

# Manuale für Videorecorder: Auswahl von Textinhalten unter Verwendung der Theorie endlicher Automaten\*

Von Joachim Funke und Heike Gerdes

## Zusammenfassung

Bisherige Verbesserungen bei der Gestaltung von Bedienungsanleitungen bezogen sich primär auf Merkmale der äußeren Gestaltung. Der vorliegende Beitrag versucht, Hinweise für die inhaltliche Auswahl der mitzuteilenden Information zu liefern. Ausgehend von der Theorie endlicher Automaten als Beschreibungsinstrument für Gerätefunktionen wird zunächst eine abstrakte Beschreibung der Funktionsweise eines Gerätes vorgenommen. Die Nähe dieses formalen Ansatzes zu Produktionssystemen macht die Umsetzung entsprechender Transitionsmatrizen in prozeduralen Text möglich. Am Beispiel der Timer-Funktion eines Videorecorders werden in einer experimentellen Untersuchung je 20 Probanden der Originalanleitung des Herstellers oder einer ausschließlich unter inhaltlichen Aspekten optimierten Anleitung ausgesetzt und mit entsprechenden Programmier-Aufgaben konfrontiert. Es zeigen sich Performanz- und Wissensvorteile beim optimierten Manual, die allerdings auf die initiale Lernphase beschränkt bleiben. Da dieser Zeitabschnitt jedoch gerade für Novizen eine kritische Periode darstellt, scheint uns der eingeschlagene Optimierungsweg vielversprechend, zumal eine Reihe weiterer Maßnahmen den Erfolg noch steigern können.

## Summary

### Manuals for video recorder: Selection of text using the theory of finite automata

Manual / understanding / finite automata / video recorder / mental model

Improvements in the design of manuals were up to now concerned primarily with features of layout. The present article tries to point out how to make a selection of content of the information to be given to a user. Starting with the theory of finite automata as a tool for describing how a device works, we then construct transition matrices which can be transformed into procedural text. For illustrating purposes we selected the task of timer programming of a video recorder. A total of 40 novice subjects were confronted with either the original manual or with the version for which we improved the content selection. After reading the manual subjects had to fulfill certain programming tasks. It shows up that there are advantages of the improved manual on measures of performance and knowledge. These advantages hold only for the initial learning phase, but this time period is a critical one for novices. So the proposed strategy of optimizing manuals seems promising especially if one adds further treatments which are mentioned in the final comment.

## 1 Einleitung

Bedienungs- und Gebrauchsanleitungen sowie Handbücher für technische Geräte des alltäglichen Gebrauchs haben nicht zu Unrecht ein schlechtes Image: Sie sind oft unverständlich, unvollständig und in vielen Fällen sogar falsch. Technischer Fortschritt und zunehmende Verbreitung immer komplexerer Geräte wie Bankautomaten, Digitaluhren, Produkte der HiFi-Video-Industrie oder Computer haben dieses Problem noch verschärft. Als Konsequenz daraus muß der naive Benutzer zwischen immer mehr Bedienelementen unterscheiden, zwischen immer mehr Funktionen wählen und somit immer kompliziertere Vorstellungen über diese Geräte entwickeln. Aber gerade Anleitungen für Geräte, die vorwiegend von technischen Laien benutzt werden, sollten aus deren Blickwinkel geschrieben werden, so daß mit möglichst wenig Lernaufwand ein Produkt optimal, umfassend und den Vorstellungen entsprechend genutzt werden kann.

Meist – wenn überhaupt – kommen bei der Gestaltung von Bedienungsanleitungen Ergebnisse der Text- und Bildforschung zur Anwendung, aus denen sich auch Hinweise für eine Optimierung der speziellen Textsorte „Bedienungsanleitung“ ableiten lassen (z. B. Groeben, 1982). Dieses Vorgehen ist unserer Ansicht nach insofern als zwar notwendig, aber unzureichend zu bezeichnen, als es „nur“ eine Optimierung der *Darstellung* von inhaltlichen Informationen bewirken kann. So können ein gut strukturiertes Inhaltsverzeichnis, ein verständlich geschriebener Text, ein gelungenes Layout oder die Verwendung geeigneter Abbildungen viel dazu beitragen, dem Leser die Informationsaufnahme und -verarbeitung zu erleichtern. Die grundlegendere Frage, welche Informationen in einer Anleitung enthalten sein sollten und welches Wissen dem Benutzer vermittelt werden muß, damit er ein in der Anleitung beschriebenes Gerät auch wirklich bedienen kann, ist auf diesem Wege allerdings nicht zu beantworten – der Inhalt einer Anleitung kann verständlich formuliert und trotzdem unvollständig oder sogar falsch sein.

Im speziellen Fall von Bedienungsanleitungen reicht es also nicht aus, die Interaktion zwischen Leser und Text zu betrachten; in besonderem Maße müssen auch Überlegungen zur Interaktion von Benutzer und Gerät miteinbezogen werden. Dazu ist es notwendig, einen Formalismus zur Beschreibung technischer Geräte zu finden, der diese auf einer für den Benutzer relevanten Ebene beschreibt. Unserer Ansicht nach eignet sich hierzu die Theorie endlicher Automaten, ein ursprünglich aus der Informatik stammender Formalismus, der maschinelle Funktionsabläufe in Begriffen von Ein- und Ausgaben beschreibt.

Im folgenden zweiten Kapitel werden in aller Kürze die wesentlichen Begriffe der Theorie endlicher Automaten vorgestellt. Im dritten Kapitel wird gezeigt, daß diese (universelle) Theorie zur systematischen Festlegung der Inhalte eines Manuals unter Berücksichtigung kognitionspsychologischer Überlegungen herangezogen werden kann. Im vierten Kapitel wird eine experimentelle Untersuchung geschildert, in der unsere theoretischen Vorstellungen exemplarisch für die Timer-Funktion eines Videorecorders überprüft wurden; gemessen wurde die Lösungszeit und Lösungsqualität von Aufgabenlösungen bei Probandengruppen, die entweder eine Originalanleitung oder eine gemäß unseren Vorstellungen optimierte Anleitung gelesen hatten.

