

DIE KONTROLLE FEINMOTORISCHER TÄTIGKEITEN -
EIN PRODUKTIONSMODELL FÜR INDIVIDUELLE HANDSCHRIFT

Adolf Zimmer
Universität Münster

Einleitung

In die Steuerung vieler motorischer Handlungen gehen Informationen aus mehreren Sinnesmodalitäten ein - besonders deutlich wird dies bei der Auge-Hand-Koordination (LEE 1978), die Zielbewegungen zugrunde liegt. Eine vollständige Theorie (im Sinne von STELMACH & DIGGLES 1982) der motorischen Steuerung müßte verdeutlichen, wie intermodaler Informationsaustausch vonstatten geht und wie die für 'feed-back'- oder 'feed-forward'-Kontrolle notwendige Information gespeichert ist. Diese Fragen sind einerseits von großer theoretischer Bedeutung, da sie unmittelbar das Problem gemeinsamer und austauschbarer Sinnesinformation (sensorium-commune-Doktrin¹⁾) bzw. sinnesspezifischer und nur assoziativ gekoppelter Informationsverarbeitung²⁾ betreffen. Zum anderen sind die Fragen aber unmittelbar praktisch relevant für das Erlernen und die Korrektur komplexer motorischer Handlungen, da von ihrer Beantwortung die Entscheidung über Art und Einsatzpunkt der korrigierenden Information abhängt.

In zwei z.Z. in Planung befindlichen Experimenten soll auf diesem Hintergrund untersucht werden, wann bei den motorischen Handlungen, die dem Kranführen bzw. dem Skilaufen zugrunde liegen, die optimalen Interventionszeitpunkte sind und welche Information betreffend welcher Sinnesmodalität gegeben werden muß.

↪ Dem zur Lösung dieser Fragen vorgeschlagenen Modellansatz liegen Experimente zur Produktion und Repräsentation individueller Handschrift zugrunde. Die Wahl dieses Untersuchungsgegenstandes war zum einen praktisch begründet: Warum versagen die automatischen Mustererkennungsprogramme bei Handschrift? Und geschah zum anderen, weil an der individuellen Handschrift die klassischen Probleme der motorischen Steuerung

1) Zuerst vertreten von ARISTOTELES; für die Entwicklung der Psychologie war die Neukonzeption von DESCARTES von besonderer Bedeutung

2) Die Position der britischen Empiristen und besonders CONDILLAC's (s. MORGAN 1977)

besonders deutlich werden:

Motorische Äquivalenz (HEBB 1949): Charakteristika individueller Schrift bleiben konstant, selbst wenn sie von der Armmuskulatur anstelle der Handmuskulatur produziert werden;

Komplexität (BERNSTEIN 1967): die Ausführung der Buchstaben ist gleichzeitig kontextabhängig und nicht weiter elementar zerlegbar;

Variabilität der Ausführung (SCHMIDT 1975): lineare sowie nicht-lineare Transformationen sind möglich, die das individuell Charakteristische dennoch erhalten.

In dem Umfang, wie diese Probleme andere motorische Handlungen prägen, lassen sich die Ergebnisse von diesen Handschriftexperimenten versuchsweise übertragen, um zielgerichtet Untersuchungsansätze bzw. Trainings- und Korrekturmethode zu entwickeln.

Einer der vielen verwirrenden Aspekte der Handschrift ist, daß trotz der hohen Variabilität zwischen verschiedenen Handschriften es dennoch möglich ist, handschriftliche Notizen anderer Menschen relativ einfach zu lesen. Ähnlich erstaunlich ist auch, daß trotz der hohen Variabilität der Handschrift einer einzigen Person der Schreiber dennoch mit hoher Sicherheit erkannt werden kann. Jede Theorie, die versucht, die Prozesse zu untersuchen, die der Produktion und dem Wiedererkennen von Handschrift zugrunde liegen, muß die Invarianzen und Transformationen identifizieren, die sowohl für die Variabilität wie auch für die Kommunikabilität der Handschrift erforderlich sind. Die Analyse visueller Charakteristika (Visual feature analysis), die sehr erfolgreich war in der Identifikation von gedruckten Buchstaben (siehe z.B. WINSTON 1975, LINDSAY & NORMAN 1977), hat bei der Identifikation von handgeschriebenen Buchstaben praktisch versagt (EDEN 1961, 1962, EDEN & HALE 1961). Es scheint der Fall zu sein, daß Charakteristika wie Symmetrie oder ob ein Buchstabe aus geraden oder gekrümmten Linien zusammengesetzt wird usw. nicht das tatsächlich Entscheidende über die Handschrift erfassen und daher als Modell für das Erkennen von handgeschriebenen Buchstaben ausscheidet. Selbst wenn die Kontextinformation, wie z.B. in dem Modell von MCLELLAND & RUMELHART (1981) berücksichtigt wird, bleiben die an-

