen (Ebene III), die Spalten für die Beantwortung der dazugehörigen Fragebogenitems (Ebenen I und II). Die unterschiedlichen Fehlerkategorien sind hier außer acht gelassen. Es wird nur bewertet, ob mindestens ein Fehler vorliegt oder nicht.

Zelle 1 enthält alle Teilhandlungen, die falsch ausgeführt oder verwendet wurden, bei denen die Versuchspersonen die Bedeutung der Funktionstasten und Schalter nicht richtig wiedererkannten, die Reihenfolge der Operationen nicht richtig rekonstruierten. Kurz: Teilhandlungen, bei denen Defizite im Wissen und in der Ausführung festzustellen waren. In Zelle 2 gehören alle Teilhandlungen, die falsch ausgeführt wurden, ohne daß Fehler in der Beantwortung der entsprechenden Fragebogenitems gemacht wurden. In Zelle 3 befinden sich Teilhandlungen, die fehlerfrei ausgeführt wurden, obwohl die Operationensequenz nicht richtig benannt werden konnte und die Bedeutung der Tasten nicht richtig wiedererkannt wurde. Zelle 4 enthält die vollständig fehlerfreien Teilhandlungen.

Je eine solche Kontingenztafel liegt für jeden Meßzeitpunkt der zweiten Untersuchung, für die Gesamtstichprobe der ersten Untersuchung und für eine Untergruppe der Fortgeschrittenen-Stichprobe vor. Insgesamt gingen 1 330 Teilhandlungen in die Analysen ein.

Die aus dem theoretischen Modell abgeleiteten Hypothesen können mit diesen Kontingenztafeln geprüft werden: Trifft Hypothese 1 zu, sollten alle Teilhandlungen, die Fehler auf den Ebenen des Sach- und Handlungswissens zeigen (Ebenen I und II), auch fehlerhaft ausgeführt werden (Ebene III). Alle Eintragungen in Zelle 3 widersprechen dieser Hypothese. Gilt Hypothese 2, sollten alle Teilhandlungen, die im praktischen Aufgabenkontext (Ebene III) fehlerhaft eingesetzt oder ausgeführt werden, auch Fehler in den entsprechenden Items bezüglich des Sach- und Handlungswissens (Ebenen I und II) aufweisen. Alle Eintragungen in Zelle 2 widersprechen dieser Hypothese.

Da den Versuchspersonen in den Übungsphasen keine Vorgaben bezüglich ihres Vorgehens gemacht wurden, dürfte aus dem Versuchsaufbau keine Begünstigung einer der beiden Lernverläufe entstanden sein. Als Informationsquellen standen sowohl die Bedienungsanleitung als auch das System selbst zur Verfügung. Während die Bedienungsanleitung Informationen im

Sinne der hier vorliegenden Operationalisierung über Sach- und Handlungswissen enthält, gibt das System Rückmeldungen auf der Ebene konkreter Anwendungen. In den Instruktionen wurde betont, daß den Versuchsteilnehmern die Wahl ihres Vorgehens vollkommen freigestellt sei.

6 Ergebnisse

Aus den Kontingenztafeln können die bedingten Wahrscheinlichkeiten entsprechend beider Hypothesen berechnet werden. Für Hypothese 1 wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der eine Teilhandlung falsch ausgeführt oder verwendet wird (Ebene III) unter der Bedingung, daß die entsprechenden Items auf den Ebenen I und II fehlerhaft beantwortet werden:

$$p(\text{Fehler Ebene III} / \text{Fehler Ebenen I} \wedge \text{II})$$

Für Hypothese 2 wird die Wahrscheinlichkeit berechnet, mit der die zu einer Teilhandlung gehörigen Items auf den Ebenen I und II fehlerhaft beantwortet werden, unter der Bedingung, daß die Teilhandlung falsch ausgeführt oder verwendet wird (Ebene III):

