



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Institut für Nukleare Sicherheitsforschung

**Untersuchung
ergonomischer Fragestellungen
zum Einsatz von
Datensichtgeräten in Warten**

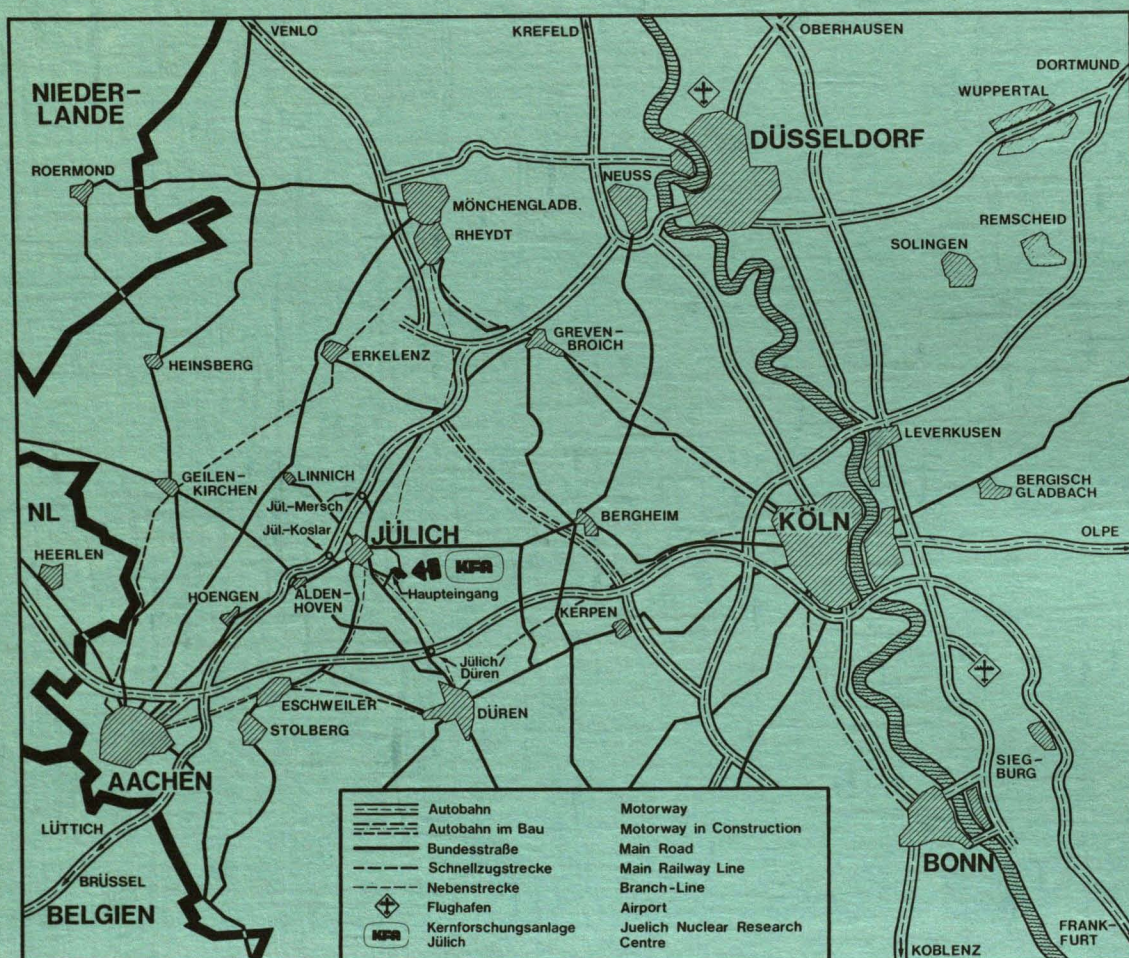
von

P. Linnertz, H. Meessen, E. Münch, H. Pfeiffer

Jül - 1706

Februar 1981

ISSN 0366-0885



Als Manuskript gedruckt

Berichte der Kernforschungsanlage Jülich - Nr. 1706

Institut für Nukleare Sicherheitsforschung Jül - 1706

Zu beziehen durch : ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH
Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)
Telefon : (0 24 61) 610 · Telex : 8 33 556 kfa d