geführten Probleme in etwa bestehen. Eine andere und von der Erkennung von Handschrift vollständig getrennte Forschungsrichtung beschäftigt sich ausschließlich mit der Produktion und dem Performanzaspekt der Handschrift; sie geht aus von der 'near-miss periodicity' in der Handschrift (SHAFFER 1982, S. 116) und beschreibt die Dynamik der Handschrift als modulierten periodischen Prozeß in zwei Dimensionen (HOLLERBACH 1979, 1981; WING 1978, 1980). Diese rhythmischen Charakteristika spiegeln sehr gut die physikalischen Randbedingungen wieder (z.B. die Anatomie von einer individuellen Hand/Armkombination), aber sie vermögen nicht zu erklären, warum ideosynkratische, kontextabhängige Buchstabenvarianten auftreten, auf die man sich bezieht, wenn die Schrift einer bestimmten Person identifiziert (das ist das typische "P" von Herrn X) wird.

FREYD's (Anmerkung 1) Theorie und Experimente liefern eine Alternative zur Theorie visueller Charakteristika in der Buchstabenidentifikation, indem sie darauf hinweist, daß nicht die statischen Formen selbst, sondern die dynamische Information, die aus ihnen erschlossen werden kann, entscheidend für die Identifikation der intendierten Form ist. Auf dem Hintergrund ihrer Ergebnisse stellt sich für die Untersuchung der Handschrift die folgende Frage: Was von der Schrift ist tatsächlich mental repräsentiert; was erlaubt das Erkennen von dynamischen Mustern; und was liegt der Schriftproduktion zugrunde? Es scheint plausibel anzunehmen, daß parallel, aber verbunden mit der visuellen Repräsentation von gedruckten Buchstaben als einer schematischen Kombination von statischen Charakteristika eine Repräsentation von handgeschriebenen Buchstaben besteht, die aus der dynamischen Version aus statischen Schemata für Druckbuchstaben besteht. Ähnlich wie die Schemata für Druckbuchstaben sind die Schemata für handgeschriebene Buchstaben charakterisiert als Kombination von Elementarbestandteilen, relativ starren Kombinationsregeln und zulässigen Transformationen. Während jedoch für Druckbuchstaben die Schemata zeitinvariant sind, ist das Charakteristische für handgeschriebene Buchstaben, daß diese Schemata sich in der Zeit dynamisch verändern.

Falls sowohl statistisches wie auch dynamisches Wissen über die eigene und fremde Handschriften vorliegt, dann muß eine Beziehung zwischen der statischen Information für Druckbuchstaben und der Dynamik hand-

geschriebener Buchstaben vorliegen. Ein mögliches Modell einer derartigen Beziehung ist die "Handlungsgrammatik", wie sie von GOODNOW (1972, 1977) entwickelt worden ist; SIMNER (1981) hat gezeigt, daß dieses Modell recht gut den Prozeß zu beschreiben imstande ist, mit dem Kinder beginnen, Buchstaben zu schreiben. Dennoch kann die Entwicklung von hochgradig individualistischen, aber dennoch lesbaren Buchstabenvarianten nicht durch eine allgemeine Handlungsgrammatik erklärt werden.

FREYD (Anmerkung 1) schlägt vor, daß die Wahrnehmung und Produktion von Buchstaben von einigen sensorischen Kontrollprozessen für die dynamische Form gesteuert werden, aber sie spezifiziert nicht, welcher Art diese sensorischen Kontrollprozesse sind, außer der Einschränkung, daß sie Änderungen in Raum und Zeit widerspiegeln müssen, d.h. sie sind entweder visuell und/oder kinästhetisch. Aufgrund dieser Überlegungen lassen sich drei verschiedene Kontrollmodelle unterscheiden:

1. Visuelle Kontrolle. Trotz der visuellen Kontrolle läßt dieses Modell zu, daß handgeschriebene Buchstaben verzerrt werden aufgrund der physikalischen Charakteristika des motorischen Systems, wie z.B. Trägheit, die Beugerichtung der Gelenke oder die Kontraktionsmuster antagonistischer Muskeln (siehe WING, 1978; HOLLERBACH, 1982).
2. Kinästhetische Kontrolle. In diesem Modell ist der Einfluß visueller Rückmeldung auf Formatanpassung und ähnliches beschränkt. Die Tatsache, daß Menschen üblicherweise in der Lage sind, in Dunkelheit zu schreiben oder während sie einem Redner zuhören und diesen anschauen, spricht für dieses Modell der Handschrift. Der Wahrnehmungsprozeß würde in diesem Fall darin bestehen, daß sichtbare Muster unmittelbar in kinästhetisch kodierte motorische Erinnerungen übersetzt werden.
3. Parallele kinästhetische und visuelle Kontrolle. Dieses Modell entspricht den Ergebnissen der Hand-Auge-Koordination (für einen Überblick siehe LEE 1978). FREYD's (Anmerkung 1) Vorschlag, daß Handschrifterkennen ein Wahrnehmungs-/Produktionssystem sein könnte wie Sprachwahrnehmung spricht ebenfalls für einen solchen Modellansatz. WATT's (1975) Versuche, ein Kategorisierungssystem für Buchstaben

zu schaffen, haben ihn veranlaßt vorzuschlagen, daß die passenden Einheiten für handgeschriebene Buchstaben 'Kineme' sind (statische Spuren von Bewegung) anstelle der üblichen unterscheidenden Charakteristika.