$$p(\text{Fehler Ebenen I} \wedge \text{II} / \text{Fehler Ebene III})$$

Da in der Anfänger-Untersuchung jeder Aufgabentyp in verschiedenen Aufgaben dreimal bearbeitet wurde, konnten bedingte Wahrscheinlichkeiten für alle drei Zeitpunkte berechnet werden (t1 — t2). Bei den fortgeschrittenen Benutzern wurde dieser Wert für die Gesamtstichprobe (durchschnittlich ca. 9 Monate Erfahrung mit dem System) und für eine Untergruppe von sieben weit fortgeschrittenen Personen (durchschnittlich ca. 19 Monate Erfahrung mit dem System) berechnet. Wie Tab. 1 zeigt, liegen die bedingten Wahrscheinlichkeiten im Sinne der Hypothese 1 bei Personen mit längerer Erfahrung höher als bei Personen mit geringerer Erfahrung. Die Wahrscheinlichkeiten im Sinne der zweiten Hypothese sind bei Personen mit geringerer Erfahrung höher als bei erfahrenen Benutzern.

Tabelle 1: Bedingte Wahrscheinlichkeiten entsprechend Hypothese 1 und 2 bei steigender Erfahrung mit der Systembedienung

Stichprobe	Meßzeitpunkt	Hyp. 1	Hyp. 2
Untersuchung 2: Anfänger	t1	.67	.95
	t2	.53	.82
	t3	.67	.49
Untersuchung 1: Fortgeschrittene	ca. 9 Mon. Erf.	.87	.74
	ca. 19 Mon. Erf.	.87	.72

Ein Vier-Felder Vorhersagemodell mit nur einer Fehlerzelle läßt sich mit häufig verwendeten Statistiken wie Chi² oder Kontingenzkoeffizient nicht adäquat

abbilden. Geeignet ist hierzu das DEL-Maß nach HILDEBRAND, LAING & ROSENTHAL (1977). DEL berechnet den Vorhersageerfolg und läßt sich als PRE-Maß (Proportionate Reduction in Error) interpretieren. In diesem Fall berechnet es den Erfolg bei der Vorhersage von Ausführungsfehlern auf der Grundlage von Wissensdefiziten (Hypothese 1) bzw. umgekehrt für Hypothese 2. Ein PRE-Wert von .21 (wie für den ersten Meßzeitpunkt, Hypothese 1 errechnet) bedeutet, daß die Vorhersage von Fehlern bei der Ausführung mit Hilfe dieser Hypothese 21 % weniger Fehlklassifikationen verursacht als eine Vorhersage allein auf der Grundlage der Randverteilung. Je größer der PRE-Wert, umso bedeutender ist der Vorhersagewert der jeweiligen Hypothese. Abbildung 3 zeigt die PRE-Werte der Hypothesen 1 und 2 für alle Meßzeitpunkte und Personengruppen.

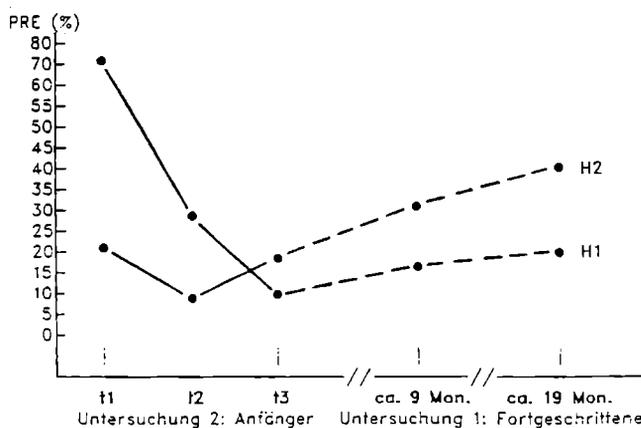


Abb. 3: PRE-Werte für alle Zeitpunkte und Personengruppen, H1, H2 = Hypothesen 1 und 2, Erklärung im Text

Hypothese 1:

Die Werte für die Meßzeitpunkte t1 und t3 sowie die gesamte Fortgeschrittenen-Stichprobe und die Untergruppe mit sehr langer Erfahrung sind auf dem 5%-Niveau signifikant. Folgende Differenzen zwischen PRE-Werten dieser Hypothese sind signifikant:

- Anfänger (t1) — Fortgeschrittene,
- Anfänger (t2) — Fortgeschrittene,
- Anfänger (t2) — weit Fortgeschrittene,
- Anfänger (t3) — Fortgeschrittene,
- Anfänger (t4) — weit Fortgeschrittene.

