

Die subjektive Seite von Dokumenten - der Kompromiß zwischen Informativität und Redundanz

A. Zimmer

Einleitung

Die subjektive Seite von Dokumenten hat aus meiner Sicht des angewandten Psychologen drei Hauptaspekte:

1. Welche Randbedingungen für die Form von Dokumenten müssen gegeben sein, damit der Leser Informationen aus diesen Dokumenten ziehen kann, also das Dokument das Wissen des Rezipienten verändert?
2. Wie wird die Information von Dokumenten im Wissen des Lesers repräsentiert? und
3. Wie beeinflussen die intendierten kommunikativen Randbedingungen das Abfassen von Dokumenten?

Zu all diesen drei Punkten werde ich paradigmatisch einen Beitrag aus eigener Forschung berichten; damit wird schon von vornherein deutlich, daß hier nicht ein allgemeiner Überblick über sämtliche für diese drei Aspekte wichtigen Ergebnisse gegeben werden kann, sondern daß ich lediglich anregen möchte, aufgrund konkreter experimenteller Forschung die Frage der subjektiven Seite beim Umgang mit Dokumenten in die Diskussion stellen möchte.

Gemeinsames Kennzeichen der Befunde zu diesen drei Aspekten ist es, daß bei der Informationsverarbeitung durch den Menschen jeweils ein Ausgleich zwischen Informativität auf der einen Seite und Redundanz auf der anderen Seite gesucht wird. Dabei sind der Aspekt der Informativität (wie speichere ich Informationen derart, daß ich sie mit geringstem Suchaufwand wiederfinden kann?) und der Aspekt der Redundanz (wie viele Hinweise auf Beziehungen zwischen Inhalten benötige ich, damit ich eine generalisierte Wissensstruktur aufbauen kann, die auch dann noch zu einer erfolgreichen Suche führt, wenn nicht mehr jede Einzelinformation verfügbar ist?) derart miteinander verbunden, daß sie nur als trade-off bewertet werden können.

Die Rolle der subjektiven Organisation

Psychologische Theorien des Wissens lassen sich grob in Spurenthorien und Theorien „subjektiver Kollektionen“ aufteilen, wobei die Ordnungsprinzipien dieser Kollektionen entweder als räumlich (semantischer Raum), hierarchisch oder episodisch strukturiert angenommen werden. Bei Kollektionstheorien steht also der Strukturgesichtspunkt im Vordergrund, während die Spurenthorien eher auf die Erklärung von Prozessen (z.B. Erlernen, Vergessen) ausgerichtet sind. Interferenzphänomene, der 'Köhler-Restorff'-Effekt, systematische Veränderungen sowohl im semantischen wie im episodischen Gedächtnis haben zu Modellen geführt, in denen prozessuale und strukturelle Aspekte menschlichen Wissens integriert werden: Schema-Theorien (z.B. Rumelhart 1980, Schmidt 1975, Zimmer 1986), Theorien der Kanalkapazität (z.B. Miller 1956, Simon 1970) bzw. Mehr-Speicher-Theorien (z.B. Tulving & Donaldson 1972, Atkinson & Shiffrin 1977) und Theorien zur Verarbeitungstiefe (z.B. Craik & Lockhart 1972). Die skizzierte Vielfalt psychologischer Theorieansätze zum Erwerb, zur Verarbeitung und zur Nutzung von Wissen macht es allerdings auf den ersten Blick schwer, konsistente Kriterien für die Gestaltung von Dokumenten aus ihnen abzuleiten.

Es lassen sich speziell für den Bereich der praktischen Nutzung von semantischem und Regel-Wissen zwei Optimalitätskriterien ableiten: (a) Informativität, d.h. wie läßt sich die Menge speicherbarer Information maximieren, und (b) Redundanz, d.h. wie läßt sich sicherstellen, daß Gedächtnisinhalte auffindbar bleiben angesichts von spezifischen Interferenzen und unspezifischen Störungen.