Zumindest zwei Untersuchungsmethoden sind denkbar, die eine Unterscheidung zwischen diesen drei vorgeschlagenen Modellen erlauben. Eine Möglichkeit besteht darin, daß der Einfluß von reduzierter visueller Kontrolle auf die Handschreib-Performance untersucht wird; damit sollte es möglich sein zu bestimmen, wie viel visuelle Kontrolle notwendig ist für diese motorische Handlung. Ein anderer, eher indirekter Weg besteht darin, daß man die mentalen Repräsentationen direkt untersucht, die für die Kontrolle der Handschrift von Bedeutung sind. Diese Form der Untersuchung würde von der Annahme ausgehen, daß die Untersuchung mentaler Bilder handgeschriebener Buchstaben Rückschlüsse auf die Kontrollprozesse zuläßt; so z.B., falls ein kinästhetisches Bild einer Versuchsperson eher Zugang zu visuellen Charakteristika seiner eigenen Handschrift gibt als ein visuelles Bild, so läßt sich daraus schließen, daß das kinästhetische Kontrollmodell eher zutrifft als sein visuelles Gegenstück.

Experiment 1

Eine einfache Methode, um die Effektivität der visuellen Kontrolle zu reduzieren ist die Verminderung der Beleuchtungsintensität; daher wurde im ersten experimentellen Faktor die Beleuchtung in drei Stufen variiert: A1, Beleuchtung entsprechend der Normen für Schreibkräfte; A2, reduzierte Beleuchtung, die eine Kontrolle der generellen Anordnung der Schrift erlaubt, aber nicht die Wahrnehmung einzelner Buchstaben; und A3, vollständige Dunkelheit. Da es plausibel ist anzunehmen, daß kontextuale Anforderungen die Kontrollmodalitäten bei der Handschrift ebenfalls beeinflussen, wurde im zweiten Faktor das Ausmaß geteilten Wissens mit dem Adressat variiert:

B1 = Adressat = Schreiber; B2 enger Freund; B3 Unbekannter.

Die Kontextvariable, geteiltes Wissen mit dem Adressaten wurde gewählt, da man annehmen kann, daß die Charakteristika individueller Schrift differentiell von den Kontrollvariablen beeinflußt werden in Abhängigkeit

vom Wissen, das der Adressat über den Schreiber und seine Schreibgewohnheiten hat. Der hauptsächliche Grund für diese Annahme ist, daß visuelle Charakteristika unmittelbar von jedem dekodiert werden können, der dieselbe Art von Handschrift benutzt, daß aber kinästhetisch kontrollierte Charakteristika nur dem Schreiber selbst vertraut sind und zu einem geringeren Maße engen Freunden. Aus diesem Grunde kann das Ausmaß visueller Kontrolle von den Randbedingungen abhängen, die FREYD (Anmerkung 2) shareability genannt hat, und deren Wirksamkeit ZIMMER (Anmerkung 3) bei der Mitteilung räumlicher Information nachgewiesen hat.

Die Variation der Beleuchtungsbedingungen und des Ausmaßes von geteiltem Wissen erfordern abhängige Variable, die sowohl Lesbarkeit wie auch Performance Charakteristika erfassen, von denen angenommen werden kann, daß sie sich unter beeinträchtigten Bedingungen verändern. Um Lesbarkeit zu bestimmen, wurden zwei Variablen gemessen: die Ähnlichkeit des geschriebenen Buchstabens mit der Standardform dieses Buchstabens und die Zeit, die notwendig ist, damit ein Leser den handgeschriebenen Text auf Fehler durchsehen kann. Es erscheint sinnvoll anzunehmen, daß ein Schreiber versuchen wird, den verschlechterten Sichtbarkeitsbedingungen dadurch entgegen zu wirken, daß er die Worte schreibt, ohne den Stift anzuheben, um nicht die Orientierung zu verlieren. Dies wiederum macht es notwendig, daß die Querstriche und IPunkte im nachhinein eingesetzt werden, aus diesen Gründen kann angenommen werden, daß Verbundenheit innerhalb der Worte und Versetzung der Querstriche und I-Punkte direkt von dem Ausmaß abhängen, in dem die Sichtbarkeit reduziert worden ist.

Versuchspersonen

24 deutsche Studenten in Psychologie, Pädagogik und Sport an der Universität von Oldenburg nahmen freiwillig an dem Experiment teil.