Eine Klassifikation entsprechend der Hypothese 1 stellt, gemessen an den empirisch gefundenen Verteilungen, bei Versuchspersonen mit größerer Erfahrung eine Verbesserung der Vorhersage dar. Bei Benutzern, die länger mit dem System arbeiteten, konnten Handlungsfehler häufiger durch Wissensdefizite erklärt werden, als dies bei Versuchspersonen mit geringerer Erfahrung der Fall ist. Dies bedeutet nicht, daß die Wissensdefizite größer werden, sie erklären im Verlauf des Lernprozesses jedoch immer mehr Fehler.

Hypothese 2:

Die PRE-Werte für die zweite Hypothese sinken bei der Anfänger-Stichprobe mit zunehmender Erfahrung signifikant. Während in t1 eine Klassifikation der Teilhandlungen entsprechend Hypothese 2 eine Verminderung von Fehlklassifikationen um über 70 % bewirkt, bietet sie zum Zeitpunkt t3 keinen überzufälligen Vorteil mehr gegenüber einer Klassifikation aufgrund der Randverteilung. Die Werte für die Fortgeschrittenen-Stichproben liegen zwar höher als t3 der Anfängergruppe, jedoch signifikant niedriger als t1 und t2. Insbesondere mit Bezug auf die Anfängergruppe kann dies als ein Sinken der Vorhersagekraft gewertet werden. Bei Personen mit geringer Erfahrung können Wissensdefizite in den Fragebögen zum Sach- und Handlungswissen häufiger durch Fehler bei der Handlungsausführung erklärt werden, als dies bei Personen mit längerer Erfahrung der Fall ist. Die PRE-Werte beider Hypothesen unterscheiden sich zu allen Zeitpunkten und bei allen Versuchspersonengruppen signifikant.

7 Interpretation und praktische Folgerungen

Bei der Bewertung der Ergebnisse müssen zwei Einschränkungen berücksichtigt werden: Wissensdefizite im Sach- und Handlungswissen sind lediglich Defizite im Sinne der hier vorgenommenen Operationalisierung und repräsentieren daher nicht notwendigerweise die Gesamtheit des verbalisierbaren Wissens über das System. Die Beziehungen zwischen der Vorhersagekraft beider Hypothesen und dem Erfahrungszeitraum der Versuchspersonen beruhen z. T. auf dem Vergleich verschiedener Stichproben.

Trotz der theoretischen Probleme bezüglich der Rolle verbalisierbaren Wissens für die Handlungsausführung (vgl. BROADBENT, 1977; OSWALD & GADENNE, 1984) konnten Beziehungen zwischen tatsächlichen Handlungsereignissen und unabhängig davon erhobenen Daten über individuelles Wissen gefunden werden. Dies wird vor allem darauf zurückgeführt, daß allen Erhebungsverfahren eine gemeinsame, theoretisch begründete Analyseeinheit — die Teilhandlung — zugrunde lag.

Die hohe Relevanz der Hypothese 2 bei Personen mit geringster Erfahrung (t1 und t2 der Anfänger-Gruppe) legt folgende Interpretation nahe: Wenn Teilhandlungen, die Fehler bei der praktischen Ausführung aufweisen, mit hoher Wahrscheinlichkeit in beiden abstrakteren Organisationsformen des Wissens fehlerhaft sind und das Gegenteil mit geringer Wahrscheinlichkeit gilt, dann kann angenommen werden, daß zuerst konkrete, praktische Anwendungen gelernt werden, bevor abstrakte Handlungsschemata entstehen. Die

richtige Ausführung einer Teilhandlung könnte sowohl aus der Beobachtung von Handlungsabläufen während der Systemdemonstration stammen als auch aus Versuch-und-Irrtum-Verhalten in den Übungsphasen. Gelingt die Anwendung einer Prozedur im Kontext einer konkreten Aufgabe auch in der Testphase noch nicht, ist die Grundlage zur erfolgreichen Integration der Einzelerfahrungen zu einem Handlungsschema nicht gegeben. Da aber in beiden Fragebögen die Einbettung der Items in konkrete Arbeitsaufgaben vermieden wurde, benötigt die Versuchsperson zur richtigen Beantwortung dieser Items eine abstraktere Vorstellung als bei der Ausführung dieser Teilhandlung in nur einem bestimmten Kontext. Ist eine solche abstrakte Vorstellung nicht oder nur teilweise vorhanden, können sich Fehler bei der Fragebogenbeantwortung einstellen. Diese Lernstrategie könnte als explorierendes, induktives Lernen bezeichnet werden.