Ein abschließendes Kapitel diskutiert den gewählten Ansatz vor dem Hintergrund der von uns gefundenen Ergebnisse und beleuchtet weitere Perspektiven.

\*) Die Arbeit entstand im Rahmen eines Kooperationsprojekts der Firma MB Video und der Universität Bonn mit dem Titel „Entwurf benutzerfreundlicher Bedienungsabläufe und deren Beschreibung in Manualen im Bereich der Unterhaltungselektronik“. Das Projekt wird vom Bundesminister für Forschung und Technologie im Rahmen des Programms zur Förderung der Forschungskoooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft unterstützt.

## 2 Die Theorie endlicher Automaten

Unter einem endlichen Automaten (EA) versteht man ein abstraktes Maschinenmodell, mit Hilfe dessen es möglich ist, die prinzipiellen Eigenschaften von Automaten zu beschreiben, losgelöst von ihrer physikalischen Realisierung. Nach Hopcroft und Ullmann (1988) wird ein EA als Sechstupel  $EA = (Q, E, A, \delta, \lambda, q_0)$  definiert, wobei  $Q$  eine endliche Menge von internen Zuständen,  $E$  eine endliche Menge von Eingaben,  $A$  eine endliche Menge von Ausgaben,  $\delta$  die Zustandsübergangsfunktion,  $\lambda$  die Ausgabefunktion und  $q_0 \in Q$  den Anfangszustand eines EA bezeichnen. Die Zustandsübergangsfunktion  $\delta$  beschreibt, in welchen Folgezustand ein EA bei einem gegebenen Zustand und einer bestimmten Eingabe übergeht. Die Ausgabefunktion  $\lambda$  legt die Ausgabe fest, die der EA bei einem bestimmten Zustandsübergang macht. Um den dynamischen Verhaltensablauf eines EA zu veranschaulichen, haben sich zwei Darstellungsarten als besonders zweckmäßig erwiesen: das Transitionsdiagramm und die Transitionsmatrix.

Ein *Transitionsdiagramm* (vgl. Bild 1a) besteht aus einer Menge von Knoten (Kreisen), deren Elemente den Zuständen des EA entsprechen, und einer Menge von Pfeilen, die die Zustandsübergänge von einem in einen anderen Zustand bei einer bestimmten Eingabe repräsentieren. Existiert bei einer bestimmten Eingabe ein Übergang vom Zustand  $q$  in einen Zustand  $q'$ , dann gibt es auch einen Pfeil zwischen diesen beiden Zuständen, der mit der jeweiligen Eingabe markiert ist. Die Ausgabe wird den jeweiligen Zuständen zugeordnet. Einen Pfeil von einem Zustand  $q$  zu einem Zustand  $q'$  liest man als: „Wenn sich der EA im Zustand  $q$  befindet und die Eingabe  $e$  gemacht wird, dann geht der EA in den Zustand  $q'$  über und macht die Ausgabe  $a$ “.

Die zweite Möglichkeit, das Verhalten eines EA darzustellen, besteht darin, eine *Transitionsmatrix* aufzustellen (vgl.

Bild 1b). Solch eine Transitionsmatrix enthält für jeden Zustand und die ihm zugeordnete Ausgabe eine Zeile und für jede mögliche Eingabe eine Spalte. Eine Eintragung in die Zellen der Matrix gibt den Folgezustand an, in den der EA bei einer bestimmten Eingabe übergeht. Man kann so für jede Eingabe und für jeden Zustand in der dazugehörigen Zelle ablesen, in welchen Folgezustand der EA übergeht und welche Ausgabe er liefert wird.

## 3 Theoriegeleitete Optimierung von Bedienungsanleitungen

Was bringt es für die Gestaltung von Bedienungsanleitungen, ein technisches Gerät als EA zu konzipieren? Die Theorie EA weist einige Eigenschaften auf, die sie auch für psychologische Fragestellungen attraktiv macht (vgl. Buchner und Funke, in press; Funke und Buchner, 1992). Im Zusammenhang mit einer benutzerfreundlichen Manualgestaltung ist besonders wichtig, daß das prozedurale Wissen einer Person innerhalb des Ansatzes der Produktionssysteme (z.B. ACT\*-Modell von Anderson, 1983) als eine Menge von Produktionsregeln konzipiert ist, die aus einer Bedingungs- und einer Aktions-Komponente bestehen. Der Bedingungs-Teil spezifizieren bestimmte Voraussetzungen, die erfüllt sein müssen, damit die Regel zur Anwendung kommen kann, der Aktions-Teil legt die dann auszuführenden Operationen fest. Mit genau diesen Elementen werden aber auch die Zustandsübergänge eines EA beschrieben. Die Wenn-Komponente einer Produktionsregel, die sich auf die Benutzung eines Gerätes bezieht, besteht dann aus dem aktuellen Zustand des EA sowie dem Ziel, das erreicht werden soll (Folgezustand oder Endzustand), in der Dann-Komponente werden die zur Zielerreichung auszuführenden Aktionen spezifiziert (Eingabe oder Eingabesequenz). Die Formulierungen innerhalb des Ansatzes der Produktionssysteme sind also problemlos in die der Theorie EA übersetzbar und umgekehrt,

was einer wichtigen Forderung an die Modellbildung im Bereich der kognitiven Ergonomie nachkommt (Whitefield, 1990). Das Wissen eines Benutzers über ein technisches Gerät läßt sich folglich in Begriffen des Automatenansatzes als *individuelle Transitionsmatrix (ITM)* beschreiben, die mehr oder weniger korrekt und vollständig sein kann. Die ITM ist zentraler Bestandteil des mentalen Modells eines Geräte-Benutzers. Eine Bedienungsanleitung hat unter diesem Gesichtspunkt die Aufgabe, den Aufbau einer möglichst vollständigen und korrekten ITM optimal zu unterstützen.