Durchführung

Die Versuchspersonen wurden aufgefordert, Notizen über Universitätsaktivitäten aufzuschreiben. Diese Informationen wurden ihnen unmittelbar vor jedem Experimentaldurchgang gegeben. Das experimentelle Design war eine 2-faktorielle Varianzanalyse, die unabhängigen Variablen waren

"Beleuchtung" und "Ausmaß geteilten Wissens mit dem Adressaten"; jeder Faktor variierte auf drei Stufen. Die abhängigen Variablen waren: 1) Ähnlichkeit der Buchstaben zur Standardform, 2) durchschnittliche Suchzeit für orthographische Fehler pro Buchstaben, 3) Verbundenheit von einem Buchstaben innerhalb eines Wortes, 4) Versetzung von i-Punkten und Querstrichen für die Buchstaben t und f. Die Variablen 1 und 3 basieren auf Ratings durch 5 Grundschullehrer, Variable 2 war die Zeit, die diese Lehrer brauchten, um nach Fehlern zu suchen, und Variable 4 ist die standardisierte Distanz der i-Punkte und Querstriche von dem korrekten Platz. Die Reliabilität der Ratings wurde durch KENDALL's Konkordanzkoeffizienten (W) überprüft: Für die Ähnlichkeitsratings war der Wert von W .87 und für die Verbundenheit ein wenig geringer ($W = .76$).

Jede Vpn schrieb neun Notizen, eine für jede Kombination der Bedingungen. Für den Faktor 'geteiltes Wissen' war die Folge vollständig ausbalanciert, während im 'visuelle Kontrolle'-Faktor die Bedingung normgemäßer Beleuchtung in jedem Fall an erster Stelle stand, um den Vpn genügend visuelle Kontrolle während des Experiments zu geben; die beiden anderen Stufen waren balanciert.

Ergebnisse

Die Mittelwerte für die abhängigen Variablen sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

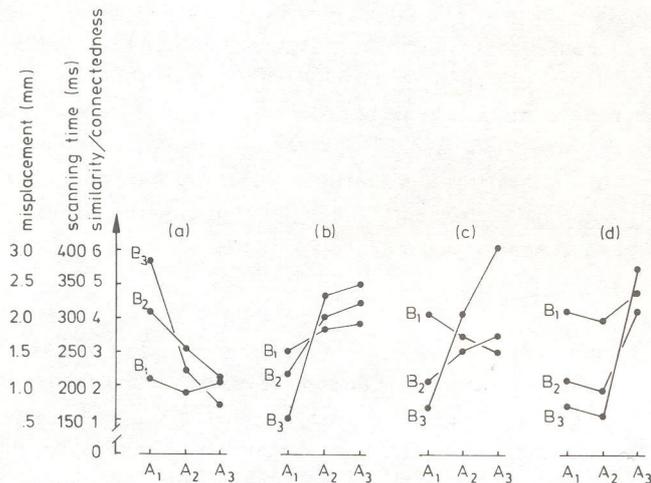


Abbildung 1: Mittelwerte für (a) Ähnlichkeit mit der Standardform, (b) Fehlersuchzeit pro Buchstabe, (c) Verbundenheit der Buchstaben und (d) Versetzung der I-Punkte und Querstriche. A1 schreiben unter normgemäßen Beleuchtungsbedingungen, A2 schreiben unter eingeschränkten Beleuchtungsbedingungen, A3 schreiben in Dunkelheit. B1 schreiben für den Eigengebrauch, B2 schreiben an einen engen Freund, B3 schreiben an jemand Unbekannten.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Wirkung der visuellen Rückmeldung in der Kontrolle der Handschrift stark von den Kontexteffekten beeinflusst wird. Die Wechselwirkungen sind alle signifikant, während die Haupteffekte für den Faktor "Beleuchtung" nur signifikant ist für die abhängigen Variablen "Ähnlichkeit mit der Standardform" und "Versetzung der I-Punkte und Querstriche".

Die F-Werte für alle Bedingungen und abhängigen Variablen sind in Tabelle 1, signifikante Werte ($p < 0.05$) sind mit einem Stern (*) gekennzeichnet.

Table 1
F-values for the ANOVA (2 factors, fixed effects)

Indicator	Visual control	Shared knowledge	Interaction
Similarity to standard form (table 2)	3.81*	3.21*	2.51*
Scanning time (table 3)	1.62	3.37*	3.01*
Continuity (table 4)	1.41	3.57*	4.07*
Misplacement (table 5)	3.26*	3.42*	3.11*

The stars indicate significant F-values ($p < 0.05$).