**Untersuchung
ergonomischer Fragestellungen
zum Einsatz von
Datensichtgeräten in Warten**

von

P. Linnertz, H. Meessen, E. Münch, H. Pfeiffer

Kurzfassung

Großtechnische Produktionsanlagen zeichnen sich durch eine Vielzahl extrem vermaschter Prozeßabläufe aus. Dies trifft auch für Kernkraftwerke zu. Bei der Führung derartiger Großanlagen wird in allen Betriebsphasen der Mensch durch technische Leitsysteme maßgeblich unterstützt. Grundsätzlich gilt es dabei auch, das anlagenbedingte Risiko für die Umwelt möglichst niedrig zu halten. Dieses Ziel wird zwar in erster Linie durch automatische technische Schutzeinrichtungen erreicht, dennoch kommt auch dem Menschen hierbei eine entscheidende Aufgabe zu. In der Anlagenwarte, der Verbindungsstelle zwischen technischen Systemen und Personal, treffen daher zentral alle wichtigen Informationen über den Anlagenzustand ein. Von hier aus ist das Fahrpersonal in der Lage, gegebenenfalls alle erforderlichen Gegenmaßnahmen zu treffen. Somit muß der Arbeitsplatz des Personals in der Warte, insbesondere der Leitstand des Reaktorfahrers, den Erfordernissen entsprechend optimal ausgelegt sein. Eine in diesem Sinne durchgeführte Arbeitsplatzgestaltung dient sowohl wichtigen Humanisierungsaspekten als auch, und dies in erster Linie, der Gewährleistung der Anlagensicherheit, also dem Ziele, höchstmögliche Zuverlässigkeit bei der Ausführung sicherheitstechnisch erforderlicher Personalhandlungen zu erreichen.

Die Wartensituation ist speziell durch einen umfangreichen Datenfluß von der Anlage zum Personal und durch dessen Eingriffsmöglichkeiten in das Anlagengeschehen gekennzeichnet. Die Qualität ergonomischer Wartengestaltung wird entscheidend von der Organisationsstruktur äußerst komplexer Anlageninformationen und von deren sinnvoller Präsentation beeinflusst. Laufende Anstrengungen in dieser Richtung führen zu einer ständigen Verbesserung der Wartengestaltung. So werden u.a. die meisten der für das Fahrpersonal bestimmten Daten von einem Prozeßrechner erfaßt, sinnvoll zusammengestellt, einer ersten Bewertung unterzogen und in geeigneter Weise miteinander verknüpft. Es gilt nun, dem Personal, und insbesondere dem Leitstandfahrer,

die teilweise bereits aufbereiteten und verdichteten Anlageninformationen in geeigneter Weise zugänglich zu machen.

Datensichtgeräte können hierbei ein äußerst effektives Hilfsmittel sein, da sie, an ausgewählten Wartenorten installiert, gleichsam als Schaufenster mit flexiblem Informationsangebot und mit schneller Zugriffsmöglichkeit auf aktuelle Informationen anzusehen sind. Geräte- und verfahrensbedingte Darstellungsparameter, z.B. Form und Größe der Schriftzeichen, Farbkombination und Organisation der Informationsdarstellung als Meßwerttabelle, Meldeliste, Kurvenschar oder Kreislaufschema, besitzen eine große Variationsbreite. Weil den Geräten zukünftig in den Anlagenwarten eine eminente Bedeutung zukommen wird, ist deren bestmögliche Anpassung an den Menschen unerlässlich. Sinnvolle Beschränkung ist erforderlich, insbesondere bei Überlagerung mit Orts-, Zeit- und Benutzervariablen, z.B. Beleuchtungsstärke, Tageszeit und Kondition des Lesenden.

Aus diesem Grunde wurde die nachfolgend beschriebene experimentelle Untersuchung der teilweise von gegenseitiger Abhängigkeit gekennzeichneten Variablen der als System zu wertenden Kopplung "Mensch - Bildschirm" durchgeführt. Als Darstellungsvariable wurden insbesondere Farbkombination, Zeichenform, Textstruktur und Bildaufbau untersucht; als Umgebungsvariable sind Raumbelichtung und Tageszeit hervorzuheben. Die mentale Kondition der Versuchspersonen zum Zeitpunkt der jeweiligen Sitzung wurde als Benutzervariable zwar auch erfaßt, aber nur spezifisch zur jeweiligen Sitzung ausgewertet. Die von 12 Versuchspersonen absolvierten 144 Einzelsitzungen waren im Rahmen eines Pilotexperimentes als erste Untersuchung konzipiert. Dabei hat das aufwendige Instrumentarium sich zur Durchführung weiterer ergonomischer Experimente als voll tauglich erwiesen. Deutlich wurde auch, daß derartige Experimente sich nicht ausschließlich auf das System "Mensch - Bildschirm" beziehen müssen, sondern auch andere komplexe Zusammenhänge zu untersuchen gestatten. Die wichtigsten Ergebnisse der Untersuchung seien kurz aufgezeigt:

- o Etwa zwölf Farbkombinationen erwiesen sich als gut geeignet; hellere Hintergründe waren vorteilhafter als dunklere.
- o Zwischen Zeichenerkennbarkeit und Zeichenform bzw. zwischen Verwechslungshäufigkeit und Formverwandschaft wurde ein Zusammenhang gefunden.
- o Bei Einzelzeichencodierung bedingt eine Kettenlänge von mehr als vier Zeichen eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Lesefehler.
- o Ist die zu erkennende neue Information nicht mit einer Vorankündigung oder einem Suchmerkmal gekoppelt, ergibt sich eine geringere Lesegüte; gleiches zeigt sich unmittelbar nach Wechsel der statischen Rahmeninformation.
- o Die Raumbeleuchtung wurde während der Bildschirmarbeit von der Versuchsperson eingestellt; hierbei war die gewählte Beleuchtungsstärke durchweg weit geringer als dies in gleichmäßig ausgeleuchteten Warten möglich wäre.
- o Der tageszeitliche Einfluß auf die Lesegüte wurde untersucht. Er zeigte sich nur bezüglich der mentalen Leistungsfähigkeit der Versuchspersonen; eine spezifische Wechselwirkung mit Darstellungsvariablen konnte nicht nachgewiesen werden.

Die Fortsetzung der Untersuchungen zur Klärung weiterer Zusammenhänge für eine optimale Informationsdarbietung in der Warte ist geplant.

Inhaltsverzeichnis

Seite:

1.	Einleitung		1
2.	Methodik		3
2.1	Versuchseinrichtung		3
2.2	Rahmenplan des Experimentes		4
2.3	Rahmenplan der Sitzung		6
2.3.1	Vorbereitungsphase		7
2.3.2	Arbeitsphase		8
2.3.3	Erholungsphase		9
2.4	Unabhängige Variablen		10
2.4.1	Tageszeit	TZ	11
2.4.2	Bildart	BA	11
2.4.3	Textart	TA	12
2.4.4	Textladung	TL	13
2.4.5	Farbkombination	FK	15
2.4.6	Reihenfolge	RF	18
2.4.7	Beleuchtung	BE	19
2.4.8	Kondition	LK, KK	20
2.4.9	Aussprache	AS	20
2.5	Abhängige Variablen		20
2.5.1	Identifikationszeit	Z	21
2.5.2	Identifikationsmenge	M	21
2.5.3	Längenfaktor	L	22
2.5.4	Identifikationsgüte	G	22
2.5.5	Anpassungsfaktor	F	22
2.5.6	Identifikationsgüte	G'	23
2.6	Datenmenge des Experimentes		24
2.7	Programmerstellung und Datenverwaltung		24

	Seite:
3. Untersuchungen ergonomischer Fragestellungen	29
3.1 Langzeitkondition und Datenreduzierung	29
3.2 Aussprache des zu lesenden Textes	32
3.3 Kurzzeitkondition	35
3.4 Biorhythmik	37
3.5 Bildartenvergleich	44
3.6 Farbkombination	47
3.7 Identifikation von alphanumerischen Zeichen	56
3.8 Textlänge	61
3.9 Beleuchtung	64
4. Literaturhinweis	69

1. Einleitung

Großtechnische Produktionsanlagen mit äußerst komplex ablaufenden dynamischen Ereignisfolgen können nur durch automatische Leitsysteme optimal geführt werden, da die sich aus den Aspekten Wirtschaftlichkeit der Produkterzeugung und Sicherheit der Umwelt ergebenden Forderungen mit möglichst hoher Zuverlässigkeit erfüllt werden müssen. Solche Leitsysteme übernehmen, z.B. bei einem Kernkraftwerk, die gesamte Steuerung und Regelung der Anlage, wobei es gilt, je nach der momentanen Anlagensituation die erforderlichen Stellteile und Antriebe in richtiger Weise anzusteuern. Die zur Erfüllung der Sicherheitsanforderungen zu treffenden Maßnahmen werden dabei von einem weitestgehend unabhängigen Schutzsystem mit höchster Priorität eingeleitet. Die Vielfalt der Ereignisabläufe großtechnischer Anlagen ist jedoch breit gefächert und reicht vom bestimmungsgemäßen Betrieb bis hin zu Störfällen. Die bisherige und wohl auch in absehbarer Zeit nicht änderbare Praxis weist daher auch dem Menschen bei diesen Abläufen bestimmte Aufgabenbereiche zu.