Für die theoriegeleitete Erstellung einer Bedienungsanleitung bedeutet das oben Gesagte, daß das jeweilige Gerät beziehungsweise eine Teilfunktion desselben als EA zu konzipieren ist. Für jeden Zustand, der für den normalen Benutzer nur über die Rückmeldungen des Gerätes erschließbar ist, muß festgestellt werden, in welchen Folgezustand das Gerät übergeht, wenn man alle möglichen Tasten drückt, die in die interessierende Funktion involviert sind. Das Resultat dieser Analyse ist eine vollständige und korrekte Transitionsmatrix (*objektive Transitionsmatrix, OTM*), die alle relevanten Eingaben (Tasten), Ausgaben (Rückmeldungen) und Zustandsübergänge enthält. Ausgehend von einer solchen OTM lassen sich dann fünf weitere *Konstruktionsschritte* unterscheiden:

1) Die Eingabelemente (Tasten und Schalter) werden nach Lage und Bedeutung genau beschrieben und in die entsprechende Zeile der Transitionsmatrix eingetragen, damit der Benutzer diese Informationen später bei der Bedienung des Gerätes zur Verfügung hat.

2) Die Rückmeldungen beziehungsweise Anzeigen werden ebenfalls genau beschrieben, da sie dem Benutzer die einzige Kontrollmöglichkeit bieten, um festzustellen, in welchem Zustand er sich gerade befindet und ob er richtig gehandelt hat (für den normalen Benutzer sind die internen Zustände eines Gerätes mit den jeweiligen Ausgaben identisch und nur über diese erschließbar).

3) Weiterhin werden die Ziele festgelegt, die ein Benutzer haben kann (z.B. eine wöchentlich wiederkehrende Aufnahme programmieren). Man erhält eine Menge von Zielzuständen, die ausgehend vom Startzustand erreicht werden können. Davon ausgehend kann der optimale (kürzeste Weg) durch die Matrix bestimmt werden, der zur Erreichung des jeweiligen Zielzustands gegangen werden muß. Dies wird ausgedrückt in Eingabe-Zustands-Sequenzen. Diese Wege durch die Matrix stellen das Grundgerüst für die in der Anleitung darzu-stellenden Handlungsanweisungen dar.

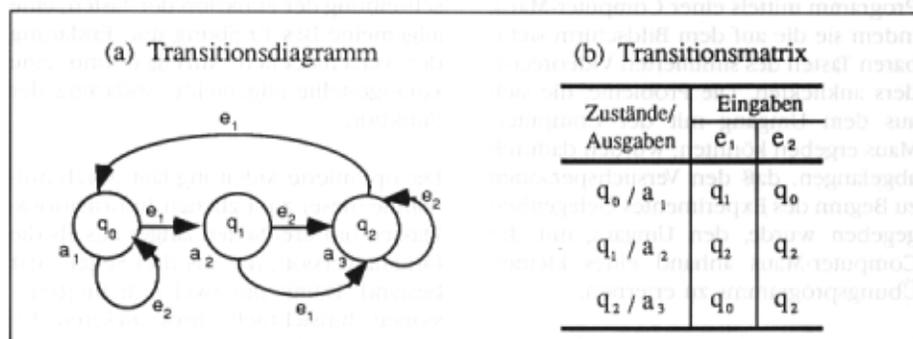


Bild 1: Transitionsdiagramm und Transitionsmatrix eines endlichen Automaten.  $a_1, a_2, a_3$  bezeichnen die Ausgaben,  $q_0, q_1, q_2$  die Zustände und  $e_1, e_2$  die Eingaben

4) Die durch die Transitionsmatrix festgelegten Wege zu einem Zielzustand werden nun in prozeduralen Text umgewandelt, der alle die oben angesprochenen Informationen enthält. Für jeden der Zielzustände enthält die Bedienungsanleitung also eine Sequenz von Handlungsanweisungen und Erklärungen der jeweiligen Rückmeldungen. Ein einzelnes Element einer solchen Handlungsanweisung könnte zum Beispiel folgendermaßen aussehen: „Drücken sie die Taste EIN/AUS, um das Gerät einzuschalten. Die rote Lampe leuchtet auf.“

5) Da durch die bisher formulierten Handlungsanweisungen zur Erreichung eines bestimmten Zielzustandes nur die Zustandsübergänge der Transitionsmatrix abgedeckt werden, die bei einer korrekten Bedienung und auf direktem Weg zum Ziel führen, müssen der Anleitung noch weitere Informationsklassen hinzugefügt werden, die die bis hierhin noch nicht erwähnten Zustandsübergänge auf eine systematische Weise abdecken: (a) eine Beschreibung der allgemeinen Funktion der Tasten, unabhängig vom jeweiligen Zustand; (b) eine allgemeine Beschreibung der verschiedenen Anzeigen und Erklärung der Bedeutung der unterschiedlichen Symbole; (c) eine vorangestellte allgemeine Erklärung der Funktion, damit der Benutzer überhaupt weiß, was unter der jeweiligen Funktion zu verstehen ist und was mit diesem speziellen Gerät möglich ist. Den Zweck dieser zusätzlichen Funktionsbeschreibung kann man darin sehen, dem Benutzer explizit Struktur- und Komponentenwissen im Sinne eines mentalen Modells zu vermitteln, auf das er zum Beispiel im Falle einer Fehlbedienung sein Handlungswissen beziehen und aus dem er konkrete Handlungen ableiten kann (Kieras, 1988).

#### 4 Experimentelle Untersuchung zur Wirksamkeit eines optimierten Manuals<sup>1)</sup>

Um die Wirksamkeit unseres Vorgehens zu überprüfen, haben wir eine experimentelle Untersuchung geplant, über deren Konzept, Realisation und Resultate nachstehend kurz berichtet werden soll.