Wenn man die Wechselwirkungen in Abbildung 1 überprüft, stellt sich heraus, daß unter Bedingung B1 die Veränderung der visuellen Kontrolle praktisch keine Rolle spielt. Auf der anderen Seite ist die Handschrift unter Bedingung B3, wenn also für jemand Unbekanntes geschrieben wird, in allen Fällen stark beeinflusst. Die Fehlersuchzeiten (Abbildung 1, b)

und die Versetzungsdaten (Abbildung 1, d) zeigen, daß die visuelle Kontrolle der Handschrift auf zwei verschiedenen Niveaus zusammenbricht; der Wechselwirkungseffekt in den Fehlersuchzeiten, der als Index der Lesbarkeit interpretiert werden kann, findet statt zwischen voller visueller Kontrolle und reduzierter visueller Kontrolle, danach sind die Verläufe in allen Bedingungen parallel. Dieses Niveau primärer visueller Kontrolle scheint vom expliziten Wissen über die Standardformen der handgeschriebenen Buchstaben abzuhängen. Für die Verschiebungsdaten findet die deutliche Verschlechterung der visuellen Kontrolle zwischen der Bedingung reduzierte Beleuchtung und vollständige Dunkelheit statt. Während reduzierte Beleuchtung offensichtlich noch ausreicht, um die Buchstabenkomponenten, die nicht Teile des kontinuierlichen Schreibflusses sind, richtig zu placieren, ist dies nicht mehr möglich in vollständiger Dunkelheit. Diese beiden verschiedenen Punkte einer qualitativen Veränderung der Schriftcharakteristika können interpretiert werden als (1) Zusammenbruch der visuellen Kontrolle der Produktion einzelner Buchstaben und als (2) Zusammenbruch der visuellen Kontrolle der räumlichen Anordnung von Worten und innerhalb von Worten.

Experiment 1 legt nahe, daß die Rolle der visuellen Kontrolle hauptsächlich darauf beschränkt ist, die individuelle Schrift für Kommunikationszwecke zu modifizieren. Das heißt, je weniger über den Adressaten gewußt wird, desto mehr standardisiert wird die Schrift. Aus diesem Grunde ist die visuelle Rückmeldung besonders bedeutsam für die Aufrechterhaltung der Standardform. Wenn auf der anderen Seite die Vpn Notizen für sich selbst schreibt, bleibt die Handschrift in etwa auf dem gleichen Niveau unabhängig von den Beleuchtungsbedingungen. Dieses Ergebnis macht die Schlußfolgerung plausibel, daß bei der Niederschrift von Notizen, die für einen selbst bestimmt sind, die Ausführungskontrolle kinästhetisch ist; diese kinästhetische Kontrolle reicht aus, weil später in der Lese-phase die Vpn aufgrund der Buchstabenfolgen den kinästhetischen Prozeß rekonstruieren kann und damit die intendierte Form rekonstruieren kann. Dieses Ergebnis stimmt mit FREYD's (Anmerkung 1) Ergebnissen überein, wonach die sichtbaren Spuren danach interpretiert werden, welches Wissen über ihre Produktion vorliegt.

Die Ergebnisse des Experimentes 1 zeigen weiterhin, daß sowohl visuelle wie auch kinästhetische Kontrollprozesse während der Handschrift von Bedeutung sind (obwohl deutlich wird, daß die relative Bedeutung dieser Kontrollprozesse vom kommunikativen Kontext abhängt).

Hier entsteht eine weitere Frage: Wenn beide Kontrollprozesse von Bedeutung sind, wie werden sie koordiniert? Dieses Problem wurde im Experiment 2 angegangen; hier wurde angenommen, daß das Wissen, mit dem die Koordination durchgeführt wird, dadurch überprüft werden kann, daß man Vpn auffordert, unter verschiedenen Bedingungen sich die von ihnen geschriebenen Buchstaben vorzustellen.

Experiment 2

Durch die Variation der Rolle der Kontrollprozesse, die bei der Herstellung eines mentalen Bildes der eigenen Handschrift benutzt werden, sollte es möglich sein, abzuschätzen, welche Bedeutung den einzelnen Kontrollmodalitäten zukommt, dadurch daß man die vorgestellten Buchstaben mit den tatsächlich produzierten vergleicht. Dieser Vergleich kann dadurch hergestellt werden, daß man die Vpn spezifischen Fragen über die vorgestellten Buchstaben stellt. Um dies tun zu können, ist es notwendig, Buchstaben auszuwählen, die den folgenden Kriterien genügen: (1) die Form des Buchstabens muß unabhängig sein von den Schreibbedingungen; (2) der Buchstabe sollte hinreichend unterschiedlich von der Standardform sein; und (3) der Buchstabe sollte mehr als eine von vorangehenden oder folgenden Buchstaben abhängige Formvarianten besitzen. Dieses dritte Kriterium wurde eingeführt, um eine hinreichende Variabilität von Fragen zu ermöglichen.

Lediglich die Buchstaben 'b', 'f' und 't' erfüllten die Kriterien für alle Vpn. Da 'b' häufig mit 'f' (siehe WING 1979) verwechselt wird, bestand die endgültige Auswahl an Reizen lediglich aus den Buchstaben 'f' und 't'. 'f' wurde 'b' vorgezogen, weil 'f' im deutschen an nahezu jeder Position in häufig benutzten Worten zu finden ist und in mehr verschiedenen Kombinationen mit vorangehenden oder folgenden Buchstaben auftritt

als der Buchstabe 'b' (siehe Abbildung 2 für verschiedene kontextabhängige Varianten des Buchstabens 't').