Doch für t3 der Anfänger-Gruppe, für die Gesamtstichprobe der Fortgeschrittenen und für die Gruppe der weit fortgeschrittenen Benutzer gilt, daß eine andere Hypothese (H1) die empirisch gefundenen Konfigurationen von fehlerhafter Ausführung und Itembeantwortung besser erklären kann: Mit zunehmender Erfahrung übersteigt die Erklärungskraft von H1 die von H2. Für Benutzer mit längerer Erfahrung kann also eher vorhergesagt werden, welche Teilhandlungen sie falsch ausführen werden, wenn bekannt ist, welche Fragebogenitems sie fehlerhaft beantwortet haben, als umgekehrt. Die Bearbeitungsweise einer spezifischen Teilaufgabe wird in diesem Lernstadium offenbar eher aus einem generalisierten Handlungsschema abgeleitet. Existiert ein solches Schema nicht, ist es fehlerhaft oder unvollständig, muß die daraus abgeleitete Anwendung ebenfalls fehlerhaft sein. Ein vom konkreten Beispiel abstrahiertes Handlungs- und Sachwissen könnte zum einen Produkt eines vorangegangenen induktiven Lernens im oben genannten Sinne sein. Zum anderen könnte es auch aus der Lektüre der Bedienungsanleitung erworben worden sein, da diese kaum Anwendungsbeispiele enthält, mit Sicherheit keine Beispiele, die direkt auf die Testaufgaben bezogen sind. Dieses Lernverhalten wäre als ein auf abstraktem Wissen beruhendes, deduktives Lernen zu bezeichnen. Hierzu muß der Benutzer die für das jeweilige Handlungsschema relevanten Situationsmerkmale interpretieren, um eine dem spezifischen Fall angemessene Vorgehensweise ableiten zu können. Dies erfordert zusätzlichen Lernaufwand. So kann erklärt werden, warum Teilhandlungen, deren generellen Ablauf eine Versuchsperson im Fragebogen richtig wiedergibt, im Falle einer speziellen Aufgabe nicht notwendigerweise auch richtig ausgeführt wird.

Der Befund, daß Versuchspersonen mit nur geringem konzeptuellen Wissen zunächst durch explorierendes

Lernen Fähigkeiten erwerben, ohne daß dies auf eine bewußte Gestaltung der Lernumgebung zurückzuführen wäre, hat auch praktische Relevanz: Lernhilfen sollten den Informationsbedürfnissen der Benutzer in diesen unterschiedlichen Lernphasen angepaßt sein. Informationen unterschiedlicher Abstraktheit (z. B. abstrakte Regeln oder konkrete Beispiele) sind zu verschiedenen Zeitpunkten des Lernens unterschiedlich hilfreich. Ergebnisse zur Nutzung der Bedienungsanleitung, die vorwiegend Informationen über generalisierte Prozeduren enthält, deuten darauf hin, daß diese Lernhilfe bei größerer Bekanntheit des Aufgabenmaterials erfolgreicher benutzt wird als bei neuen Aufgaben. Einem Benutzer, dessen Lerntätigkeit überwiegend noch aus der Integration und Abstraktion konkreter Erfahrungen besteht, helfen Informationen auf der Ebene schematischen Handlungswissens wenig bei der Lösung seiner aktuellen Bedienungsprobleme. Mit zunehmendem Wissensbestand versuchen Benutzer jedoch auch, Bedienungsprobleme durch Ableitung spezifischer Anwendungen aus abstrakten Handlungsschemata zu lösen. In diesem Fall kann eine Erweiterung, Präzisierung oder Korrektur dieses Schemas durch ein entsprechendes Informationsangebot hilfreich sein. Zu einem früheren Zeitpunkt könnte hingegen die Interferenz noch erhöht werden.