Für hierarchisch geordnete Dokumente wird die Informativität der Encodierung optimal, wenn auf jeder Ebene nur binäre Entscheidungen zu fällen sind; dies führt jedoch zu extrem langen (und damit fehleranfälligen) Suchvorgängen, also einer geringen Robustheit. Ausgehend von Strategien bei Suchvorgängen lassen sich Kriterien für Speicherungsarten entwickeln, die für diese Strategien optimal sind. Drei prototypische Suchstrategien sind denkbar und werden vor allem in der optimalen Codierungstheorie verwendet:

- 1) die Minimierung der längstmöglichen Suche, d.h. die Absicherung gegen den schlechtest möglichen Fall (maximale Robustheit),
- 2) die Minimierung der durchschnittlichen Suchlänge, d.h. gleichzeitige Berücksichtigung von Informativität und Robustheit, und

- 3) die Maximierung von Fällen kürzest möglicher Suchzeit; dies impliziert, daß alle Information gleichzeitig vorhanden sein muß.

In einer Reihe von Experimenten sind Clustergrößen und Hierarchiestrukturen von Pseudodokumenten systematisch variiert und auf ihre Auswirkung beim freien Reproduzieren untersucht worden. Diese Technik wurde gewählt, da sie wohl am ehesten „ökologische Validität“ aufweist, d.h. der Wissenssuche in Alltagssituationen entspricht. Die Ergebnisse lassen sich über alle untersuchten Aspekte der Pseudodokumente (u.a. biologische, geographische, kulturhistorische Begriffe) folgendermaßen zusammenfassen:

- 1) Bei gleichmäßigen Hierarchien und Clustergrößen von 3 - 4 ist (a) die Reproduktionsleistung am größten, bleibt (b) die zugrundeliegende kategoriale Ordnung am besten erhalten bzw. entwickelt sich, wenn die ursprüngliche Vorgabe rein zufällig gewesen ist, und es treten (c) keine Einschübe auf.
- 2) Bei ungleichmäßigen Hierarchien ist (a) die Reproduktionsleistung geringer als bei 1), tritt eine deutliche Tendenz in Richtung auf eine gleichmäßigere Hierarchie auf, indem (b) große Cluster (= 6) aufgespalten werden und (c) kleine Cluster (= 3) durch Einschübe ergänzt werden.
- 3) Wenn einunddieselben Zielobjekte (z.B. Bauwerke) durch alternative Ordnungshierarchien (z.B. Stil, geographische Lage, Funktion) gesucht werden können, wählen Versuchspersonen jeweils die Hierarchie, die möglichst gleichmäßig ist und deren Erwartungswert für die Clustergrößen bei geringer Varianz im Bereich 3,5 bis 4 liegt. Allerdings wechseln die Versuchspersonen von einer Ordnungshierarchie zu einer anderen, sobald sie aufgrund ihres Metawissens entscheiden können, daß sie mit der bisher genutzten Ordnungshierarchie nicht ans Ziel (d.h. das gewünschte Item o.ä.) gelangen können. Bei diesem Suchstrategiewechsel wird jedoch die bisherige Sucharbeit insofern verwertet, als nur der Teil der neuen Ordnungshierarchie aktiviert wird, der mit den bisherigen Suchraumeinschränkungen kompatibel ist.

Die theoretischen Überlegungen und empirischen Ergebnisse führen zu einem Modell für eine Wissensstruktur, in der ein für die Suche möglichst günstiger „trade-off“ zwischen Informativität und Redundanz erreicht wird. Die für die Simulation einer solchen Wissensstruktur notwendigen Annahmen finden sich in Zimmer (1982, S. 245). Aus dem skizzierten Modell von Wissensstrukturen, die alltäglichen Suchvorgängen im Gedächtnis zugrunde liegen, lassen sich für die Gestaltung von Dokumenten folgende Konsequenzen ziehen.

Allgemein Die Gestaltung von Dokumenten sollte den Aufbau adäquater subjektiver Wissensstrukturen unterstützen:

- 1) durch symmetrische Hierarchisierung,
- 2) durch Basiseinheiten mit gleichem Informationsumfang und
- 3) durch eine typographische Gestaltung, die den Wissensstrukturen der Adressaten entspricht.