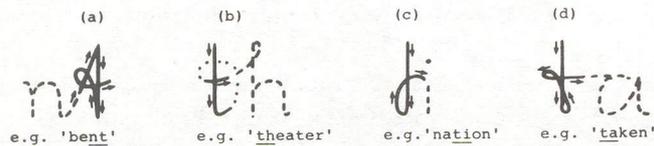


Abbildung 2: Formen des kleinen Buchstaben 't' in verschiedenen Kontexten (die Kontextbuchstaben sind gestrichelt, die Luftstriche sind punktiert und die Pfeile zeigen die Richtung der Schreibbewegung)

Es gab vier verschiedene Vorstellungsinstruktionen: Vpn wurden aufgefordert (1) ein statisches visuelles Bild, (2) ein dynamisches visuelles Bild, (3) ein kinästhetisches Bild oder (4) ein dynamisches visuelles und gleichzeitig kinästhetisches Bild zu produzieren. Die Anweisungen für (1) und (2) entsprechen Varianten des visuellen Kontrollmodells; die Instruktion für (3) dem kinästhetischen Kontrollmodell und die Instruktion für (4) dem visuellen und kinästhetischen Kontrollmodell. Kinästhetische Kontrollmodelle sind notwendigerweise dynamisch, während visuelle Kontrollmodelle entweder statisch oder dynamisch sein können. Aus diesem Grunde ist die Unterscheidung statisch vs. dynamisch notwendig, neben der Unterscheidung visuell vs. kinästhetische Kontrolle.

Versuchspersonen

Dieselben Vpn wie in Experiment 1, da die individuellen Schriften benötigt wurden.

Durchführung

In Bedingung 1 wurden die Vpn aufgefordert, statische visuelle Formen aufzubauen, in Bedingung 2 dynamische visuelle Formen, in Bedingung 3 kinästhetische dynamische Formen und in Bedingung 4 gleichzeitig kinästhetisch und visuell repräsentierte Formen. Die Instruktionen waren: 1. "Stell Dir vor, Du schaust auf eine Notiz, die Du selbst geschrieben hast, diese Notiz enthält das Wort 'Nation'. Wie sieht der Buchstabe 't' in diesem Wort aus?" 2. "Stell Dir vor, Du siehst Dir ein Videoband an,

auf dem gezeigt wird, wie Du selbst das Wort 'Elefant' schreibst. Wie sieht der Buchstabe 't' in diesem Wort aus?" 3. "Stell Dir vor, Du sitzt im Dunkeln. Registriere die Empfindungen in Deiner Hand und Deinem Arm, während Du das Wort 'Theater' schreibst. Wie sieht der Buchstabe 't' aus?" 4. "Stell Dich selbst beim Schreiben vor. Beobachte die Bewegungen an der Spitze Deines Bleistiftes und registriere die Empfindungen in Deiner Hand und Deinem Arm, während Du das Wort 'tanzen' schreibst. Wie sieht der Buchstabe 't' aus?"

Das Experiment bestand aus 30 Blöcken, 15 für 'f' und 15 für 't'. In jedem Block waren vier Versuche in zufälliger Reihenfolge, einer für jede der vier Bedingungen. Die 't'- und 'f'-Blöcke wechselten ab. Für den Buchstaben 't' hatten 12 Vpn drei konsistente Formen, 5 hatten vier konsistente Formen und 7 hatten fünf konsistente Formen; für den Buchstaben 'f' waren die entsprechenden Anzahlen 10, 7 und 7.

Um jede differierende konsistente Form gleich oft zu überprüfen, wurden insgesamt 120 Worte verwandt. Typische Testfragen waren: "Ist der Querstrich mit dem senkrechten Strich noch an einer anderen Stelle verbunden als am Kreuzungspunkt?" (statische visuelle Bedingung); "Hast Du Deinen Stift angehoben, um den Buchstaben 't' durchzustreichen?" (andere Bedingung). Die Testfragen wurden gestellt unmittelbar, nachdem die Vpn einen Knopf gedrückt hatten, um anzuzeigen, daß sie ein klares Bild des Zielbuchstabens der eigenen Schrift gebildet hatten. Die Zeiten, die notwendig waren, um klare Vorstellungen aufzubauen, wurden ebenso wie die Antworten mit einem Tonbandgerät festgehalten.

Ergebnisse

Zu Beginn des Experiments brauchten die Vpn eine relativ lange Zeit, um klare Vorstellungen zu bilden, aber nach einiger Zeit (ca. 7 Durchgänge) pendelte die Vorstellungszeit sich auf einem niedrigeren Niveau ein.