Die Möglichkeit, Bedienungsfehler auf Wissensdefizite zurückzuführen, liegt zwar insgesamt im Bereich von 53 % bis 87 % (Tabelle 1), die entsprechende Hypothese jedoch leistet nur eine Verbesserung der Vorhersage um maximal 39 % (Abbildung 3). Dies deutet auf die Relevanz anderer Fehlerursachen hin. In t2 der Anfänger-Gruppe kann nur eine Anzahl von Bedienungsfehlern durch Wissensdefizite erklärt werden, die dem Erwartungswert der Zufallsverteilung entspricht. Dies bedeutet, daß zu diesem Zeitpunkt alternative Fehlerquellen von besonderer Bedeutung sind. Zumindest beeinflussen sie die Leistung so, daß die eindeutige Rückführung eines Fehlers auf ein spezifisches Wissensdefizit kaum möglich ist. Hierfür könnten in erster Linie Interferenzen zwischen noch nicht stabilisierten Gedächtnisinhalten aus der ersten Übungsphase bzw. t1 und neu erworbenem Wissen aus der Übungsphase vor t2 verantwortlich sein. Bei der Bearbeitung der dritten Version jedes Aufgabentyps (t3) wurden keine neuen Anforderungen gestellt, die die Aneignung neuen Wissens erforderten. Die Wahrscheinlichkeit von Interferenzen ist somit in t3 und in den Gruppen mit erfahrenen Versuchspersonen geringer. Das von uns untersuchte Mensch-Computer System ist offensichtlich am anfälligsten für Interferenzen, nachdem der Benutzer bereits anfängliches Wissen erworben hat, das aber noch fragmentarisch ist und noch keine Routinebildung stattgefunden hat.

Eine praktische Folgerung aus diesem Befund besteht in der Empfehlung, die Benutzer in dieser offenbar instabilen Phase des Lernens stärker zu unterstützen.

Schulungsmaßnahmen sollten sich nicht ausschließlich auf die Vermittlung schematischen Handlungswissens beschränken. Insgesamt sollte die Schulung von Benutzern in drei Phasen erfolgen: In der ersten Phase müssen grundlegende Informationen über das System gegeben werden, die dem Benutzer gestatten, das System in Betrieb zu nehmen und eine Vorstellung von der Verwendbarkeit zu entwickeln. In der zweiten Phase sollte dem Benutzer Gelegenheit zum eigenständigen Explorieren des Systems gegeben werden. In dieser Phase werden die Einzelerfahrungen gesammelt, auf deren Grundlage effektive Handlungsschemata entstehen können. Die dritte Phase sollte der Übertragung und Erweiterung des Gelernten auf die späteren, intendierten Arbeitsaufgaben des Benutzers dienen. Der Benutzer lernt, aus den Handlungsschemata neue Anwendungen und Problemlösungen abzuleiten. Gerade in der beruflichen Praxis ist diese Lernphase durch ständige neue Anforderungen bei noch nicht zur Routine gewordenen Handlungsabläufen geprägt. Die Benutzer bedürfen daher in dieser Phase besonderer Unterstützung.

Literatur

- BROADBENT, D. E.: Levels, hierarchies and the locus of control. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 1977, 29, 181—201
- CARROLL, J. M., & CARRITHERS, C.: Training wheels in the user interface. *Communications of the ACM*, 1984, 27, 800—806
- CARROLL, J. M., & MACK, R. L.: Actively learning to use a word processor. In: COOPER, W. E. (Ed.): *Cognitive aspects of skilled typewriting*. New York: Springer, 1983
- CARROLL, J. M., & MACK, R. L.: Learning to use a word processor by doing, by thinking, by knowing. In: THOMAS, J. C., & SCHNEIDER, M. L. (Eds.): *Human factors in computer systems*. NORWOOD, N. J.: Ablex, 1984
- CARROLL, J. M., & THOMAS, J. C.: Metaphor and the cognitive representation of computing systems. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 1982, 12, 107—116
- FISCHER, F.: Erwerb kognitiver Fähigkeiten zur Benutzung bildschirmorientierter Textverarbeitungssysteme. In: *Optimierung geistiger Arbeitstätigkeiten. Referate des V. Dresdner Symposiums zur Arbeits- und Ingenieurpsychologie*, 11. bis 13. Februar, Technische Universität Dresden, 1986
- GOMEZ, L. M., EGAN, D. E., WHEELER, E. A., SHARMA, D. K., & GRUCHACZ, A. M.: How interface design determines who has difficulty learning to use a text editor. In: JANDA, A. (Ed.): *Human factors in computing systems*. Proceedings of the CHI '83 Conference, Boston, Mass., USA, 1983. Amsterdam: North Holland, 1984
- HAMMER, J. M., & ROUSE, W. B.: Analysis and modeling of freeform text editing behavior. In: *Proceedings of the 1979 International Conference on Cybernetics and Society*, Denver, Col., 1979, 659—664
- HILDEBRAND, D. K., LAING, J. D. & ROSENTHAL, H.: *Prediction analysis of cross classifications*. New York: Wiley, 1977.
- KARAT, J.: Transfer between word processing systems. In: *Proceedings Part II of the International Scientific Conference: Work with Display Units*, Stockholm, May 12—15, 1986, 745—748