Alle bisher im praktischen Einsatz befindlichen technischen Leit- und Schutzsysteme arbeiten nach fest vorgegebenen Algorithmen. Bei richtiger Anpassung an die zu erfüllenden Aufgaben werden dabei Zuverlässigkeiten erreicht, die um ein Vielfaches besser sind als die bei der Aufgabenerfüllung durch den Menschen erreichbaren Zuverlässigkeiten. Ein technisches System, welches befähigt wurde, anhand von eigenen Plausibilitätsentscheidungen Aktionen einzuleiten, kann keinen Stimmungen unterliegen, kann keine streßbedingten Fehlentscheidungen treffen und kann auch keine Denkblockaden erleiden. Dem Menschen dagegen sind diese nachteiligen Merkmale eigen, sie werden jedoch bei weitem durch die Vorteile der menschlichen Fähigkeit zur situationsangepaßten freien und nicht starr vorgeprägten Entscheidungsfindung überwogen. Die zu erfüllenden Aufgaben sind im voraus nicht für jeden möglichen Anlagenzustand detailliert festlegbar. Daher zählen Kombinationsgabe und Kreativität mit zu den wichtigen Eigenschaften, über die der Mensch bei der Aufgabenbewältigung, innerhalb eines Ermessensspielraumes, in hohem Maße verfügen muß.

Die Sicherheitsrelevanz der durch den Menschen zu bewältigenden Aufgaben wird um so gravierender, je schwerwiegender das den Ereignisablauf prägende besondere Vorkommnis ist und je weniger dieser Anlagensituation durch automatische Einrichtungen begegnet werden kann. Ausgehend von der bei einigen kritischen Ereignisabläufen zulässigen Annahme, daß falsche Handlungen des

Personals, z.B. am Leitstand in der Schaltwarte, zu noch ungünstigeren Anlagensituationen führen können, kommt der Arbeitsgüte des Personals, z.B. des Leitstandsfahrers, höchste Bedeutung zu. Es gilt daher, alle vermeidbaren belastenden Einflüsse so niedrig wie möglich zu halten. Hieraus leiten sich direkte Anforderungen an die Wartengestaltung ab.

Um eine möglichst hohe Arbeitsgüte zu erlangen, müssen die jeweils erforderlichen Eingangsinformationen angeboten werden und sowohl übernehmbar als auch interpretierbar sein. Die Informationen über den Anlagenzustand werden dem Wartenpersonal, insbesondere dem Leitstandsfahrer, fast ausschließlich optisch angeboten. Damit sie möglichst leicht, schnell und zuverlässig wahrgenommen, gelesen, verstanden und in Reaktionen umgesetzt werden können, sind eine Reihe ergonomischer Grundforderungen zu erfüllen. Daraus abgeleitet wird sich beispielsweise als Darstellungsfläche für Meßwerttabellen, Meldungslisten, Anlagenschemata und situationsbezogene Anweisungstexte zukünftig das Farbsichtgerät durchsetzen. Bedingt durch den großen Vorteil einer weitgehend flexiblen Informationsdarstellung ergibt sich bei einigen Parametern allerdings die zwingende Notwendigkeit, für den optimalen Einsatz dieser Darstellungsart Empfehlungen zu erarbeiten und zu definieren.

Diesem Ziele dienen die im vorliegenden Bericht beschriebenen Untersuchungen. Hierbei wurde der Einfluß einiger Randbedingungen auf die Identifikationsgüte von dargestellten Texten analysiert. Als optische Darstellungs-Variablen seien hier Farbe der dargestellten Zeichen, Textstruktur und Bildaufbau angeführt, weiterhin die Umgebungsparameter Raumbeleuchtung und Tageszeit der Sitzung. Als quantitative Ergebnisse einer Sitzung wurden die Werte Identifikationszeit und Lesefehler gewonnen. Zwölf Versuchspersonen standen in etwa 140 Einzelsitzungen von jeweils ca. 20 Minuten Dauer zur Verfügung. Der Ablauf der einzelnen Untersuchungen, die gewonnenen Ergebnisse sowie die hieraus ableitbaren Empfehlungen werden im folgenden ausführlich dargestellt und diskutiert.