Das Lesen von Dokumenten als Kommunikation

Wer Menschen bei der Lektüre von Dokumenten speziell elektronischer Art beobachtet, stellt sehr häufig fest, daß bei der Lektüre das gleiche Verhalten gezeigt wird, das sonst in Kommunikationssituationen auftritt, möglicherweise sogar noch verstärkt: Es wird kommentiert („was haben die sich denn damit gedacht?“), es wird bewertet („Unsinn!“) und es wird ein ganzes Spektrum emotionalen Ausdrucksverhaltens gezeigt. Dieses eigentlich inadäquate Verhalten - inadäquat, weil nämlich der eigentliche Ansprechpartner fehlt - läßt darauf schließen, daß an Dokumente Erwartungen gestellt werden wie an einen kompetenten Gesprächspartner. Da diese Diskurserwartungen in der Regel nicht erfüllt werden, resultiert ein Verhalten, das üblicherweise für frustrierende bzw. scheiternde Kommunikation reserviert ist.

Paul Grice (1975) hat ein Rahmenkonzept für effektive Kommunikation aufgestellt, wo er von dem allgemeinen Prinzip der **Kooperativität** ausgeht, d.h. alle Partner tragen ihr bestes zum Gelingen der Kommunikation bei. Im Falle der (einseitigen) Kommunikation mittels Dokumenten bedeutet dies, daß auf der Seite der Dokumente die Information so aufbereitet sein muß, daß sie für den Leser den Eindruck eines kooperativen Kommunikationsangebotes erwecken und ihn damit andererseits dazu motivieren, seinerseits einen Beitrag zum Gelingen der Kommunikation dadurch zu leisten, daß Anstrengungen zum Verstehen gemacht werden, z.B. dadurch, daß die ganze Spielbreite der Interpretation vom „Wörtlichnehmen“ bis zur Deutung von Metaphern angewendet wird. Paul Grice (1975) hat sein allgemeines Kooperativitätsprinzip mittels Kantischer Kategorien so präzisiert, daß konkrete „Rezepte“ für die Gestaltung gegeben werden können bzw. algorithmische Modelle für das Kommunikationsverhalten möglich sind (siehe z.B. N.V. Smith, 1982, speziell das Kapitel von Sperber & Wilson). Die Kategorien sind:

1. **Quantität:** „Sei informativ“, d.h. gib nicht mehr aber auch nicht weniger Informationen, als Dein Gesprächspartner benötigt, um sein Wissen von der Welt genau so zu verändern, wie Du es intendierst. Überflüssiges (Informationen, von denen Dokumentenersteller und Rezipient wechselseitig wissen, daß es vorhanden ist) soll vermieden werden, aber gleichzeitig alles expliziert werden, was nur auf Seiten des Dokumentenerstellers bekannt ist; damit wird eine effektive Verarbeitung i.S. hoher *Informativität* sichergestellt.
2. **Qualität:** „Sei aufrichtig“, d.h. qualifiziere Deine Aussagen jeweils so, daß der Kommunikationspartner sie eindeutig hinsichtlich Allgemeinheit vs. Besonderheit, Wahrheit vs. Falschheit, usw. beurteilen kann. Dies ist z.B. bei der auch in Kommentaren gängigen Aussage „der jährliche Konsum an reinem Alkohol liegt bei x Litern pro Jahr“ nicht der Fall, denn es wird nicht deutlich, ob es sich hier um eine Aussage zum arithmetischen Mittel, zum Median (50 % liegen darüber, 50 % darunter) oder zum Modalwert (die größte Gruppe von Konsumenten trinkt x Liter pro Jahr) handelt.
3. **Relation:** „Bleibe im Kontext“, d.h. gib zunächst Information, die einen allgemeinen Kontext spezifiziert und gib dann jeweils spezifisch an, wenn aus diesem Kontext herausgegangen oder dieser Kontext weiter spezifiziert wird. Bei der Dokumentart Gesetzestext wird dieser Kategorie in der Regel durch Kommentare Rechnung getragen. Die Ausführlichkeit von Kommentaren (einschließlich Kommentieren der Urteilsbegründungen) zeigt schon, daß hierdurch eine gegenüber Fehlinterpretationen robuste, weil *redundante* Kommunikationsform gewählt wird.
4. **Verhalten:** „Argumentiere durchsichtig“! D.h. benutze ein Vokabular, eine Grammatik und einen Stil derart, daß die intendierte Information mit den gängigen kognitiven Techniken des Textverständnisses sofort erfaßt werden kann. Diese Kategorie schließt z.B. doppelte Verneinungen, unnötige Passivkonstruktionen, nachgeschobene Einschränkungen u.ä. aus. Hierzu kann ich Ihnen ein besonders abschreckendes Beispiel aus einem „wissenschaftlichen Instrumentarium zur Lehrevaluation“ geben: Dort soll die Aussage „Der Vortragende ist arrogant“ bei einem freundlichen Referenten mit „--“ bewertet werden, weil auf den diese Aussage nicht zutrifft; „arrogant“ ist aber eine implizite Negation des Normverhaltens und das doppelte Minuszeichen eine (höchst) negative Qualifikation. An diesem Beispiel können Sie sehen, daß selbst für Fachleute das Einhalten der Griceschen Kategorien nicht einfach ist, umso mehr für Verwaltungs- und Rechtsfachleute, deren Intention ja häufig nicht primär die gute Verständlichkeit, sondern die von einer späteren Rechtsinstanz zu prüfende Eindeutigkeit ist. D.h. der intendierte Adressat ist gar nicht der Dokumentenempfänger, sondern z.B. der europäische