- KIERAS, D. E., & POLSON, P. G.: A generalized transition network representation for interactive systems. In: JANDA, A. (Ed.): *Human factors in computing systems*. Proceedings of the CHI '83 Conference, Boston, Mass., USA, 1983. Amsterdam: North Holland, 1984
- KLUWE, R. H., & SPADA, H.: Wissen und seine Veränderung: Einige psychologische Erklärungsansätze. In: FOPPA, K., & GRONER, R. (Hrsg.): *Kognitive Strukturen und ihre Entwicklung*. Huber: Bern, 1981
- MOLL, T., & SAUTER, R.: Über den Gebrauch eines kontextspezifischen Helpsystems. In: SCHÖNPLUG, W., & WITTSTOCK, M. (Hrsg.): *Software-Ergonomie '87 Nützen Informationssysteme dem Benutzer?* Stuttgart: Teubner, im Druck
- NORMAN, D. A.: Design rules based on analysis of human error. *Communications of the ACM*, 1983, 26, 254—258
- OSWALD, M., & GADENNE, V.: Wissen, Können und künstliche Intelligenz. Eine Analyse der Konzeption des deklarativen und prozeduralen Wissens. *Sprache und Kognition*, 1984, 3, 173—184
- POLSON, P. G., & KIERAS, D. E.: A formal description of user's knowledge of how to operate a device and user complexity. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 1984, 16, 249—255
- RASMUSSEN, J.: What can be learned from human error reports? In: DUNCAN, K. D., GRUNEBERG, M. M., & WALLIS, D. (Eds.): *Changes in working life*. London: Wiley, 1980
- RASMUSSEN, J.: Human error data. Facts or fiction? Invited paper presented at a seminar on accident research in Rovaniemi, Finland, April 1984. Riso-M.2499, 1984
- ROBERTS, T. L., & MORAN, T. P.: The evaluation of text editors: Methodology and empirical results. *Communications of the ACM*, 1983, 26, 265—283
- STREITZ, N. A.: Die Rolle von mentalen und konzeptuellen Modellen in der Mensch-Computer-Interaktion: Konsequenzen für die Software-Ergonomie? In: BULLINGER, H.-J. (Hrsg.): *Software-Ergonomie '85. Mensch-Computer-Interaktion*. Stuttgart: Teubner, 1985
- WEHNER, T.: Im Schatten des Fehlers — Einige methodisch bedeutsame Arbeiten zur Fehlerforschung. *Bremer Beiträge zur Psychologie* Nr. 34, 1984
- WEHNER, T., & REUTER, H.: Über die potentielle Vitalität fehlerhaften Handelns im Erkenntnisinteresse einer humaneren Gestaltung von Mensch-Maschine Interaktionen. In: NAKE, F. (Hrsg.): *Graphik in Dokumenten*. Zweites Fachgespräch der GI-Fachgruppe „Graphische Systeme“, Bremen, 3.—4. März 1986. Berlin: Springer, 1986

Anschrift des Verfassers: Dipl.-Psych. Stephan Dutke, Institut für Psychologie, Freie Universität Berlin, Habelschwerdter Allee 45, 1000 Berlin 33