2. Methodik

Die Untersuchung verschiedener ergonomischer Fragestellungen sollte Aussagen über die Güte der Informationsdarstellung auf Farbsichtgeräten erbringen. Hierzu waren in einem Experiment durch 12 Versuchspersonen in je 12 Sitzungen mit je 64 Leseschritten verschiedenfarbig dargestellte alphanumerische Texte zu lesen.

Nachfolgend werden zunächst Angaben über die im Experiment vorgegebenen Konstanten gemacht. Hierunter sind die Versuchseinrichtung, also Versuchsraum einschließlich apparativer Ausstattung, und der Rahmenplan des Experimentes bzw. der Sitzung zu verstehen. Anschließend werden die unabhängigen Variablen (z.B. Farbkombination, Textart, Bildart, Raumbeleuchtung , Tagesperiodik) , die abhängigen Variablen (Lesefehler, Lesezeit) , sowie die Behandlung der im Experiment anfallenden Daten besprochen .

2.1 Versuchseinrichtung

Die Versuchseinrichtung umfaßt den Versuchsraum und die gesamte apparative Ausstattung. Hier werden jedoch nur die Teile der Einrichtung besprochen, mit denen die Versuchsperson während des Sitzungsverlaufes unmittelbar konfrontiert wurde .

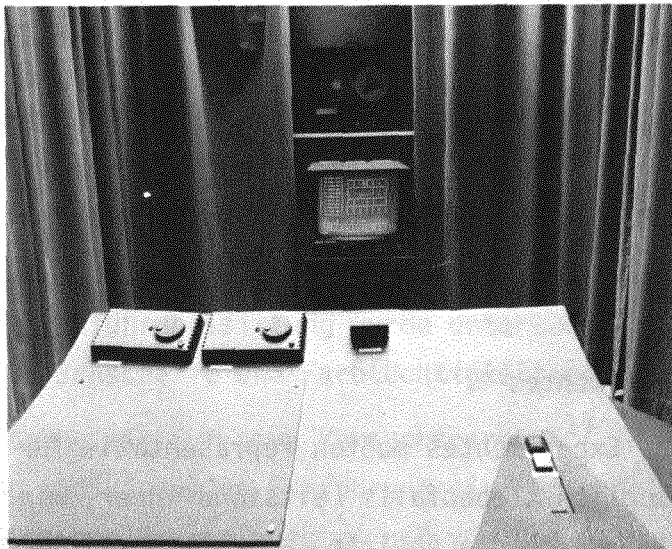


Abb. 1: Von der Versuchsperson bei normaler Blickrichtung wahrgenommener Teilbereich des Versuchsraumes

Der Versuchsraum war eine rundum durch dunkelgraue Vorhänge abgegrenzte Kabine mit den Abmessungen 220 cm Breite und 315 cm Tiefe; eine abgehängte dunkle Rasterdecke in 235 cm Höhe entkoppelte das Blickfeld der Versuchsperson von den in 330 cm Höhe installierten Leuchten. Die Versuchsperson saß an einem flachen Pult und blickte in Raumlängsrichtung auf ein Datensichtgerät; der Abstand zum Bildschirm des Sichtgerätes betrug bei normaler Sitzhaltung ca. 210 cm (Abb. 1, Seite 3).

Das Sichtgerät hatte eine Schirmdiagonale von 51 cm; die mit Informationen belegbare Fläche war 340 mm breit und 290 mm hoch. Der Bildaufbau erfolgte nach dem Rasterprinzip, dabei waren 288 Zeilen mit je 448 adressierbaren Einzelpunkten ausnutzbar. Für die Versuchsperson betrug der horizontale Sehwinkel zwischen zwei Punktmitten $1,3'$, der vertikale Sehwinkel $1,7'$. Das normalsichtige menschliche Auge besitzt demgegenüber eine Auflösung von $1' / 1'$. Die Bildwiederholfrequenz des Sichtgerätes betrug 50 Hz, hierdurch wurde der Eindruck eines flimmerfreien Schirmbildes ermöglicht.

