

Diskrete Dynamische Systeme: Der Einfluß perzeptueller Strukturierung auf Komposition und Transfer von Wissen über Bediensequenzen

Discrete Dynamic Systems: The Impact of Perceptual Structuring
on Composition and Transfer of Knowledge about Operating Sequences

Burkhard Müller, Joachim Funke und Axel Buchner*)

Psychologisches Institut der Universität Bonn
FBI — Psychologie — der Universität Trier

Es werden zwei Experimente berichtet, in denen der Einfluß der Gruppierung von Bedienelementen auf die Organisation und Nutzung von Bedienwissen untersucht wird. In *Experiment 1* wurde zunächst geprüft, in welchem Ausmaß verschiedene Arten perzeptueller Strukturierungen der Bedienoberfläche eines abstrakten Automaten bei der Reproduktion von Bediensequenzen zur Induktion von Chunks führen. Der Einfluß der Strukturierung war nicht eindeutig und hing für verschiedene Modalitäten davon ab, ob die Sequenzen vorgeführt wurden oder durch Probieren selbst herausgefunden werden mußten. In *Experiment 2* wurde untersucht, inwieweit Transferleistungen bei unterschiedlichen Bedingungen der Transferierbarkeit von Bedienwissen durch die perzeptuelle Strukturierung der Bedienelemente beeinflußt werden. In der Erwerbsphase wurde die Gelegenheit zur Komposition von Wissens-elementen über zwei verschiedene Lernkriterien variiert. In der anschließenden Transferphase konnten entweder (1) die gesamte Teilsequenz innerhalb eines Bereichs, (2) zwei aufeinanderfolgende Teilsequenzen benachbarter Bereiche oder (3) einzelne Komponenten übertragen werden. Für den Transfer erwiesen sich sowohl die Bereichszugehörigkeit als auch das unmittelbare Aufeinanderfolgen von Komponenten als bedeutsam. Die Ergebnisse implizieren, daß nicht

*) Die berichteten Befunde stammen aus dem Projekt „Analyse von Lernprozessen beim Umgang mit finiten Automaten (ALFA)“, gefördert von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (Az.: Fu 173/3).

Für die Unterstützung bei der Programmierung und Datenerhebung danken wir Herrn cand.-psych. René Jerusalem sowie Frau Dipl.-Psych. Melanie Steffens, für hilfreiche Kommentare und Anregungen zu früheren Fassungen des Manuskripts danken wir Frau Dr. Bianca Vaterrodt-Plünnecke und Herrn Prof. Dr. Jürgen Bredenkamp.

die Strukturierung der Bedienoberfläche per se, sondern die sich in der Zeit daraus ergebende Abfolge der Strukturierungsbereiche für Organisation und Nutzung von Wissen über entsprechende Sequenzen entscheidend ist.

Schlagworte: Chunks — diskrete dynamische Systeme — Komposition von Wissen — Sequenzlernen — Transfer

Umgang mit diskreten dynamischen Systemen

Täglich hantieren wir mit Videorecordern, Waschmaschinen, Fahrkartenautomaten, Software oder ähnlichen Systemen. Der Umgang mit diesen Systemen verlangt, daß ausgehend von einem Anfangszustand durch entsprechende Maßnahmen Folgezustände erreicht werden, die angestrebte Handlungsziele realisieren. Die dynamische Veränderung von Zuständen dieser Systeme und darauf bezogene Interventionsmöglichkeiten lassen sich im Rahmen der Theorie endlicher Automaten allgemein beschreiben (vgl. Funke & Buchner, 1992). Diese Theorie bietet den Vorteil, die Struktur diskreter dynamischer Systeme in Form von Transitionsmatrizen darstellen zu können, die aus der Sicht von Benutzern Anfangszustände, Interventionen und Folgezustände in Beziehung setzen. Als Basiselemente des Bedienwissens können Tripel, bestehend aus Anfangszustand, Intervention und Folgezustand, angesehen werden, die für spezifische Bedienziele sequentiell kombiniert werden müssen. Aus dieser Annahme ergibt sich die Möglichkeit, Wissen über das System und seine Bedienung dadurch zu diagnostizieren, daß (1) bei vorgegebenem Anfangs- und Folgezustand nach der nötigen Intervention gefragt wird, (2) bei vorgegebenem Anfangszustand und einer Intervention nach dem Folgezustand gefragt wird oder (3) bei vorgegebener Intervention und Folgezustand nach dem Anfangszustand gefragt wird. Ein weiterer Vorteil dieser Konzeptualisierung diskreter dynamischer Systeme besteht darin, daß für einzelne Bearbeitungsziele aus den Übergangsmatrizen algorithmisch optimale Sequenzen von Interventionen ableitbar sind. Damit kann in Untersuchungen zu Erwerb und Anwendung von Wissen die Performanz von Versuchspersonen objektiv bestimmt werden. Die Analyse der Übergangsmatrizen kann auch zur Bewertung und Verbesserung von Instruktionen genutzt werden. So konnten Funke und Gerdes (1993) am Beispiel von Videorecordern zeigen, daß Funktionsbeschreibungen in zugehörigen Manualen unvollständig und sogar fehlerhaft waren. Der Vergleich von Gruppen, die entweder das Gerät unter Verwendung des Originalmanuals oder einer auf der Grundlage dieser Analyse verbesserten Version zu bearbeiten hatten, erbrachte klare Vorteile für die Gruppe mit der verbesserten Variante.

In Erweiterung der genannten Annahmen über die Repräsentation von Wissen über die Bedienung diskreter dynamischer Systeme wird davon aus-

gegangen, daß mit zunehmender Erfahrung im Umgang mit einem spezifischen System Bedienwissen als serielle Ordnungsinformation über mögliche „Zustand-Intervention-Zustand“-Übergänge repräsentiert wird. Hinweise auf derartige Repräsentationen von Systemwissen haben sich z. B. in Verifikationsaufgaben ergeben, bei denen beurteilt werden mußte, ob vorgegebene Zustandsübergänge des Systems zulässig sind (Buchner & Funke, 1993). Die Urteilszeiten waren dann signifikant geringer, wenn die Präsentationsreihenfolge der einzelnen zu beurteilenden Übergänge der „natürlichen“ Sequentialität des Systems entsprach. Über einfache assoziative Verknüpfungen von interventionsgesteuerten Zustandsübergängen hinaus werden dabei komplexere Formen der Wissensorganisation angenommen, die mit dem Konzept der Chunk-Bildung zu verbinden sind. Die beiden hier berichteten Experimente sollen weitere Implikationen der theoretischen Modellvorstellungen von Buchner und Funke (1993) prüfen.

Chunk-Bildung und Komposition von Wissensstrukturen

Das Konzept des Chunks umfaßt den Sachverhalt der subjektiven Organisation einzelner Wissensbestandteile in neuen, übergeordneten Einheiten und wurde von Miller (1956) zur Erklärung des inhaltsvarianten Informationsgehaltes bei angenommener Kapazitätsbeschränkung kurzzeitiger Speicherung eingeführt. In modernen Theorien zum Erwerb von Fertigkeiten bezeichnet Chunk-Bildung oder Komposition Prozesse der Wissensorganisation, die dem ursprünglichen Konzept entsprechend als Zusammenballungen von Elementen angenommen werden, um bei begrenzter Verarbeitungskapazität die Performanzsteigerung mit zunehmender Übung zu erklären (Anderson, 1983; Lewis, 1987; MacKay, 1982; Neves & Anderson, 1981; Newell, 1990). Gegenüber einer einfachen assoziativen Verknüpfung aufeinanderfolgender Informationen und Aktionen wird dabei angenommen, daß Basiselemente des Wissens zu neuen Einheiten zusammengefaßt werden, aus denen auf einer höheren Ebene wiederum neue Einheiten gebildet werden.

In einer neueren Arbeit stellen Servan-Schreiber und Anderson (1990) ihre Theorie des „competitive chunking“ vor, mit der sie Phänomene des nicht-intentionalen Lernens strukturierter Lernmaterials (z. B. regelhafte Buchstabenreihen) modellieren konnten. Die Autoren beschreiben die für derartige Experimente typischen Lernprozesse als Etablierung hierarchischer Netzwerke von Chunks, deren unterste Schicht aus einzelnen, bekannten Ereignissen (z. B. den Buchstaben der Sequenz S-V-P) besteht. Diese Hierarchie entsteht dadurch, daß zunächst einzelne Elemente einer Sequenz (z. B. Buchstaben) aufgrund ihrer Kontingenz zu Sub-Chunks

zusammengefaßt werden. Aus den Sub-Chunks werden wiederum Chunks höherer Ordnung gebildet. Die Anzahl der Chunks im resultierenden Perzept einer Sequenz ist ein Maß für die Kompaktheit der Stimulusrepräsentation und damit auch zugleich für dessen Vertrautheit. Auf der Basis der Vertrautheit sollen dann die Grammatikalitätsurteile erfolgen. Im Unterschied zu Miller (1956), der Chunk-Bildung als bewußte Rekodierung von Information auffaßte, und der Auffassung von Reber (1967, 1976), wonach das unbewußte Erfassen von abstrakten Regularitäten des Reizmaterials sogar noch leichter fallen soll, gehen Servan-Schreiber und Anderson davon aus, daß die Lernprozesse bei der Bildung von Chunks sequentieller Ereignisse immer unbewußt ablaufen und lediglich deren Ergebnisse mehr oder weniger bewußt sein können. Durch die formale Nähe von finiten Grammatiken und finiten Automaten erhalten diese Vorstellungen unmittelbare Relevanz für Untersuchungen zu Lernprozessen beim Umgang mit diskreten dynamischen Systemen.