##### 4.1 Methode

Am Beispiel der Timer-Programmierung von Videorecordern, die viele Benutzer vor große Probleme stellt, sollten unsere theoretischen Vorstellungen exemplarisch überprüft werden, indem der Ori-

1) Die berichteten Ergebnisse stammen aus der Diplomarbeit von Heike Gerdes und werden hier nur verkürzt wiedergegeben.

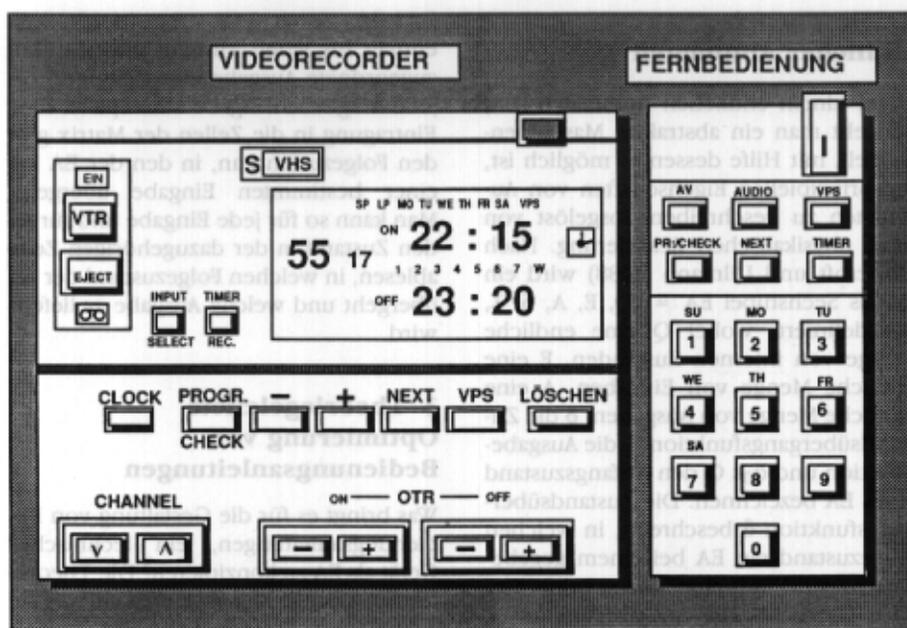


Bild 2: Bildschirmoberfläche, mit der die Versuchspersonen während des Experiments arbeiteten

ginalanleitung des Herstellers eine gemäß unseren Vorstellungen verbesserte Anleitung gegenübergestellt wurde. Die Timer-Funktion ist eine wichtige Komponente eines Videorecorders, die es ermöglicht, mittels einer eingebauten Zeitschaltuhr den Recorder so zu programmieren, daß er zu einem späteren Zeitpunkt automatisch eine Fernsehsendung aufnimmt.

Die Untersuchung wurde mit Hilfe einer *computersimulierten* Timer-Funktion durchgeführt, da das den Vorteil hat, daß exakt jeder einzelne Tastendruck der Versuchspersonen sowie der dazugehörige Zeitpunkt registriert werden kann. Es wurde darauf geachtet, daß der simulierte Recorder auf einen Tastendruck hin genauso reagiert wie sein Vorbild; ebenso entsprachen die Größe des Displays, die Art der Rückmeldungen sowie die Lage der relevanten Tasten auf dem Monitor weitgehend dem realen Recorder. Bild 2 zeigt die Bildschirmoberfläche, mit der die Versuchspersonen während des Experiments arbeiteten.

Die Versuchspersonen bedienten das Programm mittels einer Computer-Maus, indem sie die auf dem Bildschirm sichtbaren Tasten des simulierten Videorecorders anklickten. Die Probleme, die sich aus dem Umgang mit der Computer-Maus ergeben könnten, wurden dadurch abgefangen, daß den Versuchspersonen zu Beginn des Experimentes Gelegenheit gegeben wurde, den Umgang mit der Computer-Maus anhand eines kleinen Übungsprogramms zu erlernen.

**Probanden.** An dem Experiment nahmen insgesamt 40 Versuchspersonen teil, die per Zufall auf die zwei experimentel-

len Bedingungen *ALT (Originalanleitung)* und *NEU (verbesserte Anleitung)* aufgeteilt wurden. Voraussetzung für die Teilnahme am Experiment war, daß keinerlei Erfahrung mit der Programmierung von Videorecordern vorhanden war, die Versuchspersonen können in dieser Hinsicht also alle als Programmier-Laien bezeichnet werden. Das Durchschnittsalter der Versuchspersonen lag bei 28 Jahren und reichte von 19 bis 46 Jahre. 28 Versuchspersonen waren weiblichen, 12 männlichen Geschlechts, acht Versuchspersonen hatten Vorwissen im Sinne von Programmierkenntnissen in irgendeiner Programmiersprache, 27 der 40 Versuchspersonen waren Studenten.

**Unabhängige Variable.** Als experimentell manipulierte Größe diente die Art des zur Verfügung gestellten Manuals: eine Version nach Angaben des Herstellers (*ALT*) sowie eine verbesserte Version (*NEU*). Die verbesserte Anleitung war entsprechend den im dritten Kapitel aufgeführten Richtlinien erstellt worden: Sie enthielt die korrekten und vollständigen Handlungsanweisungen, eine Beschreibung der Funktion der Tasten, eine allgemeine Beschreibung und Erklärung der verschiedenen Anzeigen und eine vorangestellte allgemeine Erklärung der Funktion.