Die Raumbeleuchtung bestand aus fünf quer zur Raumlängsachse gleichmäßig angeordneten Leuchten, bestückt mit Doppel-Leuchtstofflampen (TL-lang). Zur Vermeidung von Flimmereffekten wurden die Leuchten auf die drei Versorgungsphasen aufgeteilt. Die Beleuchtungsstärke konnte vom Pult aus innerhalb weiter Grenzen eingestellt werden, und zwar getrennt für den Monitor- und den Sitzbereich.

Die Speicherung der von der Versuchsperson ausgesprochenen Texte - zur späteren Ermittlung der Lesefehler - erfolgte auf Tonband; während der Sitzung waren Mikrofon und Bandgerät für die Versuchsperson sichtbar.

Auf dem Pult befanden sich außer den Stellteilen für die Raumbeleuchtung noch eine Digitalanzeige zur Angabe der momentanen Pausendauer zwischen zwei Sitzungsteilen (Kap. 2.3.2) und eine Taste für die Programmfortschaltung (Kap. 2.3.2).

2.2 Rahmenplan des Experimentes

Die Versuchspersonen des Experimentes mußten repräsentativ für die Zielgruppe Leitstandfahrer sein, möglichst ebenfalls Leitstandfahrer, mindestens jedoch wartenerfahrene Personen. Durch die Absicht, auch tageszeitliche Einflüsse auf die Güte des Lesens von Bildschirminformationen mitzuerfassen, kamen

außerdem nur schichterfahrene Personen in Frage. Es gelang, schichtgehende Reaktoroperateure für diese Aufgabe zu gewinnen; 12 Personen meldeten sich freiwillig. Die freiwillige Teilnahme war eine Grundbedingung, da nur unter diesen Voraussetzungen die zur Lösung abstrakter Aufgaben - hier das Lesen von Zufallstexten - erforderliche Motivation während der gesamten Laufzeit des Experimentes erwartet werden konnte. Für eine möglichst unverfälschte Rhythmusuntersuchung ergab sich die Forderung nach kurzen Wegzeiten der Versuchsperson zwischen Arbeitsplatz und Versuchsraum; dieser Umstand wurde bei der Ortswahl des Versuchsraumes berücksichtigt. Eine Wegzeit von ca. 5 min, einschließlich Übergabe des Arbeitsplatzes an eine Vertretung, wurde als akzeptabel angesehen.

Der sich aus der Sicht der Schichtaufgaben des Operators zwingend ergebenden Forderung nach möglichst geringer Beanspruchung des Operators durch das Experiment wurde durch eine Begrenzung der Leseschrittanzahl auf 64 Schritte je Sitzung Rechnung getragen. Die Sitzungsdauer wurde mit 15 bis 20 min angenommen, der Abstand zwischen zwei Sitzungen des jeweiligen Operators mit 2 h festgelegt. Darüber hinaus wurden die in einer Schicht anfallenden 4 Sitzungen einer Versuchsperson auf zwei nicht aufeinanderfolgende Tage verteilt (Abb. 2, Seite 6). Diese Maßnahme erfolgte aus der Zielsetzung heraus, den Eingriff in den normalen Arbeitsablauf der Schichtmannschaft, insbesondere bei mehreren Versuchspersonen in einer Schicht, minimal zu halten, sowie durch Verteilung der Testtage auf einen längeren Zeitraum, etwa 7 Wochen, die Einflüsse des Großklimas auszumitteln.

Der Nachteil der Nichtbeanspruchung der Versuchsperson mußte durch einen großen Betrachtungsabstand, durch eine (schwache) Konfliktsituation der Versuchsperson bei der freien Wahl der Pausenlänge zwischen den einzelnen Sitzungsteilen (Kap. 2.3.3) und durch besondere Bewertung der tagesrhythmisch erkannten Leistungstiefs kompensiert werden.

Innerhalb einer Einführungssitzung wurde untersucht, ob bei den Versuchspersonen normale Sehschärfe und Farbtüchtigkeit vorlag.

Während der Sitzung war nur eine Versuchsperson ¹⁾ im Versuchsraum anwesend. Im Rahmen einer individuellen Einführungssitzung erfolgte eine mündliche Einweisung. Daten von dieser Sitzung und von den folgenden, der Einarbeit in die Aufgabenstellung dienenden Sitzungen wurden nicht ausgewertet.

1) Im weiteren Text wird das Wort "Versuchsperson" durch die Abkürzung "Vp" ersetzt.