Fragestellung und Überblick über die Experimente

Zur Induktion von Chunks können verschiedene Verfahren eingesetzt werden. Hierzu gehören (1) die *Wiederholung* kurzer Eingabesequenzen von drei bis vier Elementen (Frensch, 1991), (2) die *Rhythmisierung* der vorgegebenen Sequenzen (Bower & Winzenz, 1969), (3) ein deutlicher *Kontextwechsel* bei Sequenzwechsel (McLean & Gregg, 1967) oder (4) die *räumliche Gruppierung* von Sequenzelementen (Johnson, 1970). In den beiden Experimenten dieses Beitrags wird analog zu Verfahren (4) die Gruppierung von Bedienelementen der Oberfläche abstrakter Automaten eingesetzt (siehe Abbildung 1 weiter unten), die jeweils durch eine Serie von Eingaben von einem Anfangs- in einen Zielzustand zu bringen sind. Durch unterschiedliche wahrnehmungsbezogene Kontextmerkmale der Elemente wird die Bedienoberfläche in verschiedene Bereiche unterteilt. Entsprechend dem Prinzip der „common regions“ (Palmer, 1992) sollte die perzeptuelle Identität der Kontexte zur Gruppierung der Bedienelemente und damit zur Induktion von Chunks führen, die die Teilsequenzen innerhalb dieser Bereiche zusammenfassend repräsentieren. Für die Wirksamkeit dieser wahrnehmungsbezogenen Art der Strukturierung spricht darüber hinaus, daß mit einem Gegenstandsbereich unvertraute Personen dazu neigen, neu zu erwerbendes Wissen anhand oberflächlicher Merkmale zu organisieren (vgl. Chi, Feltovich & Glaser, 1981).

In Experiment 1 wird untersucht, in welchem Ausmaß verschiedene Formen der perzeptuellen Strukturierung der Bedienoberfläche die Reproduzierbarkeit von Bediensequenzen beeinflussen. In Experiment 2 wird unter-

sucht, wie Chunks von Bedienwissen transferiert werden können. Damit wird exemplarisch im Rahmen von zwei verschiedenen Paradigmen des sequentiellen Lernens nach dem Einfluß der perzeptuellen Oberflächenstrukturierung auf die Organisation und Nutzung von Bedienwissen gefragt.

In beiden Experimenten werden „sinnfreie“ Automaten mit abstrakten Bedienoberflächen eingesetzt. Diese Reduktion erscheint berechtigt, um vor der Untersuchung von Alltagsautomaten zu prüfen, inwieweit Konzepte aus dem Bereich sequentiellen Lernens überhaupt auf Lernprozesse beim Umgang mit diskreten dynamischen Systemen übertragen werden können.

EXPERIMENT 1

Effekte unterschiedlicher Oberflächenstrukturierung auf die Reproduzierbarkeit von Bediensequenzen

In Experiment 1 haben Versuchspersonen (Vpn) die Aufgabe, vorgeführte oder selbständig explorierte Sequenzen von Eingaben in einen Automaten zu reproduzieren. Mit Ausnahme einer Kontrollgruppe ist je nach Versuchsbedingung die Bedienoberfläche mittels visueller und/oder akustischer Merkmale strukturiert. Die visuelle Strukturierung besteht darin, daß drei Gruppen benachbarter Eingabeelemente (Tasten) der Bedienoberfläche jeweils ein identisches Hintergrundmuster aufweisen. Die akustische Strukturierung besteht darin, daß beim Drücken zusammengehörender Tasten derselbe Ton erklingt. Beide Formen der Strukturierung sind bei alltäglich genutzten Systemen üblich, um die Zusammengehörigkeit bestimmter Tasten zu unterstreichen.

Methode

Versuchsplan

In allen Bedingungen hatten die Vpn die Aufgabe, 20 Eingabesequenzen zweimal hintereinander fehlerfrei zu reproduzieren.

Als Bedienfeld eines abstrakten Automaten wurde das in Abbildung 1 dargestellte Display auf dem Neun-Zoll-Bildschirm eines Apple Macintosh SE vorgegeben. Der räumliche Abstand zwischen je zwei benachbarten Tasten auf dem Bedienfeld war gleich groß. Im Zentrum wurde die aktuelle Sequenzposition angezeigt; im Ausgangszustand war die Anzeige leer. Eingaben erfolgten dadurch, daß der Zeiger einer Computermaus auf die entsprechende Taste des Bedienfelds positioniert und die Maustaste gedrückt wurde.

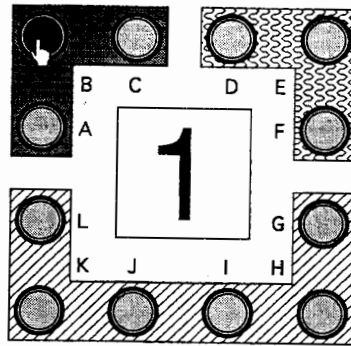


Abbildung 1

Bildschirm-Display für Experiment 1 mit Anordnung der zwölf Tasten in drei Bereichen für die Versuchsbedingung mit visueller Strukturierungshilfe; die Zahl im Zentrum gibt die aktuelle Sequenzposition an (hier: B an Position 1); die Tastenbezeichnungen waren nicht sichtbar.

Als *unabhängige Variablen* dienten zum einen die *akustische Strukturierung* (vorhanden oder nicht) und die *visuelle Strukturierung* (vorhanden oder nicht), die vollständig gekreuzt zu vier Versuchsbedingungen führen: nur akustisch (A), nur visuell (V), akustisch und visuell (AV), ohne Strukturierung (KG). Zum anderen wurde blockweise die *Reihenfolge von zwei verschiedenen Erhebungsformen* innerhalb der einzelnen Strukturierungsbedingungen variiert. Die eine Hälfte der Sequenzen mußte selbst herausgefunden werden (*Explorierbedingung*). Dabei mußten solange Tasten gedrückt werden, bis die richtige gefunden wurde und der Automat in den nächsten Zustand wechselte. Die verbleibenden zehn Sequenzen wurden jeweils vorgeführt (*Vorführbedingung*). Insgesamt resultieren somit $2 \times 2 \times 2 = 8$ verschiedene Versuchsbedingungen.

Als *abhängige Variablen* wurde zum einen die Anzahl von Wiederholungen betrachtet, die bis zum Erreichen des Lernkriteriums benötigt wurden. Zur Erfassung ausgebildeter Ordnungsstrukturen in der freien seriellen Reproduktion wurden *transitional-error probabilities (TEPs)* ermittelt (vgl. Johnson, 1970). TEPs werden geschätzt aus der relativen Häufigkeit, mit der bei der Reproduktion einer Ereignissequenz dann an einer Position ein Fehler gemacht wird, wenn die vorhergehende Position korrekt bearbeitet wurde.

Hypothesen

Mit dem Versuchsplan von Experiment 1 sind zwei Hypothesen verbunden: (1) Die visuelle und/oder akustische Strukturierung der Bedienober-

fläche sollte gegenüber der Kontrollgruppe generell zu einer erleichterten Reproduzierbarkeit sowohl der explorierten als auch der vorgeführten Bediensequenzen führen. (2) Die Strukturierung sollte bewirken, daß die TEPs für Übergänge *zwischen* Strukturierungsbereichen erhöht und für Übergänge *innerhalb* von Bereichen erniedrigt sind. Die vollständige Variation der Strukturierungsmerkmale sollte erlauben, eventuelle Unterschiede in der Bedeutung der verschiedenen Modalitäten für die Chunk-Induktion feststellen zu können.

Versuchsmaterial

Die *akustische Strukturierung* bestand darin, daß mit dem „Anklicken“ einer Taste eine regional spezifische akustische Rückmeldung von ca. 50 ms Dauer gegeben wurde. Dazu wurden als gut unterscheidbare Töne ein 1400-Hz-Sinuston (Tasten A bis C), weißes Rauschen (Tasten D bis F) sowie ein 8000-Hz-Rechteckton (Tasten G bis L) eingesetzt. Die akustische Rückmeldung wurde binaural über einen am Computer angeschlossenen Stereokopfhörer Typ GT-365 TVK mit mittlerer Lautstärke dargeboten.

Die *visuelle Strukturierung* wurde dadurch realisiert, daß das Bedienfeld durch Umrahmungen der Bedienelemente in drei gut unterscheidbare Berei-

Tabelle 1
Die zehn Tastensequenzen der Explorierbedingung

Sequenztyp	Tastensequenz										
E 1	A	A		F	E	F	D		C	A	C
K 1	K	L		G	E	D	I		J	L	J
E 2	B	A		C	D	E	E		F	A	B
K 2	I	G		J	I	D	F		G	L	L
E 3	H	J		K	G	F	E		D	B	C
K 3	I	G		F	F	E	D		I	K	J
E 4	D	E		C	B	A	L		K	H	I
K 4	I	H		J	C	B	A		A	L	K
E 5	K	I		L	A	C	A		B	E	F
K 5	G	J		H	G	B	B		K	H	G

Anmerkungen: Die Buchstaben beziehen sich auf die Anordnung der zwölf Tasten gemäß Abbildung 1. Senkrechte Trennstriche zeigen die Bereichswchsel an. Kursive Buchstabenpaare der jeweiligen Experimental- (E) und Kontrollfolge (K) entsprechen einander hinsichtlich räumlicher Distanz, nicht aber hinsichtlich der Übergangsart: Während die Paare der Experimentalfolgen jeweils einen Bereichswchsel repräsentieren, stellen die Paare der Kontrollfolgen Übergänge innerhalb von Bereichen dar.

che aufgeteilt ist (vgl. Abbildung 1). Es gehörten jeweils die Tasten A bis C, D bis F und G bis L zusammen.

Als zu reproduzierende *Eingabefolgen* wurden zehn verschiedene Tastensequenzen erzeugt, von denen die Hälfte als Experimentalsequenzen, die andere Hälfte als Kontrollsequenzen konzipiert waren. Die in Tabelle 1 dargestellten Sequenzen wurden in der Explorierbedingung eingesetzt, für die Vorführbedingung wurden dieselben Sequenzen rückwärts dargeboten. Bei Experimentalsequenzen wechselte bei je zwei Übergängen der Strukturierungsbereich. Diese Übergänge waren von ihrem räumlichen Abstand und der Sequenzposition der beteiligten Tasten her mit den Übergängen bei den Kontrollsequenzen vergleichbar, wobei in der jeweils zugeordneten Kontrollsequenz bei den entsprechenden Übergängen kein Bereichswechsel stattfand. So stellt z. B. in der Sequenz E2 der Übergang C—D einen Übergang *zwischen* Bereichen dar, während der dazu korrespondierende Übergang J—I aus der Sequenz K2 *innerhalb* eines Bereichs liegt (vgl. Abbildung 1). Damit sollte gewährleistet werden, daß weder Sequenzposition noch räumliche Distanz für eintretende Effekte verantwortlich gemacht werden können, sondern ausschließlich strukturierungsbedingte Gruppierungseffekte.