Die optimierte Anleitung fällt durch Aufnahme dieser zusätzlichen Informationsklassen um drei Seiten länger aus als die Originalversion, die aus drei Seiten Text bestand. Damit die zwei Anleitungsversionen hinsichtlich ihres äußeren Erscheinungsbildes identisch waren und sich nur durch die von uns vorgenommenen inhaltlichen Veränderungen un-

terscheiden, wurden die relevanten Kapitel der Originalanleitung in ihrem Design der optimierten Anleitung angepaßt. Das experimentelle Treatment vergleicht daher ausschließlich den Effekt inhaltlicher Selektion.

**Versuchsablauf.** Jede Versuchsperson bearbeitete insgesamt 12 Programmieraufgaben. Die ersten sechs Aufgaben (Programmierphase I) durften je nach Versuchsbedingung mit Hilfe einer der beiden Anleitungsversionen bearbeitet werden, sechs weitere vergleichbare Aufgaben (Programmierphase II) sollten anschließend ohne Bedienungsanleitung gelöst werden. Die insgesamt zwölf Programmieraufgaben waren für beide experimentellen Gruppen gleich und verlangten von den Versuchspersonen, Timer-Programmierungen vorzunehmen, zu löschen und zu ändern. Dabei waren die einzugebenden Daten wie der Sender, von dem aufgenommen werden soll, Datum, Start- und Stoppzeit genau vorgegeben. Nach der Bearbeitung der ersten sechs Aufgaben in Programmierphase I bekamen die Versuchspersonen einen Fragebogen vorgelegt, in dem sie gebeten wurden, die Bedienungsanleitung auf einer fünfstufigen Skala von sehr schlecht bis sehr gut zu beurteilen.

Die Aufgaben waren so angelegt, daß sie gezielt Probleme während der Programmierung provozieren sollten, die sich aus den Schwachstellen der Originalanleitung ergeben. Diese im folgenden als „kritische Stellen“ bezeichneten Mängel bezeichnen die Zellen in der vollständigen Transitionsmatrix, die durch die Originalanleitung nicht abgedeckt werden, es sind also die in der Originalanleitung nicht erwähnten Zustandsübergänge beziehungsweise die falsch angegebenen. Beispielsweise wird in der Originalanleitung nicht erwähnt, wo sich der Ein/Ausschalter („VTR“) und der Schalter zum Ein- und Ausschalten des Tuners („INPUT SELECT“) befinden, die aber beide gedrückt werden müssen, um mit der Programmierung beginnen zu können. Des weiteren wird in der Originalanleitung verlangt, die sogenannte VPS-Steuerung mit der Taste „VPS“ in einem Zustand auszuschalten, im dem diese Taste ohne Funktion ist – an dieser Stelle ist die Originalanleitung sogar falsch. Angaben dazu, wie eine Programmierung geändert werden kann, fehlen gänzlich. Auch wird nicht erwähnt, daß der Recorder den Programmiermodus nach 20 Sekunden automatisch verläßt, wenn innerhalb dieser Zeitspanne keine Taste gedrückt wird (autonomer Zustandsübergang, der zum sog. „20-Sekunden-Drama“ führt). Wie die Programmierung von täglichen und wöchentlichen Aufnahmen durchzuführen ist, wird in der

Originalanleitung nur sehr lückenhaft beschrieben, auch fehlt eine Beschreibung, was die speziellen Rückmeldungen zu bedeuten haben.

**Abhängige Variablen.** Unsere Erwartungen bezogen sich sowohl auf Performanz- als auch Repräsentationsvorteile bei den Versuchspersonen, die mit der nach unseren theoretischen Vorstellungen verbesserten Anleitung arbeiteten. Da eine Bedienungsanleitung die Aufgabe hat, Wissen zu vermitteln, das einen Benutzer dazu befähigt, seine Ziele überhaupt zu erreichen, dies möglichst schnell und aufgrund möglichst günstiger Strategien, wurden zur Messung der Performanz die Anzahl der gelösten Aufgaben, die Anzahl der Tastendrucke und die Bearbeitungszeit (Gesamtdauer pro Programmierphase; enthält Lese- und Bedienungszeiten) als abhängige Variablen gewählt. Diese Maße bezogen sich zum einen auf die beiden Programmierphasen I und II mit ihren jeweils sechs Aufgaben, zum anderen aber auch gezielt auf die kritischen Stellen der Originalanleitung. Des weiteren wurde erwartet, daß die Versuchspersonen der Gruppe ALT während der Programmierung mehr Tasten als die Versuchspersonen der Gruppe NEU drücken, die gar nichts mit der Timer-Funktion zu tun haben, da in der Originalanleitung die Beschreibung der Eingabe-Elemente nur sehr lückenhaft ist. Dadurch, daß die Timer-Funktion als EA konzipiert wurde, läßt sich genau die minimale beziehungsweise optimale Anzahl der Bedienschritte feststellen und mit der tatsächlichen Anzahl der Tastendrucke vergleichen.

**Wissensdiagnostik.** Zur Einschätzung des nach den zwei Programmierphasen erworbenen Wissens über die Timer-Programmierung im Sinne der Verfügbarkeit einer ITM wurde den Versuchspersonen im Anschluß an die beiden Programmierphasen ein Fragebogen vorgelegt. Auf der ersten Seite dieses Fragebogens werden den Versuchspersonen einige Fragen gestellt, die sich auf die allgemeine Funktion der Tasten sowie die verschiedenen Möglichkeiten der Timer-Programmierung beziehen. Zum Beispiel wurde hier gefragt, wie viele Sendungen maximal programmiert werden können, welche Funktion die einzelnen Tasten haben oder was unter dem sogenannten VPS-System zu verstehen ist. Der zweite Teil des Fragebogens enthält Diagramme, die aus den drei Komponenten Zustand, Eingabe und Folgezustand bestehen. Eines dieser drei Elemente ist jeweils durch ein Fragezeichen markiert, und war von den Versuchspersonen entweder durch Angabe des korrekten Folgezustandes oder der zu tätigen Eingabe zu ergänzen. Bild 3 zeigt

beispielhaft eines dieser im Fragebogen verwandten Diagramme.