Gerichtshof, der nach einem etwaigen langen Instanzenweg abschließend über die Rechtmäßigkeit dieses Dokuments entscheidet.

Das Dilemma ist hier offenkundig: Ein verständliches Dokument ist möglicherweise nicht rechtssicher und ein rechtssicheres Dokument ist möglicherweise unverständlich. Die Lektüre von Dokumenten genügt also nur dann effektiven Kommunikationsregeln, wenn einerseits der kompetente Adressat eindeutig spezifiziert ist und für diesen durch Einhaltung der Kategorien gleichermaßen Informativität und Redundanz gewährleistet wird.

Ein aus psychologischer Sicht besonders interessanter Fall von Dokumenten sind handschriftliche Äußerungen, die als Vorform von oder Ersatz für formale Dokumente auftreten.

Der Einfluß des Adressaten auf die physische Form handgeschriebener Dokumente

Jeder, der mit der Lektüre handgeschriebener Dokumente zu tun hat, stellt fest, daß je häufiger man die Schrift desselben Schreibers gelesen hat, es umso leichter wird, was u.a. daran liegt, daß viele Schreiber über viele Varianten ein und derselben Buchstaben verfügen, die mit einer großen Regelmäßigkeit eingesetzt werden, die aber teilweise extrem von den Standardformen für Schreibschrift abweichen. Selbst wenn infolge Flüchtigkeit oder anderer Zufälle die geschriebenen Buchstaben nicht vollständig sind oder extreme Zufallsvarianten aufweisen, bleibt die Schrift für den mit ihr vertrauten menschlichen Leser verständlich. Diesem - wenn auch mit Mühen verbundenen - Erfolg des menschlichen Lesers bei der Entzifferung handgeschriebener Dokumente steht das Versagen technischer Systeme bei der Bearbeitung von handgeschriebenen Texten gegenüber. Um hier eine Identifikationsrate von mehr als 80 % zu erreichen, sind mehr als 8000 Trainingsdurchgänge notwendig (Mai & Suen, 1990); verglichen mit der menschlichen Leistung von 98 % unter vergleichbaren Bedingungen (Beun, 1973); selbst beim Einsatz 'künstlicher Intelligenz' sind also Computer ineffizient. Aus der Sicht der Psychologie hängen diese Probleme damit zusammen, daß Handschrift die - wenn auch unvollständige - Spur einer dynamischen Bewegung ist, d.h. erst wenn aus der Spur die zugrundeliegende, vom Schreiber gesteuerte Bewegung rekonstruiert ist, kann mit Sicherheit auf die Intention des Schreibers geschlossen werden - dies erklärt auch, weswegen eine vom Lesenden selbst aktiv beherrschte Schriftform leichter zu lesen ist als eine nur passiv beherrschte. Die Sichtweise von Handschrift als Spur einer motorischen Handlung hat aber noch eine weitere Implikation: Die Eigenschaften des motorischen Systems können zu anderen Segmentierungen der Bewegungsfolge beim Schreiben von Texten als zu denen der einzelnen Buchstaben führen, so daß die Entzifferung zumindest teilweise nicht Buchstabe für

Buchstabe erfolgen kann, sondern in größeren Komplexen, die zudem situativen Änderungen unterworfen sind, z.B. können sie davon abhängen, ob ein Text für Fremde oder für den Eigengebrauch geschrieben wird.