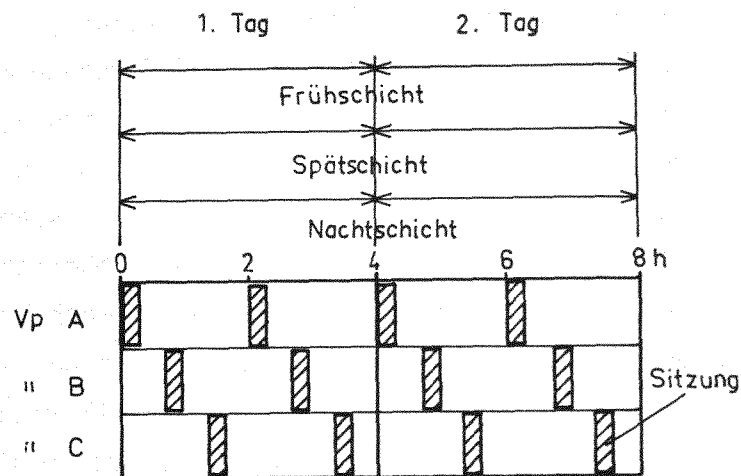


Abb. 2: Staffelung der Sitzungstermine und Aufteilung auf zwei Schichttage, Beispiel für 3 VPn einer Schichtmannschaft

2.3 Rahmenplan der Sitzung

Die Sitzung unterteilte sich in einzelne Abschnitte; in der Abb. 3 wird das Ablaufschema einer Sitzung aufgezeigt.

Teil	Bild-Anzahl	
Einführungsteil	11	Vorbereitungsphase
Pause 1	1	
Sitzungsteil 1	16	Arbeitsphase
Pause 2	1	
Sitzungsteil 2	16	Arbeitsphase
Pause 3	1	
Sitzungsteil 3	16	Arbeitsphase
Pause 4	1	
Sitzungsteil 4	16	Erholungsphase
Abschlußbild	1	

Abb. 3: Ablaufschema einer Sitzung

Alle Bildwechsel wurden ausschließlich durch die Vp eingeleitet. Die Anwesenheit des Versuchsleiters im Versuchsraum war nicht erforderlich, da die Vp alle notwendigen Start- und Pausenanweisungen aus den entsprechenden Bildern entnehmen konnte.

Zwischen dem Versuchsleiter und der Vp erfolgte vor der jeweiligen Sitzung praktisch kein Gespräch, somit konnte die Vp das Beziehungsfeld zwischen sich und dem Bildschirm ungestört aufbauen.

2.3.1 Vorbereitungsphase

Der Startzeitpunkt des die Sitzung eröffnenden Einführungsteiles lag im Ermessen der Vp. Die Informationen auf den Bildern dieses Teils waren nach Inhalt und Stil darauf ausgerichtet, der Vp Unsicherheiten zu nehmen und die Anpassung an die in den eigentlichen Arbeitsteilen geforderten Leistungen zu ermöglichen. Insbesondere wurde betont, daß der eigentliche Prüfling das Gerät und nicht die Vp selbst sei. Die 11 Einführungsbilder waren Bestandteil jeder Sitzung und blieben während des ganzen Experimentes inhaltlich unverändert.

Es wurde auf den Sinn des Experimentes, die Untersuchung verschiedener Darstellungsmöglichkeiten, hingewiesen. Die Vp wurde weiterhin aufgefordert, nur bei Leseschritten mit lesbar dargestellten Texten Anstrengungen zu investieren. So lautete etwa eine Bitte an die Vp im 10. Einführungsbild: "LEGEN SIE ALS MASS-STAB FÜR IHRE ANSTRENGUNGEN DIE VORSTELLUNG ZUGRUNDE, DAS DATENSICHTGERAET MIT VERSCHIEDENFARBIGER INFORMATIONSDARSTELLUNG BEFAENDE SICH AN IHREM ARBEITSPLATZ, ES WAERE ALSO IHR WERKZEUG, UND DIES WAEHREND DER GESAMTEN SCHICHTDAUER."