Versuchspersonen

Es wurde davon ausgegangen, daß sich für die verschiedenen Strukturierungen deutliche Effekte zeigen. Um starke Effekte ($f = 0.40$ gemäß der Konvention von Cohen, 1977) bei $\alpha = \beta = .05$ für die einfachen Haupteffekte entdecken zu können, sind neun Vpn für jede der acht Versuchsgruppen notwendig.¹⁾ Die Vpn waren 23 männliche und 49 weibliche Studierende der Universität Bonn im Alter zwischen 19 und 38 Jahren ($M = 23.51$; $SD = 3.60$). Die Zuordnung zu den experimentellen Bedingungen erfolgte zufällig. Die Teilnahme am Experiment wurde mit DM 10,— oder einer für das Studium relevanten Teilnahmebescheinigung honoriert.

Versuchsablauf

Das Experiment wurde als Einzelversuch durchgeführt. Je nach Versuchsbedingung informierte die Instruktion entweder über die Explorier- oder die Vorführbedingung. Unter beiden Bedingungen fanden vor der experimentellen Phase zwei Übungsdurchgänge mit jeweils sechs Eingaben statt.

In der *Explorierbedingung* mußten die Vpn die Eingaben einer Sequenz selbst herausfinden, indem sie eine der zwölf Tasten „anklickten“. Erst wenn die Eingabe richtig war, wurde die entsprechende Taste invertiert und

¹⁾ Diese Berechnung beruht auf dem Programm G-Power (Version 1.2; Buchner, Faul & Erdfelder, 1992).

der Automat wechselte in den nächsten Zustand, d. h. die Zahl im Zentrum des Bildschirms erhöhte sich um 1 (vgl. Abbildung 1). Die Vpn waren aufgefordert, nach dem Herausfinden der Sequenz diese so schnell wie möglich zweimal hintereinander fehlerfrei einzugeben.

In der *Vorführbedingung* wurde die korrekte Folge von Eingaben vorgeführt. Anschließend sollten die Vpn diese Folge möglichst schnell zweimal hintereinander fehlerfrei reproduzieren. Bei einer fehlerhaften Eingabe wurde die Bearbeitung sofort unterbrochen und die gesamte Sequenz erneut vorgeführt.

Nach der erfolgreichen Bearbeitung einer Sequenz konnten die Vpn eine Pause beliebiger Länge machen. Nach der erfolgreichen Bearbeitung jeder dritten Sequenz wurde den Vpn ihre bisherige Leistung zurückgemeldet.

Ergebnisse

Inferenzstatistische Analysen zum Einfluß der Strukturierungen wurden als geplante Kontraste zwischen den experimentellen Gruppen und der Kontrollgruppe durchgeführt.

Vorführbedingung

Die zehn Sequenzen der Vorführbedingung wurden bis zum Erreichen des Lernkriteriums durchschnittlich zwischen 2.69 und 5.43mal wiederholt. Während bei der leichtesten Sequenz damit nur 0.69 über das Lernkriterium hinausgehende Wiederholungen erforderlich waren, waren es bei der schwierigsten 3.43. Die Anzahl der Wiederholungen unterschied sich nicht zwischen den experimentellen Gruppen.

Tabelle 2
TEPs bei Vorführsequenzen pro Versuchsbedingung und Übergangsart

Strukturierung	Übergangsart		
	Innerhalb	Zwischen	Gesamt
ohne (KG)	7.22	5.44	6.33
Akustisch (A)	5.83	7.11	6.47
Visuell (V)	8.28	7.72	8.00
Akustisch und Visuell (AV)	8.33	4.94	6.64
Gesamt	7.42	6.31	6.86

Anmerkung: Angaben in Prozent.

In Tabelle 2 sind für die beiden Übergangsarten (*innerhalb* einer Region vs. *zwischen* zwei Regionen) die TEPs für jede der Versuchsgruppen angegeben. Wie die geringen Wiederholungen der Sequenzen erwarten lassen, fallen diese Werte insgesamt sehr niedrig aus. Entgegen den Erwartungen sind mit Ausnahme der Gruppe A die Werte für die Übergänge innerhalb der Bereiche höher als für die zwischen den Bereichen. Bei den Übergängen zwischen Regionen sind erwartungsgemäß gegenüber der Kontrollgruppe (KG) erhöhte Werte für die Gruppen A und V zu beobachten. Inferenzstatistisch ist im Vergleich zur Kontrollgruppe der Effekt der Strukturierung lediglich für die Gruppe mit akustischer Strukturierung (A) signifikant ($t_{(64)} = 2.58$).

Explorierbedingung

Die zehn Sequenzen der Explorierbedingung wurden durchschnittlich zwischen 4.15 und 5.46mal wiederholt. Die Unterschiede zwischen den Sequenzen sind damit im Unterschied zur Vorführbedingung eher geringfügig. Wie in der Vorführbedingung unterscheiden sich die experimentellen Gruppen nicht in der Anzahl der Wiederholungen.

In Tabelle 3 sind die TEPs getrennt nach Strukturierungsbedingung und Übergangsart angegeben. Insgesamt fallen die Werte höher aus als bei den Vorführsequenzen (12.15% vs. 6.86%). Die Werte für Übergänge zwischen Bereichen sind erwartungsgemäß höher als die für Übergänge innerhalb von Bereichen. Dieser Unterschied ist in erster Linie auf die Gruppen V und AV zurückzuführen. Für die Kontrollgruppe und die Gruppe A sind die Werte für die beiden Übergangsarten vergleichbar groß. Inferenzstatistisch ist im Vergleich zur Kontrollgruppe der Einfluß der Strukturierung für die Gruppen V und AV signifikant ($t_{(64)} = 1.70$ bzw. $t_{(64)} = 2.23$).

Für die Explorierbedingung wurden weiterhin die ersten Fehleingaben bei Übergängen zwischen Regionen danach differenziert, zu welcher

Tabelle 3
TEPs bei Exploriersequenzen pro Versuchsbedingung und Übergangsart

Strukturierung	Übergangsart		
	Innerhalb	Zwischen	Gesamt
ohne (KG)	12.88	12.37	12.63
Akustisch (A)	10.24	10.97	10.61
Visuell (V)	10.17	13.99	12.08
Akustisch und Visuell (AV)	10.47	16.11	13.29
Gesamt	10.94	13.36	12.15

Anmerkung: Angaben in Prozent.

Tabelle 4
Quoten von Fehlerarten der ersten Fehleingabe für Übergänge zwischen Regionen

Strukturierung	Region der ersten Fehleingabe			
	aktuelle	vorhergehende	drritte	Gesamt
ohne (KG)	6.7	11.0	6.2	8.0
Akustisch (A)	5.6	12.5	3.0	7.1
Visuell (V)	6.8	14.8	2.1	7.9
Akustisch und Visuell (AV)	7.1	16.0	3.8	9.0
Gesamt	6.5	13.6	3.8	8.0

Anmerkung: Angaben in Prozent.

Region die entsprechende Taste gehört. Es ergeben sich drei mögliche Fehlerarten: (1) innerhalb der *aktuellen* Region, (2) innerhalb der Region der *vorhergehenden* Eingabe und (3) innerhalb der *dritten* Region.

In Tabelle 4 sind nach Strukturierungsbedingung getrennt die Quoten dieser Fehlerarten angegeben. In den Bedingungen mit visueller Strukturierung wurden insgesamt mehr Fehler gemacht, was in erster Linie auf die geringen Werte für die Gruppe A und die hohen für die Gruppe AV zurückzuführen ist. Hinsichtlich der Fehlerart gilt generell: Wenn die erste Fehleingabe für Übergänge zwischen Regionen nicht innerhalb der richtigen Region war, erfolgte sie unter allen Strukturierungsbedingungen gegenüber der Kontrollgruppe eher in der Region der vorhergehenden Eingabe als in der dritten Region (Gruppe A: $t_{(64)} = 2.61$; Gruppe V: $t_{(64)} = 4.39$; Gruppe AV: $t_{(64)} = 4.11$).

Diskussion

Entgegen Hypothese (1) zeigte sich für die Sequenzen der beiden Lernbedingungen keine erleichterte Reproduzierbarkeit durch die Strukturierung der Bedienoberfläche. Für die Sequenzen der Vorführbedingung zeigte sich lediglich für die Gruppe mit akustischer Strukturierung (A) gemäß Hypothese (2), daß im Vergleich zur Kontrollgruppe die TEPs bei Übergängen zwischen Bereichen erhöht und bei Übergängen innerhalb von Bereichen reduziert waren. Im Unterschied dazu waren für die Sequenzen der Explorierbedingung für die Gruppe A unabhängig von der Übergangsart gegenüber den anderen Gruppen geringere TEPs zu beobachten. Dafür zeigte sich in dieser Bedingung für die Gruppen mit visueller (V) und die mit visueller plus akustischer Strukturierung (AV) gegenüber der Kontrollgruppe der er-

wartete Effekt des Bereichswechsels. Die Differenzierung der Fehlerarten für erste Fehleingaben in dieser Lernbedingung erbrachte für alle Gruppen mit (visuell und/oder akustisch) strukturierter Bedienoberfläche, daß sie gegenüber der Kontrollgruppe bei ersten Eingabeversuchen häufiger innerhalb der Region der letzten Eingabe verharrten. Dieser Effekt belegt, daß die durch die Strukturierungen eingeführten Bereichsabgrenzungen durchaus verhaltensrelevant waren.