Dem zur Lösung dieser Fragen vorgeschlagenen Modellansatz liegen Experimente zur Produktion und Repräsentation individueller Handschrift zugrunde. Dabei stehen zwei Probleme im Vordergrund, ein eher praktisches: Warum versagen die automatischen Mustererkennungsprogramme bei Handschrift? und zum anderen ein eher theoretisches, nämlich was macht der menschliche Leser bei der Textentzifferung anders macht als automatische Systeme? Wie schon angedeutet, wird der Kernpunkt der Argumentation sein, daß der menschliche Leser Handschrift nicht primär als visuelle Zeichenfolge wahrnimmt, sondern als Spur motorischer Aktivität.

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 & Halle 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 die Abarbeitung von Eigenschaftenslisten als Modell für das Erkennen von handgeschriebenen Buchstaben ausscheidet. Selbst wenn Kontextinformation, wie z.B. in dem Modell von McClelland & Rumelhart (1981) berücksichtigt wird, bleiben die angeführten 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 Randbedin-

gungen 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 Schreiber X') wird.

Freyds Experimente von 1983 (a) liefern eine Alternative zur Theorie visueller Charakteristika in der Buchstabenidentifikation, indem sie darauf hinweisen, daß nicht die statischen Formen selbst, sondern die dynamische Information, die aus ihnen erschlossen werden kann, entscheidend für die Identifikation der intendierten Form ist.

Die Trägheit des motorischen Systems impliziert nun, daß die verschiedenen Methoden der Ausführung unterschiedliche, durch zufällige Störungen zustande gekommene Varianten der Strichfolgen implizieren; solche Varianten basieren auf nachlässigen Ausführungen 'sloppy lines' in der Terminologie von Freyd oder in der sichtbaren Ausführung von 'Luftlinien' ('connecting lines'). Je nach der erlernten Produktionsmethode können so imperfekte, identische Muster alternative Deutungen erfahren.

Zuckers (1982) Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Gruppierung bzw. Segmentierung und Wahrnehmung von impliziten oder expliziten Richtungen weisen in die gleiche Richtung wie Freyds (1983) Untersuchung der Strichfolge ('stroke order'): Was als das Resultat eines geschlossenen Bewegungsablaufs wahrgenommen wird, erscheint als figurale Einheit, selbst wenn lokale Symmetrie oder Näheverhältnisse eine andere Gruppierung möglich machen.

Auf dem Hintergrund dieser 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 handgeschriebener 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 (1983 a) 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). Freyds Vorschlag, daß Handschrifterkennen ein Wahrnehmungs-/Produktionssystem sein könnte wie die 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 diskriminierenden Merkmale; auch dies ist am ehesten mit dem Konzept der parallelen kinästhetischen und visuellen Kontrolle kompatibel.

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-Performanz untersucht wird; damit sollte es möglich sein zu bestimmen, in welchem Umfang visuelle Kontrolle für diese motorische Handlung notwendig ist. Ein anderer, eher indirekter Weg besteht darin, daß man die mentalen Repräsentationen selbst untersucht, auf denen die Kontrolle der Handschrift basiert. Diese Form der Untersuchung geht von der Annahme aus, daß die Untersuchung mentaler Vorstellungen handgeschriebener Buchstaben Rückschlüsse auf die Kontrollprozesse zuläßt; so z.B., falls eine kinästhetische Vorstellung einer Versuchsperson schneller Zugang zu den visuellen Charakteristika seiner eigenen Handschrift gibt als eine visuelle, so läßt sich daraus schließen, daß das kinästhetische Kontrollmodell eher zutrifft als sein visuelles Gegenstück.