Diese Art der konzeptgeleiteten Diagnostik hat sich als sinnvoll erwiesen, um an die ITM einer Versuchsperson heranzukommen (vgl. Funke und Buchner, 1992).

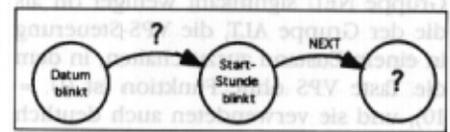


Bild 3: Beispieldiagramm aus dem Fragebogen.

## 4.2 Ergebnisse

Da die Annahme normalverteilter Daten nicht aufrechterhalten werden konnte, wurde als nonparametrisches Verfahren zur Hypothesen-Prüfung der Mann-Whitney-U-Test herangezogen, der Daten auf Ordinalniveau verlangt und mit einer Stärke-Effizienz von 95 Prozent eine sehr gute Alternative zum t-Test darstellt. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde für alle Hypothesentests auf  $\alpha = 0.05$  gesetzt. Der kritische U-Wert für 20 Versuchspersonen pro Gruppe liegt für einen einseitigen Test bei  $U = 138$  (das Testergebnis wird signifikant, wenn der empirische U-Wert den kritischen Wert unterschreitet).

Für Programmierphase II ohne Bedienungsanleitung läßt sich generell festhalten, daß alle Hypothesentests zu Gruppenunterschieden in der Gesamtperformanz sowie in der Performanz an den kritischen Stellen keine signifikanten Ergebnisse erbrachten. Alle im folgenden vorgestellten Ergebnisse beziehen sich also nur noch auf Programmierphase I, in der von den Versuchspersonen die ersten sechs Aufgaben mit Hilfe einer der beiden Bedienungsanleitungen zu bearbeiten waren.

### 4.2.1 Ergebnisse zur Performanz

Eine zentrale Hypothese des Experiments lautete, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU mehr Programmieraufgaben korrekt lösen als die Versuchspersonen der Gruppe ALT. Obwohl die Ergebnisse in der vorhergesagten Richtung liegen, fällt das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests auch für Programmierphase I auf dem vorher festgelegten 5-Prozent-Niveau nicht signifikant aus. Andererseits benötigten die Versuchspersonen der Gruppe NEU aber für die Bearbeitung der ersten sechs Programmieraufgaben signifikant weniger Zeit als die Versuchspersonen der Gruppe ALT ( $U = 99$ ), und sie drückten auch erheblich weniger Tasten ( $U = 79$ ). In Bild 4 und 5

sind die Anzahl der Tastendrücke und die benötigte Zeit für die Bearbeitung der einzelnen Aufgaben dargestellt.

Auch hinsichtlich der kritischen Stellen ergaben sich signifikante Unterschiede, die zugunsten der Gruppe ausfielen, die mit der verbesserten Anleitung arbeitete. So versuchten die Versuchspersonen der Gruppe NEU signifikant weniger oft als die der Gruppe ALT, die VPS-Steuerung in einem Zustand auszuschalten, in dem die Taste VPS ohne Funktion ist ( $U = 10$ ), und sie verwendeten auch deutlich weniger Zeit auf diesen Versuch ( $U = 69$ ). Des weiteren gelang ihnen die Datumseinstellung für eine tägliche Aufnahme wesentlich besser: Sie benötigten dazu weniger Zeit ( $U = 100,5$ ) und drückten auch weniger Tasten ( $U = 89,5$ ). Die in der optimierten Anleitung vorgenommene Verbesserung durch Einführung des Abschnittes „Ändern einer Timer-

Programmierung“ führte dazu, daß die Programmierung von den Versuchspersonen der Gruppe NEU schneller geändert werden konnte als von den Versuchspersonen der Gruppe ALT ( $U = 65,5$ ), nicht jedoch durch weniger Tastendrücke ( $U = 148,5$ ). Die Vermutung, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU den Recorder nicht so lange wie die Versuchspersonen der Gruppe ALT bei eingeschaltetem Timer zu bedienen versuchen (eine manuelle Bedienung ist dann nicht möglich), wurde ebenfalls durch den entsprechenden Hypothesentest bestätigt ( $U = 131,5$ ). Auch drückten sie in diesem Zustand signifikant weniger Tasten ( $U = 136,5$ ). Der Hypothesentest zur Anzahl der autonomen Zustandsübergänge zeigt, daß der zusätzliche Hinweis in der verbesserten Anleitung, daß der Recorder den Programmiermodus automatisch verläßt, wenn innerhalb einer Zeitspanne

von 20 Sekunden keine Taste gedrückt wird, tatsächlich dazu führte, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU signifikant weniger oft dem „20-Sekunden-Drama“ ausgesetzt waren als die Versuchspersonen der Gruppe ALT ( $U = 98,5$ ). Eine weitere Hypothese bezog sich auf die Anzahl der gedrückten Tasten während Programmierphase I, die für die Timer-Programmierung nicht relevant sind. Die Versuchspersonen der Gruppe ALT drückten signifikant häufiger Tasten, die mit der Timer-Programmierung überhaupt nichts zu tun haben, als die Versuchspersonen der Gruppe NEU ( $U = 136$ ). Keine bedeutsamen Unterschiede ergaben sich für das Einschalten des Recorders, für das Einschalten des Tuners, für die Identifizierung eines bereits programmierten Speicherplatzes und für die Programmierung einer wöchentlichen Aufnahme.