Insgesamt legen die Befunde nahe, daß der nach Palmer (1992) anzunehmende Einfluß gemeinsamer Regionen von Elementen auf die Organisation der Wahrnehmung der Elemente sich nicht uneingeschränkt auf die Organisation der für die Reproduktion nötigen Enkodierung der Sequenzen auswirkt. Dabei ist interessant, daß in der Vorführbedingung die akustische Strukturierung einen Einfluß zeigte, während in der Explorierbedingung die visuelle Strukturierung bedeutsam wurde. Über die Ursache für diese Interaktion kann hier nur spekuliert werden. So kann die geringe Reproduktionsschwierigkeit der einzelnen Sequenzen in der Vorführbedingung dadurch bedingt sein, daß die Sequenzen z. B. durch rechtwinklige Konfigurationen von Sequenztripeln oder die Beteiligung von eckpositionierten Tasten prägnante Gestaltqualitäten aufwiesen. Die Gruppierung der Bedienelemente durch visuelle Merkmale würde unter dieser Voraussetzung keine weitere Hilfe darstellen. Allerdings ist damit nicht klar, wieso sich die akustische Strukturierung auswirken konnte. Im Unterschied dazu belegt die Differenzierung der ersten Fehleingaben in der Explorierbedingung, daß sowohl akustische als auch visuelle Strukturmerkmale in dieser Bedingung das Herausfinden der Sequenzen beeinflusst haben. Die Gestaltqualitäten der Sequenzen kamen hier erst dann zum Tragen, wenn die Sequenzen weitestgehend reproduzierbar waren. Daß sich auch für diese Bedingung insgesamt keine Vorteile für die Gruppen mit strukturierter Oberfläche gezeigt haben, ist damit zu erklären, daß das Verharren innerhalb von Bereichen nicht generell optimal war. Allerdings bleibt auch hier die Wirkung der akustischen Strukturierung unklar, die bei beiden Übergangsarten zu Vorteilen gegenüber der Kontrollgruppe führte. Experiment 2 soll erlauben, mit einem anderen Paradigma (Transfer) weitergehende und genauere Informationen über die Effekte von strukturierten Bedienfeldern zu erhalten.

EXPERIMENT 2

Transfer von Komponenten und Kompositionen

Wie in Experiment 1 interagieren die Vpn auch in Experiment 2 mit einem abstrakten Automaten mit strukturierter Bedienoberfläche. Die reali-

sierten experimentellen Manipulationen gehen auf Frensch (1991) zurück, der den Transfer von zusammengesetzten Wissens-elementen im Zusammenhang mit einer komplexen Berechnungsaufgabe (vgl. Elio, 1986) untersuchte. Ausgangspunkt dieser Untersuchungen war die Annahme, daß Transfer von der Anzahl gemeinsamer Aufgabenelemente abhängt (vgl. Singley & Anderson, 1989). Analog zur Theorie des „competitive chunking“ (Servan-Schreiber & Anderson, 1990) geht Frensch davon aus, daß aufeinanderfolgende Aufgabenelemente („knowledge components“) durch wiederholte Übung zu größeren Einheiten zusammengefaßt werden („composed knowledge“). Er konnte zeigen (Experiment 2, p. 1012), daß bei gleicher Anzahl von übertragbaren Aufgabenelementen dann erhöhte Transferleistungen zu beobachten waren, wenn die Aufgabe häufig geübt wurde *und* die Aufgabenelemente unmittelbar aufeinanderfolgten.

In Anlehnung an diese Untersuchung wird im vorliegenden Experiment zum einen in einer Erwerbsphase durch ein niedriges bzw. hohes Lernkriterium variiert, wie häufig eine Sequenz von Eingaben korrekt reproduziert werden muß. Zum anderen werden drei Transferbedingungen realisiert, die sich darin unterscheiden, welche Komponenten der Erwerbssequenz mit Komponenten der Transfersequenz übereinstimmen. Als Komponenten werden dabei Paare aufeinanderfolgender Eingaben angesehen. Die übertragbaren Komponenten können (1) unmittelbar aufeinanderfolgen *und* sich innerhalb eines Strukturierungsbereichs befinden, (2) unmittelbar aufeinanderfolgen, aber Komponenten enthalten, die einen Bereichswechsel repräsentieren oder (3) nicht aufeinanderfolgen und sich in verschiedenen Strukturierungsbereichen befinden.

Grundsätzlich sollten Kompositionseffekte erst bei relativ hohem Lernkriterium zu beobachten sein. Auf der Ebene globaler Maße der Transferleistung (Anzahl von Reproduktionsversuchen) soll der Vergleich von Bedingung (1) und (3) unmittelbar die Generalisierbarkeit der Befunde von Frensch (1991) überprüfen. Der Vergleich zwischen den Bedingungen (1) und (2) sowie (2) und (3) sollte darüber hinaus ermöglichen, den Einfluß der Strukturierungen von dem der unmittelbaren Aufeinanderfolge zu trennen. Auf der Ebene von Leistungsmaßen für einzelne Komponenten der Transfersequenz können diese Effekte im Detail untersucht werden. Die Analyse der Erwerbsphase erlaubt darüber hinaus, die Replizierbarkeit der Befunde von Experiment 1 zu prüfen. Der Einsatz klassischer Verfahren zur Wissensdiagnostik im Anschluß an die Transferphase soll ermöglichen, die Nutzung von Komponenten des Wissens über die Erwerbssequenz für das Erlernen der Transfersequenz zu erfassen.

Methode

Versuchsplan

In allen Bedingungen hatten die Vpn die Aufgabe, vorgeführte Eingabensequenzen zu reproduzieren. Als *unabhängige Faktoren* dienten der Übungsaufwand in der Erwerbsphase und die Art der Überlappung zwischen der Eingabefolge der Erwerbs- und der Transferphase. Der *Übungsaufwand in der Erwerbsphase* wurde in zwei Stufen manipuliert: Jede Sequenz mußte entweder zwei- oder zehnmal richtig reproduziert werden. Um die Auswirkung von Flüchtigkeitsfehlern zu mildern, wurde lediglich verlangt, daß bei einem Fehler nach einer richtigen Wiederholung die Eingabensequenz einmal zusätzlich zu den verbleibenden Wiederholungen richtig einzugeben war. Die mindestens zehnfache Wiederholung ist zwar im Vergleich zu den 75 Wiederholungen bei Frensch (1991) immer noch eher gering. Aufgrund der einfacheren Aufgabenstellung im vorliegenden Experiment wurde jedoch angenommen, daß die gegenüber dem niedrigem Lernkriterium mindestens fünffach erhöhte korrekte Wiederholung der Erwerbssequenz ausreichend wirksam ist. In der Transferphase galt für alle

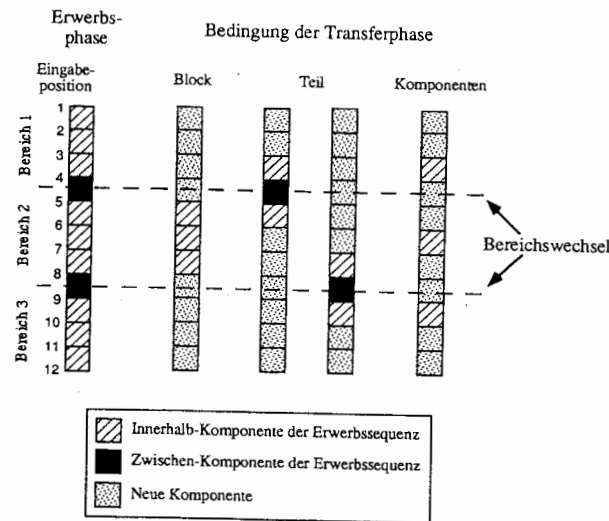


Abbildung 2

Illustration des Transferparadigmas aus Experiment 2. Jeweils drei Komponenten der Erwerbssequenz können in drei prinzipiell verschiedenen Varianten transferiert werden. Nähere Erläuterungen dazu finden sich im Text.

Bedingungen, daß die Sequenz zweimal unmittelbar hintereinander richtig reproduziert werden mußte.

Als *Art der Überlappung* von Komponenten, d. h. Eingabepaaren, wurden Blockbedingung, Teilbedingung und Komponentenbedingung unterschieden. Abbildung 2 veranschaulicht das Prinzip dieser Manipulation. In allen Bedingungen waren gleich viele, nämlich drei der insgesamt elf Komponenten übertragbar. In der *Blockbedingung* bestanden diese Komponenten aus den vier aufeinanderfolgenden Eingaben innerhalb des zweiten Strukturierungsbereichs. In der *Teilbedingung* bestanden diese Komponenten ebenfalls aus vier aufeinanderfolgenden Eingaben. Im Unterschied zur Blockbedingung wechselte jedoch innerhalb dieser Folge der Strukturierungsbereich. Je die Hälfte der Vpn dieser Bedingung mußte eine der beiden Varianten bearbeiten, um einen Positionseffekt der Übertragbarkeit möglichst auszugleichen. In der *Komponentenbedingung* bestanden die übertragbaren Komponenten aus drei Eingabepaaren innerhalb jeweils anderer Bereiche. Die einzelnen Sequenzen und das zugehörige Bedienfeld werden im Abschnitt „Versuchsmaterial“ dargestellt.

Als *abhängige Maße* wurden für die einzelnen Übergänge die *Fehlerquoten*, *TEPs* (vgl. Experiment 1) und die Zeiten zwischen zwei Eingaben (*Zwischenzeiten*, vgl. Zießler, 1993) berücksichtigt. Die Zwischenzeiten wurden pro Übergang und Vp als Mediane berechnet. Die Berücksichtigung der Fehlerquoten sollte gewährleisten, daß aufgrund von Experiment 1 anzunehmende übergangsspezifische Schwierigkeiten berücksichtigt werden konnten. Als globale Transferleistung wurde die Anzahl von *Reproduktionsversuchen* erfaßt. In einem Rekognitionstest (Ja/Nein-Paradigma) wurden in Anlehnung an das Two-High-Threshold-Modell von Snodgrass und Corwin (1988) die *Diskriminationsleistung* und *Antwortneigung* bei der Vorgabe von Teilsequenzen ermittelt. Dabei stimmten sowohl einige der als Elemente der Transfersequenz zu klassifizierenden Vorgaben als auch einige der nicht als solche zu klassifizierenden Vorgaben mit Teilen der Erwerbssequenz überein. Weiterhin wurde die *Trefferquote* beim Fortsetzen von Teilsequenzen erhoben, die ebenfalls in Teilen mit der Erwerbssequenz übereinstimmten.