Eine einfache Methode, um die Effektivität der visuellen Kontrolle zu reduzieren, ist die Verminderung der Beleuchtungsintensität; daher wird 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 zudem kontextuale und soziale Anforderungen die Kontrollmodalitäten bei der Handschrift ebenfalls beeinflussen, wird im zweiten Faktor das Ausmaß geteilten Wissens mit dem Adressaten variiert: B1 gleich Adressat gleich 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 unmittelbar bekannt sind und zu einem geringeren Maße mittelbar engen Freunden. Aus diesem Grunde kann das Ausmaß visueller Kontrolle von den Randbedingungen abhängen, die Freyd (1983b) "shareability" genannt hat, und deren Wirksamkeit Zimmer (1982) 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 Performanzcharakteristika erfassen, von denen angenommen werden kann, daß sie sich unter beeinträchtigten Bedingungen verändern. Um Lesbarkeit zu bestimmen, werden zunächst 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 entgegenzuwirken, daß er die Worte schreibt, ohne den Stift anzuheben, um nicht die Orientierung zu verlieren. Dies wiederum macht es notwendig, daß die Querstriche und i-Punkte im nachhinein eingesetzt werden, aus diesen Gründen kann angenommen werden, daß darüber hinaus Verbundenheit innerhalb der Worte und Versetzung der Querstriche und i-Punkte direkt von dem Ausmaß abhängen, in dem die Sichtbarkeit reduziert worden ist. Damit ergeben sich die abhängigen Variablen: Ähnlichkeit mit der Standardform, Lesegeschwindigkeit, Verbundenheit (Kontinuität des Schriftzuges) und Versetzungen von i-Punkten und Querstrichen.

Jede Versuchsperson 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 Versuchspersonen genügend visuelle Kontrolle während des Experiments zu geben; die beiden anderen Stufen waren balanciert.

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

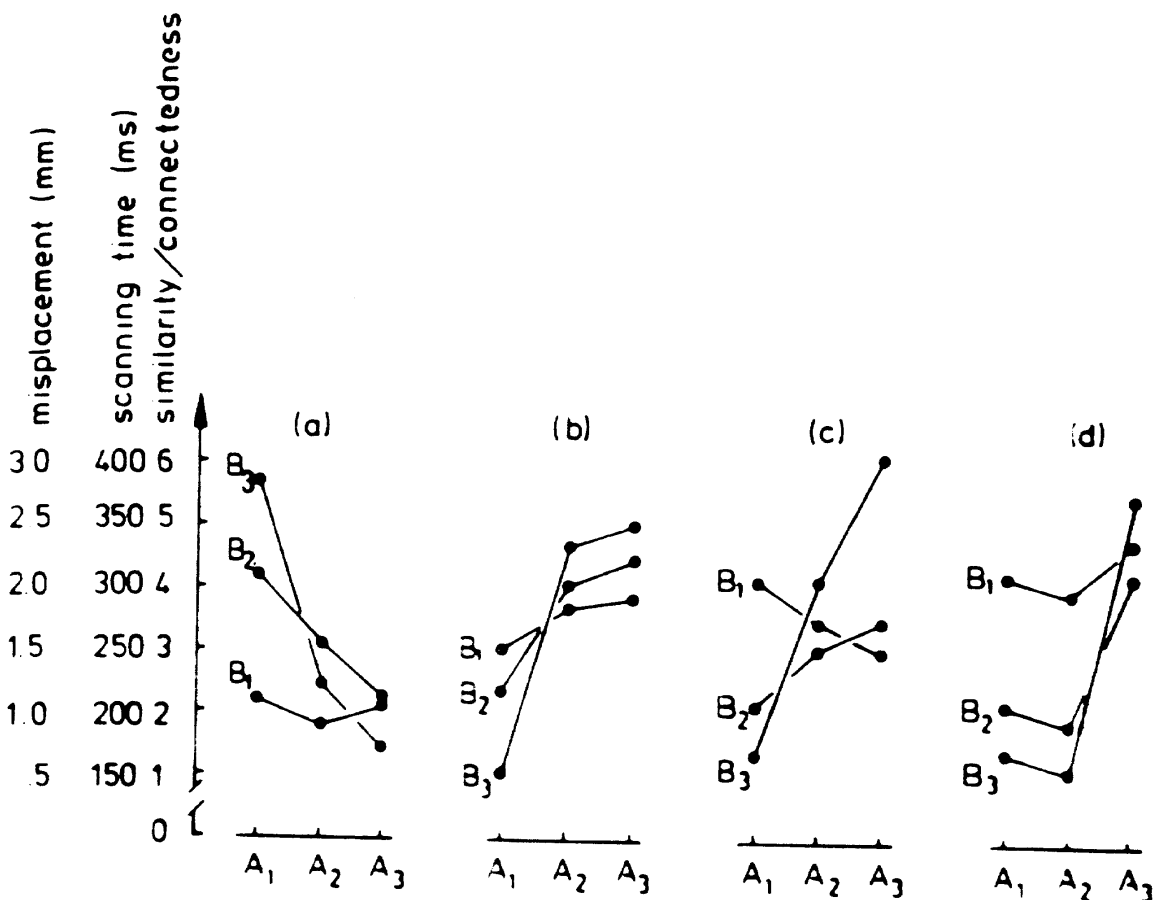


Abb. 1: Mittelwerte für (a) Ähnlichkeit mit der Standardform, (b) Fehlersuchzeit pro Buchstabe, (c) Verbundenheit der Buchstaben und (d) Versetzung der i-Punkte und Querstriche.