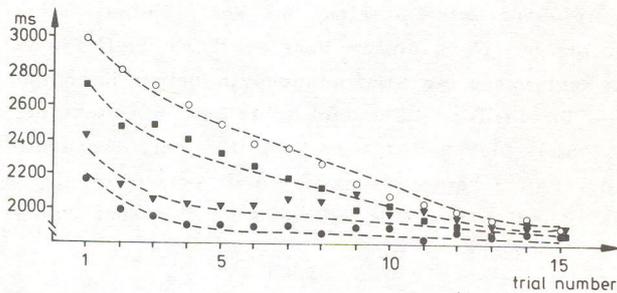


Abbildung 3: Vorstellungszeiten für die verschiedenen Modalitäten in Abhängigkeit von den Durchführungen (statische visuelle Vorstellung; dynamische visuelle Vorstellung; kinästhetische Vorstellung; kombinierte visuelle und kinästhetische Vorstellung)

Die relative Häufigkeit für richtige Antworten zu den Testfragen über die Vorstellungen sind in Abbildung 4 zu finden. Um Artefakte zu vermeiden, die auf einen möglichen speed/accuracy trade-off zurückzuführen sind, wurden nur die Ergebnisse der zweiten Hälfte des Experimentes auf signifikante Unterschiede überprüft.

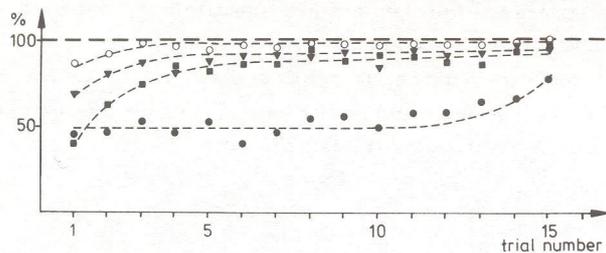


Abbildung 4: Prozentsatz richtiger Antworten zu den Testfragen in den verschiedenen Modalitäten (die Symbole für die Modalitäten sind dieselben wie in Abbildung 3)

Es gab einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen Bedingung 1 und allen anderen Bedingungen ($t(14) = 3.14$; $p < 0.001$) ein etwas kleinerer signifikanter Unterschied war zwischen Bedingung 4 sowie den Be-

dingungen 2 und 3 zu finden ($t(14) = 2.07$ und $t(14) = 2.43$; $p < 0.05$), aber es gab keinen signifikanten Unterschied zwischen 2 und 3 ($t(14) = .98$). Die relativen Häufigkeiten waren arcus-tangens transformiert, bevor sie statistisch analysiert wurden, um Effekte der Varianzinhomogenität auszugleichen. Wenn man das Maß der Ähnlichkeit zwischen den tatsächlichen Buchstaben und den Standardformen in Betracht zieht, ergibt sich ein signifikanter Unterschied (F-Wert für die Wechselwirkung zwischen Ähnlichkeit und Vorstellungsart $F(1;1) = 173$; $p < 0.05$) zwischen der dynamischen visuellen Bedingung und der kinästhetischen Bedingung. Dieses Ergebnis bedeutet, daß die Buchstaben, die der Standardform relativ ähnlich waren, in der dynamisch visuellen Vorstellungsbedingung korrekter beurteilt wurden als in der kinästhetischen Bedingung, während das umgekehrte für die Buchstaben zutrifft, die sehr ideosynkratisch, d.h. typisch für den Schreiber und unähnlich zur Standardform sind. Der geringfügige Anstieg des Prozentsatzes richtiger Antworten in der Bedingung statischer visueller Vorstellung gegen das Ende des Experimentes ist wahrscheinlich dadurch verursacht, daß einige Vpn die Anweisung, ein statisches Bild sich vorzustellen, nicht folgten und statt dessen eine dynamische Vorstellung produzierten. In der Befragung nach dem Experiment gaben 10 Vpn spontan an, daß sie nach einiger Zeit nicht mehr in der Lage gewesen wären, ausschließlich ein statisches Bild sich ins Bewußtsein zu rufen.

Wenn diese Ergebnisse verallgemeinert werden können, lassen sich Modelle der Handschriftproduktion ausschließen, die auf einer Synthese von statischen Charakteristika beruhen, wie z.B. das Modell, das in der Arbeit von GIBSON, OSSER, SCHIFF, SMITH (1963) impliziert ist. Die alternative Interpretation, daß die Überlegenheit der dynamischen Vorstellung auf einen speed/accuracy trade/off zurückgeführt werden kann, läßt aufgrund der Vorstellungszeiten in Abbildung 4 ausschließen: nach Versuchsdurchgang 7 gibt es praktisch keinen Unterschied mehr zwischen den Zeiten, die notwendig sind, um unter den verschiedenen Bedingungen Vorstellungen aufzubauen. Dennoch bleiben auch in diesem Bereich die Unterschiede zwischen den statischen und den dynamischen hoch signifikant.