Hypothesen

Mit dem Versuchsplan von Experiment 2 sind vier Hypothesen verbunden: (1) Unterschiedliche Transferleistungen zwischen den experimentellen Bedingungen sollten erst bei hohem Lernkriterium zu beobachten sein, da die Strukturierungen bei geringem Übungsaufwand entsprechend den Befunden von Experiment 1 kaum organisationsbildend wirken und damit lediglich Komponenten übertragbar sein sollten. (2) Bei hohem Lernkriterium in der Erwerbsphase sollte die Transferleistung für die Gruppe in der

Blockbedingung am besten sein, da die übertragbaren Komponenten der induzierten Organisationsstruktur entsprechen und damit ein Chunk bzw. eine Komposition vollständig genutzt werden kann. (3) Wenn auch Kompositionen entgegen der induzierten Organisationsstruktur gebildet werden, dann sollte bei hohem Lernkriterium die Transferleistung der Gruppe in der Teilbedingung zwischen der in der Block- und der in der Komponentenbedingung liegen. (4) Wenn das Erlernen der Transfersequenz darauf beruht, daß Komponenten der Erwerbsequenz mit neu zu lernenden Komponenten integriert werden, dann sollte bei hohem Lernkriterium unter Unsicherheit eher mit „Ja“ geantwortet werden (liberale Antworttendenz). Dies wird erwartet, weil sich Teile der richtigen und falschen Testsequenzen mit Erwerbsequenzen überlappen und dadurch ein Vertrautheitseindruck entstehen sollte. Die Diskriminationsleistung beim Wiedererkennen sollte dagegen für alle Gruppen gleich sein. Beim Fortsetzen der Teilsequenzen sollte sich dieser Annahme entsprechend ein einfacher Haupteffekt für das Lernkriterium zeigen.

Versuchspersonen

Angesichts der Ergebnisse des ersten Experimentes sollten auch weniger starke Effekte ($f = 0.32$ als Kompromiß zwischen mittleren und starken Effekten gemäß der Konvention von Cohen, 1977) aufgedeckt werden können. Um solche Effekte bei $\alpha = \beta = .05$ für die einfachen Haupteffekte zu entdecken, ist ein Gesamt- $N = 108$ nötig, so daß für jede der sechs Gruppen des Experimentes ein $n = 18$ resultiert. Vpn waren 65 weibliche und 43 männliche Studierende der Universität Bonn im Alter zwischen 19 und 42 Jahren ($M = 24.30$; $SD = 4.44$). Die Zuordnung zu den experimentellen Bedingungen erfolgte zufällig. Für die Teilnahme erhielten die Vpn DM 10,— oder eine für das Studium relevante Teilnahmebescheinigung.

Versuchsmaterial

Die zwölf Tasten des Bedienfelds (Abbildung 3) wurden durch visuelle und akustische Merkmale in drei gut unterscheidbare Bereiche gleicher Größe unterteilt. Die unterschiedlichen akustischen Rückmeldungen entsprachen denen von Experiment 1.

Die Kombination von visuellen und akustischen Merkmalen wurde eingesetzt, um die Wahrnehmbarkeit der Sequenzstruktur als Voraussetzung einer entsprechenden Wissensorganisation zu maximieren. Weiterhin wurde die Länge von Teilsequenzen innerhalb von aufeinanderfolgenden Bereichen konstant gehalten, um neben den perzeptuellen Merkmalen als Strukturierungshilfe eine Art Rhythmisierung einzuführen, die die Organisationsbildung zusätzlich fördern sollte (Bower & Winzenz, 1969). Die Abfolge der

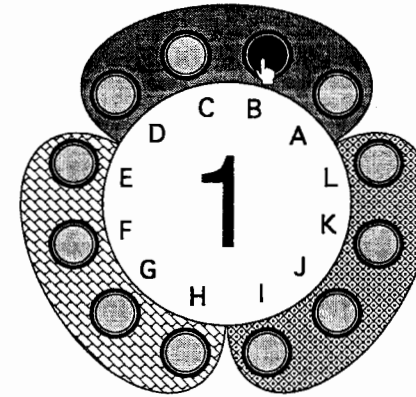


Abbildung 3

Bildschirm-Display für Experiment 2 mit Anordnung der zwölf Tasten in drei Bereichen; die Zahl im Zentrum gibt die aktuelle Sequenzposition an (hier: B an Position 1); die Tastenbezeichnungen waren nicht sichtbar.

Strukturierungsbereiche innerhalb der Sequenzen erfolgte entgegen dem Uhrzeigersinn, um durch die Vermeidung von rechtwinkligen Anordnungen von Sequenztripeln den Einfluß von Gestaltqualitäten auf die Reproduzierbarkeit der Sequenzen zu minimieren.

In Tabelle 5 sind die Sequenzen für die verschiedenen Phasen des Experimentes dargestellt. Die Länge der Sequenzen wurde gegenüber denen in Experiment 1 von neun auf zwölf Eingaben erhöht, um Deckeneffekte zu

Tabelle 5

Eingabensequenzen nach experimenteller Phase und Transferbedingung getrennt

Phase	Bedingung	Sequenzposition											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Erwerb	Block	C	D	B	C	G	E	G	H	K	K	L	I
	Teil 1	C	D	A	D	G	E	F	G	K	K	L	I
	Teil 2	C	D	B	C	F	G	G	H	I	L	K	L
	Komponenten	C	D	A	D	F	E	G	F	I	L	L	K
Transfer	alle	B	B	A	D	G	E	G	H	I	L	J	J

Anmerkungen: Die Buchstaben beziehen sich auf die Anordnung der zwölf Tasten gemäß Abbildung 3. Senkrechte Trennstriche zeigen die Bereichswechsel an. Die übertragbaren Eingabe-elemente der jeweiligen Bedingungen sind kursiv dargestellt.

vermeiden. Um bezüglich der Transferphase mit Ausnahme der experimentellen Manipulationen vergleichbare Voraussetzungen zu schaffen, war die Eingabesequenz für diese Phase unter allen Bedingungen die gleiche.

Bei der Konstruktion der Transfersequenz wurde darauf geachtet, daß innerhalb der kritischen Übergänge (Positionen 3 bis 10) jeweils paarweise aufeinanderfolgend die räumlichen Abstände gleich sind: zwischen den Eingabetasten für die Positionen 3, 4 und 5 (Tasten A, D und G) befinden sich jeweils zwei andere; zwischen den Eingabetasten für die Positionen 5, 6 und 7 (Tasten G, E und G) befindet sich jeweils eine andere Taste; die Eingabetasten für die Positionen 7, 8 und 9 (Tasten G, H und I) sind direkt benachbart (vgl. Tabelle 5 und Abbildung 3). Da zwischen den Eingabepositionen 4 und 5 (Tasten D und G) sowie 8 und 9 (Tasten H und I) die Bereiche wechseln, kann hinsichtlich der Zwischenzeiten zwischen Einflüssen des räumlichen Abstands und des Bereichswechsels differenziert werden.

Die verschiedenen Sequenzen der Erwerbsphase wurden so konstruiert, daß sie die oben dargestellten Transferrelationen realisieren, sich ansonsten aber möglichst wenig voneinander unterscheiden. In der *Blockbedingung* stimmen die Eingaben an den Positionen 5 bis 8 (Tasten G, E, G und H) der Erwerbsequenz mit denen der Transfersequenz überein. Für die zwei Varianten der *Teilbedingung* gilt: In Teilbedingung 1 stimmen die Eingaben an den Positionen 3 bis 6 (Tasten A, D, G und E), in Teilbedingung 2 die Eingaben an den Positionen 7 bis 10 (Tasten G, H, I und L) überein. In der *Komponentenbedingung* sind die Eingaben an den Positionen 3 und 4 (Tasten A und D), 6 und 7 (Tasten E und G) sowie 9 und 10 (Tasten I und L) der Erwerbsequenz mit denen der Transfersequenz identisch.

Zur *Erfassung der Rekognitionsleistung* wurden im Anschluß an die Transferphase 26 Teilsequenzen mit bis zu drei Komponenten ohne Information über die Sequenzposition einzeln vorgegeben. Die Hälfte davon stimmte mit Teilen der Transfersequenz überein. Sowohl bei falschen als auch bei richtigen Teilsequenzen waren jeweils drei vollständig mit Teilen der Erwerbsequenz identisch.

Als *prognostische Fragen* wurden neun Teilsequenzen aus der Transfersequenz ebenfalls ohne positionale Information vorgegeben, die um die nächste Eingabe ergänzt werden mußten. Hierbei stimmten für jede Versuchsbedingung bei drei Teilsequenzen Vorgabe und richtige Fortsetzung mit Teilen der Erwerbsequenz überein. Bei den verbleibenden sechs bestanden lediglich teilweise Überlappungen.

Versuchsablauf

Das Experiment wurde als Einzelversuch durchgeführt. Nach Erläuterung der Aufgabenstellung und einem Übungsdurchgang mit 8 Eingaben

unter Verwendung des Displays von Experiment 1 wurde jede Vp in der *Erwerbsphase* darauf hingewiesen, daß sie die Aufgaben so schnell und so genau wie möglich bearbeiten sollte. Nach der Präsentation der Eingabenfolge zeigte ein Signalton an, daß die Folge reproduziert werden sollte. Bei falschen und richtigen Eingaben wurde immer die richtige Taste invertiert, und der Automat wechselte in den nächsten Zustand (d. h. die Zahl der entsprechenden Sequenzposition erschien im Zentrum des Bildschirms). Wenn während eines Reproduktionsversuchs Fehleingaben gemacht worden waren, wurde die Präsentation der Tastenfolge bei dem niedrigen Lernkriterium immer wiederholt, bei dem hohen Lernkriterium nur dann, wenn noch mehr als acht fehlerfreie Durchgänge zu absolvieren waren.

In der *Transferphase* mußte nach der gleichen Prozedur wie in der Erwerbsphase die nunmehr für alle Versuchsgruppen gleiche Folge zweimal unmittelbar hintereinander richtig eingegeben werden.