Bedingungen: "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".

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 und die Versetzungsdaten 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 Wortsegmenten.

Dieses Experiment 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 Versuchsperson 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 Lesephase die Versuchsperson aufgrund der Buchstabenfolgen den kinästhetischen Prozeß rekonstruieren kann und damit die intendierte Form rekonstruieren kann. Dieses Ergebnis stimmt mit Freyds Ergebnissen (1983a) überein, wonach die sichtbaren Spuren danach interpretiert werden, welches Wissen über ihre Produktion vorliegt.

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.

Die relative Stärke der ausgeübten Kontrolle durch die verschiedenen Kontrollmodalitäten hängt, wie die Ergebnisse zeigen, in einem hohen Grade von kommunikativen Randbedingungen ab. Z.B. ist die visuelle Kontrolle dominierend, falls Schreiber und Adressat lediglich das allgemeine kulturelle Wissen über Schrift gemeinsam haben. Auf der anderen Seite überwiegt die kinästhetische Kontrolle, wenn jemand Notizen über sich selbst schreibt.

Wie am Anfang, bezogen auf die Experimente von Freyd (1983a), ausgeführt worden ist, beschränkt sich jedoch die Bedeutung der Kinästhetik nicht nur auf die Produktion von Schrift, sondern auch auf das Lesen bzw. die Entzifferung von handgeschriebenen Texten: In dem Umfange, wie der Leser in der Lage ist, aus dem Schriftbild die zugrunde liegende motorische Dynamik abzuschätzen, wird es ihm möglich sein, optisch ununterscheidbare oder zumindest sehr ähnliche Muster zu disambiguieren bzw. ideosynkratischen Mustern überhaupt eine Bedeutung zuzuordnen. Die Bedeutung der Hinweise auf zugrunde liegende motorische Prozesse und ihre Abhängigkeit von kulturellen Standards wird aus der eher anekdotischen Beobachtung deutlich, daß nämlich Japaner Schwierigkeiten haben, Kanji-Schriftzeichen zu lesen, die von Europäern nach Vorlagen gezeichnet worden sind, wobei sie sich nicht an die übliche Strichfolge gehalten haben. Dies trifft offenkundig selbst für Muster zu, die von Europäern, die nicht des Japanischen mächtig sind, nicht von den Vorlagen unterschieden werden können. Daß Japaner, die mit der lateinischen Schrift vertraut sind, solche

Schwierigkeiten in geringerem Umfang haben, kann man auf deren Vertrautheit mit eben der motorischen Grammatik zurückführen, die der lateinischen Schrift zugrundeliegt und die Europäer offenkundig zunächst einmal automatisch benutzen, wenn sie Kanji-Schriftzeichen produzieren.

Selbst beim Lesen von Druckschrift scheint die Kinästhetik noch eine gewisse Rolle zu spielen, da Schriften mit Serif generell leichter zu lesen sind als solche ohne, obwohl die Unterscheidbarkeit der einzelnen Buchstaben bei 'Sansserif'-Schriften besser ist.

Zusammenfassende Schlußbemerkung

Anhand von drei Aspekten ist versucht worden, einerseits die Bedeutung der subjektiven Seite bei der Produktion und Rezeption von Dokumenten aufzuzeigen und zum zweiten die Interaktion der Aspekte Informativität vs. Redundanz zu analysieren; hier liegt, wie im abschließenden Experiment deutlich wird, eine konkave trade-off-Funktion vor, deren Optimum jeweils vom kommunikativen Kontext abhängt.