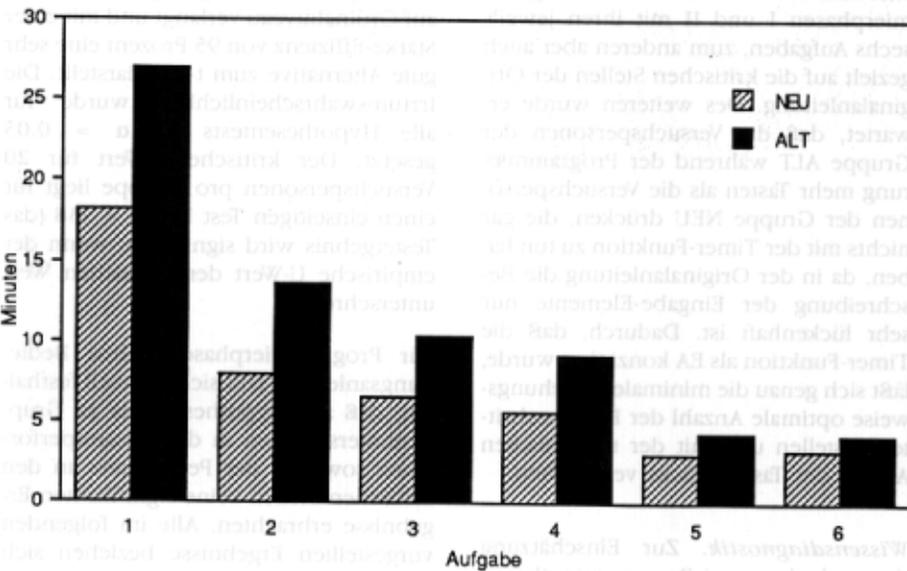


Bild 4: Mittlere Zeiten für die einzelnen Aufgaben in Programmierphase I, getrennt für die Gruppen ALT und NEU

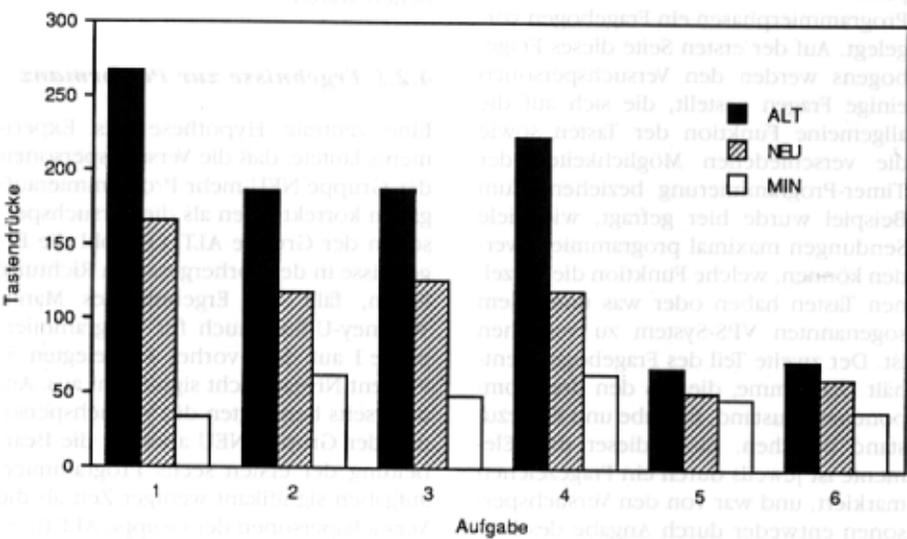


Bild 5: Mittlere Anzahl der Tastendrücke für die einzelnen Aufgaben in Programmierphase I, getrennt für die Gruppen ALT und NEU. Zusätzlich abgetragen ist die optimale Anzahl der Tastendrücke (MIN)

#### 4.2.2 Ergebnisse zum erworbenen Wissen

Hinsichtlich des während der zwei Programmierphasen erworbenen Wissens läßt sich festhalten, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU signifikant mehr Wissensfragen beantworten ( $U = 106,5$ ) und auch signifikant mehr Elemente in den Diagrammen korrekt ergänzen konnten ( $U = 135$ ) als die der Gruppe ALT. Damit ist auf der Ebene des verfügbaren Wissens ein deutlicher Vorteil der verbesserten Manualversion zu konstatieren. Wie langfristig ein derartiger Wissensvorsprung anhält, ist derzeit allerdings nicht zu sagen. Hierzu sind weitere Untersuchungen in Vorbereitung.

#### 4.2.3 Ergebnisse zur Beurteilung der Anleitung

Zur Beurteilung der Bedienungsanleitung durch die Versuchspersonen auf einer fünfstufigen Notenskala (1 = sehr gut, 5 = mangelhaft) wurde keine Hypothese aufgestellt, weswegen dieser Befund nur deskriptiv dargestellt wird. Festzuhalten ist, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU die Bedienungsanleitung im Schnitt besser beurteilten als die Versuchspersonen der Gruppe ALT (Mittelwerte:  $M_{NEU} = 2$ ,  $M_{ALT} = 2,75$ ).

### 5 Diskussion

In der vorgestellten Untersuchung konnte gezeigt werden, daß die Theorie endlicher Automaten geeignet ist, inhaltliche Fragen der Anleitungsgestaltung zufriedenstellend zu lösen. Dabei zeigten sich besonders in der initialen und entscheidenden Lernphase positive Effekte auf

die Performanz der Versuchspersonen. So hatten die Versuchspersonen der Bedingung ALT durchschnittlich erst 27 Minuten nach Erhalt der Bedienungsanleitung die erste Aufgabe abgeschlossen (im Gegensatz zu 18 Minuten in der Gruppe NEU), nur 7 von 20 Versuchspersonen der Gruppe ALT lösten diese erste Aufgabe korrekt (im Gegensatz zu 13 korrekten Lösungen in der Gruppe NEU). Für die gesamte erste Programmierphase benötigten die Versuchspersonen der Gruppe ALT im Schnitt 22 Minuten länger als die Versuchspersonen der Gruppe NEU. Überträgt man diese Ergebnisse unserer Laboruntersuchung auf die Praxis, dann wird verständlich, warum so viele Besitzer eines Videorecorders nach den ersten vergeblichen Programmierversuchen frustriert aufgeben. In der Praxis, so ist zu vermuten, wird ein derart langer und in vielen Fällen erfolgloser erster Programmierversuch dazu führen, daß diese Funktion in Zukunft nicht mehr genutzt werden wird.