In der abschließenden *Testphase* wurde zunächst der Rekognitionstest durchgeführt. Die Vp wurde instruiert, daß ihr kurze Eingabenfolgen gezeigt würden und sie entscheiden sollte, ob die jeweilige Sequenz in der zuletzt gelernten Folge enthalten war. Dazu sollte sie Zeige- und Mittelfinger ihrer dominanten Hand auf nebeneinanderliegende Tasten der Computertastatur legen, die mit J für „ja“ und N für „nein“ gekennzeichnet waren. Die Items des Rekognitionstests wurden für jede Vp in derselben Reihenfolge präsentiert. Im Anschluß daran mußten ebenfalls in fester Reihenfolge für alle Vpn präsentierte Eingaben um die Folgeingabe ergänzt werden. Ein Signalton zeigte an, daß die Folgetaste „angeklickt“ werden sollte.

Ergebnisse

Inferenzstatistische Analysen wurden als geplante Kontraste zwischen den experimentellen Bedingungen durchgeführt.

Erwerbsphase

Fehler

Um das niedrige Lernkriterium zu erfüllen, wurde die jeweilige Sequenz im Durchschnitt 6.72mal wiederholt. Um das hohe Lernkriterium zu erfüllen, waren durchschnittlich 16.15 Wiederholungen nötig. Im Vergleich zu Experiment 1, bei dem in der Vorführbedingung im Durchschnitt 4.10 Wiederholungen nötig waren, hat damit die Verlängerung der Sequenz um drei Positionen die Schwierigkeit deutlich erhöht. Hinsichtlich der Strukturierungseinflüsse zeigten sich jedoch weder für die Fehlerquoten noch für die

durchgängig niedrigeren TEPs erhöhte Werte für Eingaben an den Bereichsübergängen.

Zwischenzeiten

Die mittleren Zeiten zwischen zwei Eingaben für die Übergänge 3 bis 10 sind für die Gruppen mit hohem Lernkriterium plausiblerweise durchgängig geringer als für die mit niedrigem ($t_{(102)} = 2.29$). Unabhängig vom Lernkriterium sind die Zeiten an den Übergängen zwischen den Bereichen erhöht (Lernkriterium 2: $t_{(102)} = 7.68$; Lernkriterium 10: $t_{(102)} = 6.69$). Dieser Unterschied kann allerdings dadurch bedingt sein, daß der räumliche Abstand zu den vorhergehenden Eingaben an diesen Positionen durchschnittlich größer ist als für die anderen Übergänge. Eine Differenzierung der Einflüsse von Strukturierung und räumlichem Abstand leisten die Befunde für die Transferphase.

Transferphase

Fehler

Die mittlere Zahl der Reproduktionsversuche ist für die verschiedenen Bedingungen in Tabelle 6 dargestellt. Für diese globale Messung der Transferleistung zeigt sich, daß insgesamt die Gruppen mit geringem Übungsaufwand (Lernkriterium 2) signifikant mehr Versuche benötigten als die mit hohem ($t_{(102)} = 2.13$). Weiterhin wird deutlich, daß schon bei geringem Übungsaufwand ein Leistungsvorteil für die Blockbedingung bestand, der bei hohem Übungsaufwand gegenüber der Teilbedingung nahezu verschwunden ist. In der Komponentenbedingung war die Leistung unabhängig vom Übungsaufwand. Inferenzstatistisch sind zwischen den Transferbedingungen allerdings lediglich die Unterschiede der Teil- und Blockbedingung gegenüber der Komponentenbedingung bei hohem Lernkriterium signifikant ($t_{(102)} = 2.10$ bzw. $t_{(102)} = 2.37$).

Tabelle 6

Anzahl von Reproduktionsversuchen in der Transferphase

Lernkriterium	Transferrelation			Gesamt
	Block	Teil	Komponenten	
2	4.67	5.67	5.50	5.28
10	3.94	4.11	5.44	4.50
Gesamt	4.31	4.89	5.47	4.89

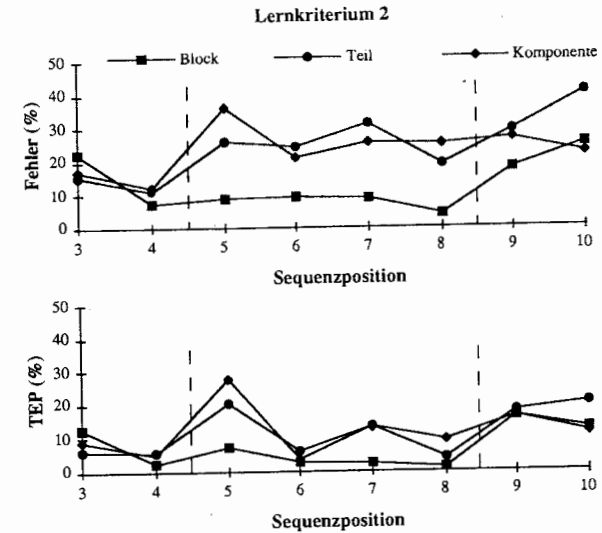


Abbildung 4

Fehlerquoten und TEPs in der Transferphase für die Gruppen mit geringem Übungsaufwand in der Erwerbsphase, getrennt nach Sequenzpositionen 3 bis 10. Die gestrichelten Linien kennzeichnen den Bereichswchsel.

Zur Inspektion der Effekte werden im weiteren die Fehlerquoten und TEPs für die kritischen Sequenzpositionen (3 bis 10) betrachtet. In Abbildung 4 sind diese Werte für die Gruppen mit niedrigem Lernkriterium in der Erwerbsphase dargestellt.

Es ergeben sich für die Blockbedingung generell geringere Werte gegenüber den beiden anderen Bedingungen, darüber hinaus werden besondere Vorteile vor allem für die Eingaben an den Sequenzpositionen 5 bis 8 deutlich, die mit denen der Erwerbssequenz übereinstimmen. Im Unterschied zu den Daten der Erwerbsphase ist für alle Bedingungen (für die Blockbedingung allerdings abgeschwächt) ein Anstieg der Fehlerquoten an den Übergängen zwischen den Bereichen (Positionen 5 und 9) zu beobachten. Auf der Basis der TEPs ist der Anstieg der Werte nach einem Bereichswchsel noch markanter als bei den Fehlerquoten. Die gegenüber den Fehlerquoten insgesamt niedrigeren TEP-Werte deuten an, daß Vorgänger- und Folgeingabe grundsätzlich miteinander assoziiert wurden.

Der Vergleich der Fehlerquoten und TEPs für die kritischen Übergänge zwischen den experimentellen Gruppen mit hohem Lernkriterium in der Erwerbsphase (Abbildung 5) zeigt, daß die Werte in der Teilbedingung nahezu

durchgängig niedriger ausfallen als für die Komponentenbedingung. Unter der Blockbedingung wurden wie bei geringem Übungsaufwand die im Gruppenvergleich niedrigsten Werte für die übertragbaren Eingaben erreicht. Im Vergleich zur Blockbedingung ergeben sich auch für die Komponentenbedingung bei den letzten beiden Positionen des ersten Bereichs (Positionen 3 und 4) und den ersten beiden des dritten Bereichs (Positionen 9 und 10) Vorteile. Allerdings zeigt sich für diese Bedingung ein deutlicher Nachteil für die Position 7. Mit dieser Ausnahme scheint für alle Bedingungen generell zu gelten, daß Vorgänger- und Folgeelement profitieren, wenn die entsprechende Komponente mit der Erwerbssequenz übereinstimmt.

Die TEPs für die einzelnen Sequenzpositionen verdeutlichen darüber hinaus wiederum die besondere Bedeutung des Bereichswechsels. Mit Ausnahme der Position 5 für die Blockbedingung ergeben sich gegenüber den Fehlerquoten deutlich reduzierte Werte lediglich für Übergänge innerhalb der Bereiche. Bei Übergängen zwischen Bereichen ist die Reproduzierbarkeit der entsprechenden Eingabe damit nahezu unabhängig von der Reproduzierbarkeit der vorhergehenden Eingabe.

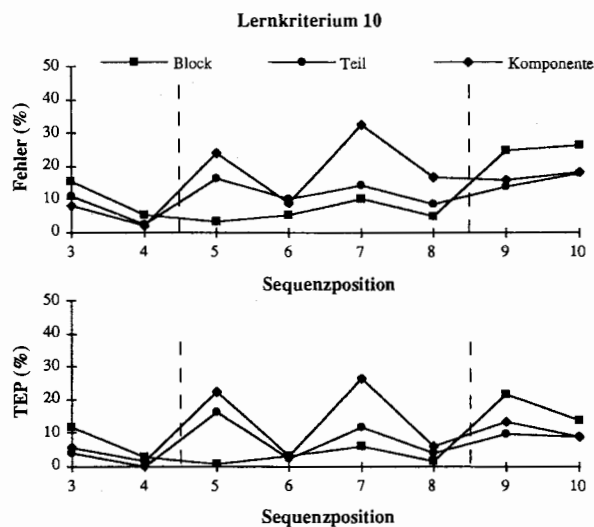


Abbildung 5

Fehlerquoten und TEPs in der Transferphase für die Gruppen mit hohem Übungsaufwand in der Erwerbsphase, getrennt nach Sequenzpositionen 3 bis 10. Die gestrichelten Linien kennzeichnen den Bereichswechsel.

Zwischenzeiten

In Abbildung 6 sind die mittleren Zwischenzeiten für die Sequenzpositionen 3 bis 10 getrennt nach dem Lernkriterium in der Erwerbsphase und der Transferrelation dargestellt. Unabhängig von der Sequenzposition sind die Werte für die Gruppen mit hohem Lernkriterium geringer ($t_{(102)} = 3.69$). Die absoluten Unterschiede sind jedoch kleiner als in der Erwerbsphase. Im Unterschied zu den Fehlerdaten zeigt sich kaum ein Einfluß der Transferrelation. Wie bei den Ergebnissen in der Erwerbsphase sind für alle experimentellen Bedingungen erhöhte Werte an den Übergängen zwischen Bereichen (Positionen 5 und 9) zu beobachten.