Literaturverzeichnis

- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1977) Human memory: A proposed system and its control processes. In: G.H. Bower (Ed.) *Human Memory: Basic processes..* New York: Academic Press, 289.
- Beun, M. (1973) A flexible method for automatic reading of handwritten numerals. *Philips Techn. Rev.*, 33, 89-101, 130-137.
- Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S. (1972) Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.
- Eden, M. (1961) On the formalization of handwriting. In: R. Jacobson (Ed.) *Structure of language and its mathematical aspects*. Providence: American Mathematical Society.
- Eden, M. (1962) Handwriting and pattern recognition. *Trans. IFFE, IT8*, 160-166.
- Eden, M. & Halle, M. (1961) The characterization of cursive handwriting. In: C. Cherry (Ed.) *Information theory - 4th London Symposium*. Washington, D.C.: Butterworth.
- Freyd, J.J. (1983a) Representing the dynamics of a static form. *Memory & Cognition*, 11, 342-346.
- Freyd, J.J. (1983b) Shareability: The social psychology of epistemology. *Cognitive Science*, 7, 191-210.
- Goodnow, J.J. (1972) Rules and repertoires, rituals and tricks of the trade: Social and informational aspects to cognitive representational development. In: S. Farnham-Diggory (Ed.) *Information processing in children*. New York: Academic Press.
- Goodnow, J.J. (1977) *Children drawing*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Grice, H.P. (1975) Logic and conversation. In: P. Cole & J.L. Morgan (Eds.) *Syntax and semantics*. New York: Academic Press.
- Hollerbach, J.A. (1979) A competence model for handwriting. *Visible Language*, 13, 252-264.
- Hollerbach, J.A. (1981) An oscillation theory of handwriting. *Biological Cybernetics*, 39, 139-156.
- Lee, D.N. (1978) The function of vision: In: H. Pick & F. Saltzman (Eds.) *Modes of perceiving and processing information*. Hillsdale: Erlbaum.
- Lindsay, P.H. & Norman, D.A. (1977) *Human Information Processing*. New York: Academic Press. (2nd ed.)
- Mai, T.A., Suen C.Y. (1990) A generalized knowledge-based system for the recognition of unconstrained handwritten numerals. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 20, 835-848.

- McClelland, J.L. & Rumelhart, D.F. (1981) An interactive activation model of context effects in letter perception: Part 1 An account of basic findings. *Psychological Review*, 88, 375-407.
- Miller, G.A. (1956) The magical number seven - plus or minus two. *Psychological Review* 63, 81-97.
- Rumelhart, D.E. (1980) Schemata - the building blocks of cognition. In: R.J. Spiro & B.C. Bruce & B.F. Brewer (Eds.) *Theoretical Issues in Reading comprehension: Perspectives from Cognitive Psychology, Linguistics, Artificial Intelligence, and Education*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Ass.
- Schmidt, R.A. (1975) A schema theory of discrete motor-skill learning. *Psychological Review*, 82, 225-260.
- Shaffer, L.H. (1982) Rhythm and timing in skill. *Psychological Review*, 89, 109-122.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977) Controlled and automatic human information processing: II. Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review* 84, 127-190.
- Simner, M.L. (1981) The grammar of action and children's painting. *Developmental Psychology*, 17, 866-871.
- Simon, H.A. (1970) How big is a chunk? Invited address at the meeting in The Eastern *Psychol. Ass.*, 4.
- Smith, N.V. (1982) *Mutual Knowledge*. London: Academic Press.
- Tulving, E. & Donaldson, W. (1972) *Organization of memory*. New York: Academic Press.
- Watt, W.C. (1975) What is the proper characterization of the alphabet? I. desiderata. *Visible Language*, 9, 293-327.
- Wing, A.M. (1978) Response timing in handwriting. In: G.F. Stelmach (Ed.) *Information processing in motor control and learning*. New York: Academic Press.
- Wing, A.M. (1979) Variability in handwritten characters. *Visible Language*, 13, 283-298.
- Winston, P.H. (1975) *The Psychology of Computer Vision*. New York: McGraw Hill.
- Zimmer, A. (1982) The dependability of paired-associate learning on individual structures. In: J. Linhart (Ed.) *Proceedings of the Third Prague Conference on Human Learning and Problem Solving*. Prague: Czechoslova Acad. of Sc.
- Zimmer, A. (1986) A fuzzy model for the accumulation of judgments by human experts. In: W. Karwowski & A. Mital (Eds.) *Applications of Fuzzy Set Theory in Human Factors*. Amsterdam: Elsevier-North Holland.