Bei der Bearbeitung der Aufgaben in Programmierphase II fielen die Unterschiede nicht mehr signifikant aus, was aber auch nicht verwunderlich ist, wenn man berücksichtigt, daß die Versuchspersonen der Gruppe ALT im Schnitt 22 Minuten länger für die Bearbeitung der ersten sechs Programmieraufgaben benötigten und somit auch 22 Minuten länger Erfahrungen im Umgang mit dem Videorecorder sammeln konnten. Erstaunlich ist, daß diese fehlenden Gruppenunterschiede in Programmierphase II sich nicht auch im abschließenden Wissensfragebogen widerspiegeln, in dem die Versuchspersonen der Gruppe NEU deutlich besser abschnitten als die der Gruppe ALT. Diese Diskrepanz wird erklärbar, wenn man zwei unterschiedliche Wissensarten annimmt, die bei der Mensch-Maschine-Interaktion eine Rolle spielen: Systemwissen und Aktionswissen (z. B. Rasmussen, 1983). Demnach hätten die Versuchspersonen der Gruppe ALT Aktionswissen, aber kaum Systemwissen erworben.

Die signifikanten Gruppenunterschiede hinsichtlich der richtig beantworteten Items des abschließenden Fragebogens zeigten, daß den Versuchspersonen der

Gruppe NEU nicht nur die Bedienung des Videorecorders besser gelang, sondern daß sie auch eine korrektere und vollständigere Repräsentation der internen Struktur der Timer-Funktion aufbauen konnten als die Versuchspersonen der Gruppe ALT. Die signifikanten Gruppenunterschiede zeigen, daß die Versuchspersonen der Gruppe NEU durch die in der optimierten Anleitung vorgenommenen Verbesserungen eine vollständigere Repräsentation der Timer-Funktion im Sinne einer ITM aufbauen konnten als die Versuchspersonen der Gruppe ALT, die die Lücken in ihrer ITM nur durch das Ziehen von Inferenzen und durch Ausprobieren schließen konnten, was ihnen aber anscheinend nicht so gut gelang. Da das Ziel eines Manuals primär im Aufbau einer adäquaten Geräterepräsentation beziehungsweise im Aufbau von Strukturwissen auf Seiten des Benutzers besteht, scheint dieses Ziel durch die von uns konstruierte Anleitung erreicht.

Es mag auf den ersten Blick trivial erscheinen, daß erkannte und beseitigte Lücken in einer Anleitung zu besserer Leistung führen. Nicht trivial erscheint uns allerdings, daß das Aufdecken derartiger Lücken erst durch den hier vorgeschlagenen Formalismus möglich wurde. Genau diesem Problem der auszuwählenden (und auch wegzulassenden) Inhalte stellt sich unser Ansatz – und erweist sich in der empirischen Prüfung als zumindest akzeptabel.

An dieser Stelle soll noch darauf hingewiesen werden, daß die im Experiment verwandte Originalanleitung bei weitem nicht zu den schlechtesten gehörte. Es ist also zu vermuten, daß sich im Experiment noch stärkere Effekte gezeigt hätten, hätten wir eine Anleitung zugrundegelegt, die in noch mehr Punkten einer korrekten und vollständigen Transitionsmatrix widerspricht. Allerdings sind auch die Ergebnisse in der Gruppe, die mit der verbesserten Anleitungsversion arbeitete, noch nicht zufriedenstellend. Besonders hinsichtlich der Anzahl korrekter Programmierungen lassen auch ihre Ergebnisse noch zu wünschen übrig. Eine weitergehende Optimierung könnte durch Maßnahmen der Text- und

Bildgestaltung erreicht werden, aber auch Maßnahmen am Gerät selber wie Veränderungen der implementierten Funktion oder der Ein- und Ausgabelemente könnten zu einer Steigerung der Benutzerfreundlichkeit beitragen (vgl. Cushman und Rosenberg, 1991). An diesem kombinierten Optimierungsweg arbeiten wir derzeit.

## Literatur

- Anderson, J. R.: The architecture of cognition. Harvard University Press, Cambridge (Mass.) 1983
- Buchner, A.; Funke, J.: Finite state automata: Dynamic task environments in problem solving research. Quarterly Journal of Experimental Psychology, in press
- Cushman, W. H.; Rosenberg, D. J.: Human factors in product design. Elsevier, Amsterdam 1991
- Funke, J.; Buchner, A.: Finite Automaten als Instrumente für die Analyse von wissensgeleiteten Problemlöseprozessen: Vorstellung eines neuen Untersuchungsparadigmas. Sprache & Kognition, 1992, 11, S. 27-37
- Groeben, N.: Leserpsychologie: Textverständnis – Textverständlichkeit. Aschendorff, Münster 1982
- Hopcroft, J. E.; Ullmann, J. D.: Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexitätstheorie. Addison-Wesley, Bonn 1988
- Kieras, D. E.: What mental model should be taught: Choosing instructional content for complex engineered systems. In: Psotka, J.; Muiassey, L. D.; Mutter, S. A. (Hrsg.): Intelligent tutoring systems. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale (New Jersey) 1988, p. 85-112
- Rasmussen, J.: Skills, rules, and knowledge: Signals, signs, and symbols, and other distinctions in human performance models. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1983, SMC-13, p. 257-266
- Whitefield, A.: Human-computer interaction models and their roles in the design of interactive systems. In: Falzon, P. (Hrsg.): Cognitive ergonomics: understanding, learning and designing human-computer interaction. Academic Press, London 1990, p. 7-25
- Anschritt der Verfasser:  
Privatdozent Dr. Joachim Funke  
Dipl.-Psych. Heike Gerdes  
Psychologisches Institut, Universität Bonn,  
Römerstr. 164, D-5300 Bonn 1