Im Unterschied zu der Erwerbsphase können bei der Transfersequenz die Einflüsse von räumlichem Abstand und Strukturierung getrennt werden. Für die Positionen 4 und 5 war die jeweils vorhergehende Eingabe drei Tasten, für die Positionen 6 und 7 jeweils zwei Tasten und für die Positionen 8 und 9 jeweils eine Taste entfernt (vgl. Abschnitt „Versuchsmaterial“). Der

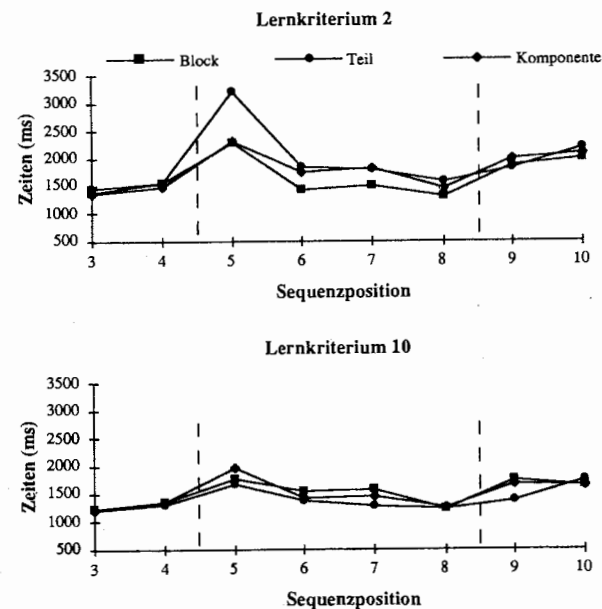


Abbildung 6

Zwischenzeiten in der Transferphase für Sequenzpositionen 3 bis 10, getrennt nach Lernkriterium und Transferrelation. Die gestrichelten Linien kennzeichnen den Bereichswechsel.

Vergleich der Werte für die Positionen 4, 5, 8 und 9 durch zwei unabhängige Kontrastmatrizen bestätigt, daß sowohl der Bereichswechsel ($t_{(102)} = 6.77$) als auch der räumliche Abstand ($t_{(102)} = 3.90$) signifikante Einflüsse darstellen.

Testphase

Rekognition von Teilsequenzen

Für die Rekognition von Teilsequenzen wurden in Anlehnung an das Two-High-Threshold-Modell von Snodgrass und Corwin (1988) auf der Basis von Treffer- und falschen Alarmraten getrennte Maße für die Sensitivität und Antwortneigung berechnet. Als Index für die Sensitivität (P_s) dient die Differenz zwischen Trefferrate und der Rate falscher Alarme. Für die Antwortneigung wurde der Anteil der falschen Alarme an der Summe von falschen Alarmen und Auslassungen (B_s) ermittelt.²⁾ Dieser Index variiert von 0 bis 1, Werte über .5 reflektieren eine Neigung zu Ja-Antworten, Werte unter .5 eine Neigung zu Nein-Antworten. In Tabelle 7 sind die entsprechenden Werte nach Lernkriterium und Transferrelation getrennt dargestellt.

Tabelle 7
Sensitivität und Antwortneigung beim Wiedererkennen

	Transferrelation				Gesamt
	Lernkriterium	Block	Teil	Komponenten	
Sensitivität (P_s)	2	.60	.56	.50	.55
	10	.48	.55	.58	.54
	Gesamt	.54	.56	.54	.55
Antwortneigung (B_s)	2	.28	.42	.45	.38
	10	.38	.45	.48	.44
	Gesamt	.33	.44	.46	.41

Anmerkungen: Als Werte für Sensitivität und Antwortneigung sind in Anlehnung an das Two-High-Threshold-Modell von Snodgrass und Corwin (1988) P_s - bzw. B_s -Werte angegeben.

²⁾ Auf die Angabe des korrigierten Index B''_D (Donaldson, 1992) statt B_s haben wir verzichtet, da zum einen in unserer Stichprobe diese beiden Maße perfekt korrelieren und zum anderen B''_D nicht so leicht zu interpretieren ist.

Es zeigt sich, daß die Gruppen unabhängig von den experimentellen Bedingungen vergleichbar sensitiv waren. Die mit erhöhtem Übungsaufwand in der Blockbedingung geringere und in der Komponentenbedingung höhere Sensitivität ist als Interaktion zwischen Lernkriterium und Transferrelation statistisch nicht bedeutsam.

Für die Antwortneigung scheint zu gelten, daß unabhängig vom Lernkriterium in der Blockbedingung gegenüber den anderen Bedingungen ein strikteres Kriterium für Ja-Antworten gewählt wurde. Diese Unterschiede sind inferenzstatistisch jedoch nicht bedeutsam. Die bei hohem Lernkriterium reduzierte Neigung zu Nein-Antworten entspricht in der Tendenz den Erwartungen, inferenzstatistisch sind die Unterschiede allerdings ebenfalls nicht bedeutsam.

Fortsetzen von Teilsequenzen

Beim Fortsetzen von Teilsequenzen zeigte sich bei insgesamt hohen Trefferraten (im Durchschnitt 80%) wie beim Wiedererkennen kein Einfluß der Transferrelation oder des Lernkriteriums.

Diskussion

Einfluß der Strukturierungen auf die Kompositionsbildung

Für die Erwerbsphase hat sich weder auf der Ebene der Fehlerquoten noch auf der Ebene der TEPs ein Hinweis auf einen Einfluß der Strukturierungen gefunden. Lediglich bei den Zwischenzeiten waren für die Übergänge zwischen den Bereichen gegenüber den anderen Übergängen erhöhte Werte zu beobachten, die aufgrund der Konfundierung mit dem räumlichen Abstand und der linearen Abhängigkeit zwischen räumlichem Abstand und Zwischenzeiten nicht eindeutig interpretierbar sind.

Im Unterschied dazu haben sich für die Transferphase erhöhte Fehlerquoten für die Übergänge zwischen den Bereichen ergeben. Noch deutlicher zeigte sich dieser Effekt auf der Basis der TEPs. Am deutlichsten konnte der Einfluß der Strukturierungen allerdings auf der Ebene der Zwischenzeiten beobachtet werden. Anders als bei den Ergebnissen zur Erwerbsphase konnte dieser Effekt inferenzstatistisch bestätigt werden.

Damit scheint sich die Interpretation der Ergebnisse von Experiment 1 dahingehend zu bestätigen, daß der nach Palmer (1992) anzunehmende Einfluß gemeinsamer Regionen von Elementen auf die Wahrnehmungsorganisation der Oberfläche nicht unmittelbar die Organisation der für die Repro-

duktion notwendigen Enkodierung der Sequenzen bestimmt. Da sich in der Erwerbsphase gegenüber den Fehlerdaten bei den Zeiten ein Einfluß der Strukturierungen andeutete und in der Transferphase sowohl für die Zeiten als auch für die Fehlerdaten zeigte, liegt nahe, daß nicht die Oberflächenstruktur an sich, sondern die *zeitliche Abfolge* der Strukturierungen die Organisation der Gedächtnisrepräsentation der Sequenzen bestimmen. Dieser Einfluß wirkt sich auf Verhaltensmaße erst aus, *nachdem* eine Sequenz gelernt wurde. In der Transferphase konnte im Unterschied zu Experiment 1 die Abfolge der Bereiche unter allen Bedingungen als generalisierte Sequenzstruktur zur Enkodierung genutzt werden und damit bewirken, daß sich auch auf der Ebene der Fehlerdaten für diese Phase ein Einfluß der Strukturierungen zeigte.

Transfer von Kompositionen und Komponenten

Entgegen der ursprünglichen Annahmen zeigten sich schon nach wenigen Wiederholungen deutliche Transfervorteile, wenn sich die übertragbaren Komponenten der Lernsequenz innerhalb eines Strukturierungsbereichs befanden. Die Inspektion der Fehlerquoten und TEPs für die kritischen Übergänge bestätigte, daß dieser Effekt auf die übertragbaren Elemente der Sequenz zurückzuführen ist. Für die Teilbedingung zeigte sich erst bei hohem Übungsaufwand in der Erwerbsphase ein besonderer Vorteil. Allerdings kann in Frage gestellt werden, ob es sich dabei tatsächlich um die Übertragung von Kompositionen handelt, die unabhängig von der induzierten Organisationsstruktur gebildet wurden. Zum einen waren für diese Bedingung Anstiege der Fehlerquoten und insbesondere der TEPs an den Übergängen zwischen den Bereichen zu beobachten. Zum anderen erreichte die Gruppe, die lediglich einzelne Komponenten übertragen konnte, gegenüber der Blockbedingung vergleichbare Vorteile für die Komponenten, die sich vor bzw. nach einem Übergang zu einem anderen Bereich befanden. Als Alternativerklärung erscheint die Annahme plausibler, daß im Sinne von „Ankereffekten“ die erste und letzte Komponente induzierter Chunks besonders gut übertragbar sind. Insgesamt erweist sich damit die Bereichszugehörigkeit aufeinanderfolgender Komponenten als ein Merkmal, das entscheidend für die Integration sequentieller Ereignisse zu Einheiten und deren Transferierbarkeit ist.

Unterschiedliche Effekte des Lernkriteriums auf Diskriminationsleistung, Antwortneigung und Trefferrate beim Fortsetzen von Teilsequenzen sollten reflektieren, daß beim Bearbeiten der Transferphase die Komponenten des Wissens über die Erwerbsequenz mit den neu zu lernenden der Transfersequenz integriert werden (Hypothese 4). Entsprechend den Erwartungen war die Genauigkeit beim Wiedererkennen sehr hoch und unabhän-

gig von Transferbedingung und Lernkriterium. Für die Antwortneigung zeigte sich allerdings lediglich deskriptiv der ursprünglich erwartete Einfluß des Lernkriteriums. Für die insgesamt hohen Trefferraten beim Fortsetzen von Teilsequenzen zeigte sich unerwartet kein Effekt des Lernkriteriums. Diese Befundlage widerspricht zunächst der angenommenen Integration. In Verbindung mit der oben beschriebenen Dissoziation zwischen Fehlerdaten und Zeiten liegt jedoch nahe, daß Unterschiede, die das *Erlernen* der Sequenz beeinflussen, *nach* deren Erlernen nicht mehr wirksam sind. Für diese Erklärung sprechen auch Befunde von Anderson, Conrad und Corbett (1989), die nach dem Erwerb von Programmierwissen in nachfolgenden Wissenstests ebenfalls keinen Einfluß unterschiedlicher Lernbedingungen mehr beobachten konnten.