Allgemeine Diskussion

Die experimentellen Ergebnisse lassen einige vorsichtige Rückschlüsse auf das Produktionsmodell zu, das der Handschrift zugrunde liegt: auf dem motorischen Niveau arbeiten kinästhetische und visuelle Kontrolle zusammen; beide Kontrollarten sind unabhängig repräsentiert, werden allerdings synchronisiert durch ein System auf höherem Niveau. Dieses übergeordnete Kontrollsystem ist allerdings nicht das von einigen Autoren angenommene semantische Buchstabensystem, denn die Form der Buchstaben ist deutlich vom Kontext der vorangehenden und folgenden Buchstaben beeinflusst (siehe Abbildung 2). Ein heterarchisches Kontrollmodell, das Ergebnisse einschließt, wie sie z.B. von LINDSAY & NORMAN (1977) angenommen werden, könnte in etwa so aussehen, wie es in Abbildung 5 dargestellt ist.

durch den Einsatz von Metaphern die Koordination der Kontrolle durch verschiedene Sinnesmodalität verbessert werden kann. Die Wirksamkeit dieser Metaphern ist jedoch abhängig von den intermodal wirksamen Strukturcharakteristika (ZIMMER 1981).

Anschrift des Referenten: Prof. Dr. Adolf Zimmer
Universität Münster
FB Psychologie
Schlaunstraße 2
4400 Münster

Anlagen

- Anmerkungen
- Literaturverzeichnis

ANMERKUNGEN

1. FREYD, J.J.: Perceiving the dynamics of a static form.
Submitted for publication, 1982. Available from J. FREYD (Department of Psychology, Stanford University)
2. FREYD, J.J.: Shareability: The social psychology of epistemology.
In Preparation
3. ZIMMER, A.: What makes the eye intelligent? Submitted for publication, 1982
4. ZIMMER, A.: Teilen "Seher", "Fühler" und "Hörer" das gleiche Wissen über die Welt? Bildhafte Sprache und mentale Repräsentation. In Vorbereitung
5. VOLGER, B.: Die Wirksamkeit von Metaphern im Sportunterricht. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Oldenburg 1980

LITERATURVERZEICHNIS

- Bernstein, A.: The coordination and regulation of movement.
New York: Pergamon Press, 1967
- Eden, M.: On the formalization of handwriting. In: R. Jacobson (ed.)
Structure of language and its mathematical aspects.
Providence: American Mathematical Society, 1961
- Eden, M.: Handwriting and pattern recognition. Trans. IFFE,
1962, IT8, 160 - 166
- Eden, M., & Halle, M.: The characterization of cursive handwriting.
In: C. Cherry (ed.), Information theory - 4th London Symposium
Washington, D.C.: Butterworth, 1961
- Gibson, F.F., Osser, H., Schiff, W., Smith, J.: Anaysis of critical
features of letters tested by a confusion matrix.
Coop. Res. Proj. 639. Washington, D.C.: U.S. Office of Edu-
cation, 1963
- Goodnow, J.J.: Rules and repertoires, rituals and tricks of the trade:
Social and informational aspects to cognitive representational
development. In: S. Farnham-Diggory, Information processing
in children. New York: Academic Press, 1972
- Goodnow, J.J.: Children drawing. Cambridge, Mass.: Harvard University
Press, 1977
- Hebb, D.O.: The organization of behavior. New York: Wiley, 1949
- Hollerbach, J.A.: A competence model for handwriting. Visible Language,
1979, 13, 252 - 264
- Hollerbach, J.A.: An oscillation theory of handwriting. Biological Cyber-
netics, 1981, 39, 139 - 156
- Lee, D.N.: The function of vision in: H. Pick & F. Saltzman (eds.)
Modes of perceiving and processing information. Hillsdale:
Erlbaum, 1978
- Lindsay, P.H., & Norman, D.A.: Human Information Processing.
New York: Academic Press, 1977 (2nd ed.)
- McClelland, J.L., & Rumelhart, D.F.: An interactive activation model
of context effects in letter perception: Part 1 An account of
basic findings. Psychological Review, 1981, 88, 375 - 407
- Morgan, M.J.: Molyneux's question vision, touch, and philosophy of
perception. Cambridge: University Press, 1977

- Schmidt, R.A.: A schema theory of discrete motor-skill learning. Psychological Review, 1975, 82, 225 - 260
- Shaffer, L.H.: Rhythm and timing in skill. Psychological Review, 89, 109 - 122
- Simner, M.L.: The grammar of action and children's painting. Developmental Psychology, 1981, 17, 866 - 871
- Stelmach, G.E., Diggles, V.A.: Control theories in motor behavior. In: Acta Psychologica, 1982, 50, 83 - 105
- Watt, W.C.: What is the proper characterization of the alphabet? I. desiderata. Visible Language, 1975, 9, 293-327
- Wing, A.M.: Response timing in handwriting. In: G.F. Stelmach (ed.) Information processing in motor control and learning. New York: Academic Press, 1978
- Wing, A.M.: Variability in handwritten characters. Visible Language, 1979, 13, 283 - 298
- Wing, A.M.: The height of handwriting. Acta Psychologica, 1980, 46, 141 - 151
- Winston, P.H. (ed.): The Psychology of Computer Vision. New York: McGraw Hill, 1975
- Zimmer, A.: The cultural constraints on models of cognitive representation. In: B. Wilensky (ed.) The proceedings of the 3rd annual conference of the Cognitive Science Society. Berkeley: Cognitive Science Society, 1981