Komponenten sequentiellen Wissens

Bei der Festlegung der Transferbedingungen war angenommen worden, daß jeweils Paare von aufeinanderfolgenden Elementen einer Sequenz als deren Komponenten aufzufassen sind. Interessanterweise hat sich gezeigt, daß die durch die Übereinstimmung zwischen Transfer- und Erwerbsequenz bedingten Vorteile tatsächlich nicht auf die Folgeelemente eines Paares beschränkt waren. Damit scheint sich die Annahme der Theorie des „competitive chunking“ (Servan-Schreiber & Anderson, 1990) zu bestätigen, wonach zunächst paarweise Elemente zu Einheiten integriert werden, die bei entsprechender Übereinstimmung mit Teilen der zu reproduzierenden Sequenzen auch wieder als Einheiten abgerufen werden.

Eine alternative Erklärung für die erleichterte Reproduzierbarkeit des Vorgängerelementes besteht in der Annahme, daß statt gerichteter Assoziationen zwischen Vorgänger- und Folgeelement ein Element mit seiner Position assoziiert wird (Frensch, 1994). Gegen diese Erklärung sprechen allerdings die guten Leistungen beim Wiedererkennen und Fortsetzen von Teilsequenzen trotz fehlender Vorgabe von positionalen Information. Darüber hinaus ist mit der Theorie des „competitive chunking“ nicht nur der generell fehlende Vorteil für die Komponentenbedingung bei den Positionen 6 und 7 (mittlere Komponente der Teilsequenz innerhalb des zweiten Strukturierungsbereichs, vgl. Abbildung 2) vereinbar, sondern auch, daß dieser Effekt bei hohem Übungsaufwand noch deutlicher wird. Entsprechend dieser Theorie sollten zunächst die Eingabepaare an den Positionen 5 und 6 sowie 7 und 8 zu Chunks zusammengefaßt werden, aus denen dann auf einer höheren Ebene eine Einheit entsteht, die die Teilsequenz innerhalb des zweiten Strukturierungsbereichs repräsentiert. Damit würden die Eingaben an den Positionen 6 und 7 jeweils Elemente verschiedener Chunks darstellen, die nicht übertragbar sind und damit zum Abruf falscher Einheiten füh-

ren. Der daraus sich ergebende Nachteil sollte mit zunehmender Wahrscheinlichkeit der Chunk-Bildung immer deutlicher werden.

Abschließende Diskussion

Im Rahmen dieses Beitrags wurden zwei Experimente vorgestellt, die den Einfluß perzeptueller Strukturierungen der Bedienoberfläche abstrakter Automaten auf Organisation und Nutzung von Bedienungswissen untersuchten. Als wesentlicher Befund hat sich herausgestellt, daß für die Einkodierung bisher unbekannter und den Abruf von Teilen von Bediensequenzen nicht die statische Invarianz der Oberflächenstrukturierung in Form getrennter Bereiche von Elementen, sondern vielmehr die sich für Sequenzen daraus ergebende Invarianz der zeitlichen Abfolge dieser Bereiche entscheidend ist. Da sich entsprechende Effekte erst zeigten, *nachdem* eine Sequenz erlernt war, können die unklaren und nur schwer zu interpretierenden Ergebnisse des ersten Experiments neben strukturierungsunabhängigen Gestaltqualitäten der einzelnen Sequenzen auch dadurch begründet sein, daß sich beim Erlernen der Sequenzen eine unkontrollierte Mischung der Transferierbarkeit von Teilsequenzen förderlich und störend auf die Fehlerdaten auswirkt hat. Generell belegen die experimentellen Befunde, daß Konzepte sequentiellen Lernens auf Erwerb und Nutzung von Wissen über Bediensequenzen beim Umgang mit diskreten dynamischen Systemen übertragbar sind. Aus der Sicht der Grundlagenforschung kann durch diese Übertragung der Geltungsbereich der theoretischen Konzepte erweitert werden. Für anwendungsorientierte Fragen ergibt sich der Vorteil, weit entwickelte theoretische Konzepte nutzen zu können.

Ein kritischer Aspekt der berichteten Experimente besteht darin, daß als Repräsentanten diskreter dynamischer Systeme sehr einfache „sinnfreie“ abstrakte Automaten eingesetzt wurden. Im Unterschied zu diesen Automaten ist für alltägliche Systeme oder Automaten wie Videorecorder, Waschmaschinen, Fahrkartenautomaten o. ä. sicherlich anzunehmen, daß die Gedächtnisorganisation von Bedienungswissen nicht lediglich durch einfache Regionalisierungen von Elementen, sondern durch komplexe Kombinationen aus Oberflächenmerkmalen und Funktionalität dieser Elemente induziert werden. Für diese Systeme ist in vielen Fällen auch eine höhere Anzahl von Hierarchiestufen zu erwarten. Aufgrund der weitgehenden Interpretierbarkeit der Ergebnisse gehen wir jedoch davon aus, daß die in den Experimenten eingesetzten Varianten eine gelungene erste Annäherung darstellen, Prozesse des Erwerbs, der Repräsentation und der Anwendung von Wissen über die Bedienung diskreter dynamischer Systeme experimentell zu untersuchen. Inwieweit neben der Variation von Formen und Anordnungen ein-

zelner Bedienelemente z. B. die Einführung von Zielhierarchien, komplexere Abhängigkeiten zwischen Zuständen und Eingaben sowie zwischen verschiedenen Systemen bestehende Inkonsistenzen dieser Merkmale die Organisation und Nutzung von Bedienungswissen beeinflussen, bleibt in nachfolgenden Experimenten zu überprüfen.

Summary

This paper reports two experiments in which we explored the impact of perceptual grouping of elements on the organization and use of knowledge about how to operate a device. *Experiment 1* explored the effects of different perceptual display regions on the creation of chunks when sequences of inputs had to be reproduced. The effects of regions were not homogeneous, but rather their influence depended on interactions between different modalities and learning conditions. *Experiment 2* investigated the influence of grouping-induced composition of knowledge elements on the transfer of sequential knowledge. Two different learning criteria were used in the acquisition phase to manipulate the degree of composition of knowledge elements. In the transfer phase, subjects could transfer (1) the whole sequence of one region, (2) two partial sequences of adjacent regions, or (3) single components. It was found that regional invariance and immediate succession of components were both important for transfer performance. These results suggest that the temporal order of regions is important for the organization and use of sequential knowledge, and not the grouping of elements by itself.

Key words: Chunking — discrete dynamic systems — knowledge composition — serial learning — transfer

Literatur

- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R. (1987). Skill acquisition: Compilation of weak-method problem solutions. *Psychological Review*, *94*, 192—210.
- Anderson, J. R., Conrad, F. G. & Corbett, A. T. (1989). Skill acquisition and the LISP tutor. *Cognitive Science*, *13*, 467—505.
- Bower, G. & Winzenz, D. (1969). Group structure, coding, and memory for digit series. *Journal of Experimental Psychology, Monograph Supplement*, *80* (2, Pt. 2), 1—17.
- Buchner, A., Faul, F. & Erdfelder, E. (1992). *G-Power: A priori, post-hoc, and compromise power analyses for the Macintosh* [Computerprogramm]. Bonn: Psychologisches Institut der Universität Bonn.
- Buchner, A. & Funke, J. (1993). Finite state automata: Dynamic task environments in problem solving research. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, *46 A*, 83—118.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *5*, 121—152.

- Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (revised ed.). New York: Academic Press.
- Donaldson, W. (1992). Measuring recognition memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 121, 275—277.
- Elio, R. (1986). Representation of similar well-learned cognitive procedures. *Cognitive Science*, 10, 41—73.
- Frensch, P. A. (1991). Transfer of composed knowledge in a multi-step serial task. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 17, 997—1016.
- Frensch, P. A. (1994). Composition during serial learning: A serial position effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20, 423—442.
- Funke, J. & Buchner, A. (1992). Finite Automaten als Instrumente für die Analyse von wissensgeleiteten Problemlöseprozessen: Vorstellung eines neuen Untersuchungsparadigmas. *Sprache & Kognition*, 11, 27—37.
- Funke, J. & Gerdes, H. (1993). Manuale für Videorecorder: Auswahl von Textinhalten unter Verwendung der Theorie endlicher Automaten. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 47, 44—49.
- Johnson, N. F. (1970). Chunking and organization in the process of recall. In G. H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Vol. 4* (pp. 171—247). New York: Academic Press.
- Lewis, C. (1987). Composition of productions. In D. Klahr, P. Langley & R. Neches (Eds.), *Production system models of learning and development* (pp. 329—358). Cambridge, MA: MIT Press.
- MacKay, D. G. (1982). The problems of flexibility, fluency, and speed-accuracy in skilled behavior. *Psychological Review*, 89, 483—506.
- McLean, R. S. & Gregg, L. W. (1967). Effects of induced chunking on temporal aspects of serial recitation. *Journal of Experimental Psychology*, 74, 455—459.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81—97.
- Neves, D. M. & Anderson, J. R. (1981). Knowledge compilation: Mechanisms for the automatization of cognitive skills. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 57—84). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Newell, A. (1990). *Unified theories of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Palmer, S. E. (1992). Common region: A new principle of perceptual grouping. *Cognitive Psychology*, 24, 436—447.
- Reber, A. S. (1967). Implicit learning of artificial grammars. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 6, 855—863.
- Reber, A. S. (1976). Implicit learning of synthetic languages: The role of instructional set. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 2, 88—94.
- Servan-Schreiber, E. & Anderson, J. R. (1990). Learning artificial grammars with competitive chunking. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 16, 592—608.
- Singley, M. K. & Anderson, J. R. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Snodgrass, J. G. & Corwin, J. (1988). Pragmatics of measuring recognition memory: Applications to dementia and amnesia. *Journal of Experimental Psychology: General*, 117, 34—50.
- Ziefeler, M. (1993). Die Struktur von Bewegungssequenzen: Interaktionen zwischen Wahrnehmung und motorischer Steuerung. *Zeitschrift für Psychologie*, 201, 109—129.

Anschriften der Verfasser: Dr. Burkhard Müller, PD Dr. Joachim Funke: Psychologisches Institut der Universität Bonn, Römerstr. 164, 53117 Bonn. Dr. Axel Buchner: FB I — Psychologie, Universität Trier, Universitätsring 15, 54286 Trier.