In den Arbeitsteilen der Sitzung wurden zu jedem Leseschritt Lesezeit und Lesefehler erfaßt, dies war der Vp bekannt. Um nun die Strategiemöglichkeiten der Vpn, auf Zeit oder auf Fehler zu setzen, einander möglichst anzunähern, wurde die Vp im 11. Einführungsbild gebeten, einer bestimmten Lösungsstrategie den Vorzug zu geben: "NUN WERDEN ZWAR ZUR BEURTEILUNG DER DARSTELLUNGSGUETE LESEZEIT UND LESEFEHLER GEMEINSAM BEWERTET, DABEI GEHEN JEDOCH DIE LESEFEHLER STAERKER IN DIE BEWERTUNG EIN ALS DIE LESEZEITEN. DAHER SOLLTEN SIE IN DEN FAELLEN, IN DENEN SICH IHRER MEINUNG NACH EINE ANSTRENGUNG LOHNT, MOEGLICHST GEWISSENHAFT LESEN. NATUERLICH ERGEBEN SICH HIERBEI IN EINIGEN FAELLEN LAENGERE LESEZEITEN, DIES IST JEDOCH NICHT SO SEHR ENTSCHEIDEND." Von den beiden möglichen Strategien wurde bewußt diese gewählt, da sie dem Populationsmerkmal "Gewissenhaftigkeit vor Schnelligkeit" des Leitstandfahrers weit mehr entspricht.

Es wurde nicht angestrebt, einen Sättigungswert der Beanspruchung der Vp vor den eigentlichen Arbeitsteilen zu erreichen. Dies wäre sowohl aus Gründen der Limitierung der Sitzungszeit, als auch der getroffenen Vereinbarung mit der Vp selbst bzw. mit ihren verantwortlichen Vorgesetzten, nicht möglich gewesen.

Die Vp wurde während der Einführung gebeten, die Raumbelichtung so einzustellen, wie es ihren Bedürfnissen in der jeweiligen Sitzung entspreche. Eine Verstellung während der Sitzung war erlaubt, es wurde sogar in jedem folgenden Pausenbild daran erinnert.

Innerhalb der Sitzung war der Einführungsteil ein fester Bestandteil, er konnte von der Vp nicht übersprungen werden; der Vp war lediglich die jeweilige Betrachtungsdauer freigestellt.

2.3.2 Arbeitsphase

Drei Sitzungsteile repräsentierten den Kern des Experimentes. Sie beinhalteten jeweils 16 Leseschritte; ein Wechsel konnte nur auf Anforderung der Vp, also durch Betätigen der auf dem Pult befindlichen Taste für die Programmfortschaltung, erfolgen.

In jedem Leseschritt wurde der von der Vp zu lesende Text durch randomisierte bzw. systematische Anwendung bestimmter unabhängiger Variablen gebildet. Außerdem wurde er von Texten oder Schemata umgeben, die von der Vp nicht gelesen werden sollten (statischer Bildinhalt). Die unabhängigen Variablen werden im Kap. 2.4 besprochen; es handelt sich hier um die Variablen Farbkombination, Textart, Textladung, Reihenfolge und Bildart.

Beim Wechsel des Leseschrittes änderte sich nur der von der Vp zu lesende Text und die Farbkombination, in der dieser Text dargestellt wurde, nicht jedoch der statische Bildinhalt. Hierdurch ergab sich bei der Betrachtung ein sehr ruhiger Bildwechsel. In den 3 Sitzungsteilen wurden insgesamt 48 Leseschritte angeboten. Es wurden in einer Sitzung 48 verschiedene Farbkombinationen gebracht, mithin wurde jede nur einmal präsentiert. Der statische Hintergrund wechselte lediglich nach dem 8. Leseschritt des jeweiligen Sitzungsteiles, und zwar wurden die zu lesenden Texte in den ersten 8 Leseschritten von tabellenartig aufgebauten Texten umgeben, in den folgenden 8 Leseschritten von Tabellentext und einem großflächigen Schema.

Der Wechsel des von der Vp zu lesenden Textes ging folgendermaßen vor sich: Löschen des bereits abgearbeiteten eingefärbten Textes, Ersatz durch neutralen Tabellentext in weißer Schrift auf schwarzem Hintergrund, Einblenden des neuen eingefärbten Lesetextes innerhalb der Tabelle.

Diese Bildänderungen erfolgten randomisiert; Reihenfolge der Farbkombinationen, Ladung des zu lesenden Textes innerhalb der für die jeweilige Sitzung beibehaltenen Textart, Ort des Lesetextes im Tabellenbereich, Ladung des Ersatztextes nach Löschung des Lesetextes wurden also zufällig ausgewählt. Dabei war nur bei der Farbkombination eine Wiederholung ausgeschlossen, bei allen anderen Faktoren war sie erlaubt. Das Ablaufprogramm der jeweiligen Sitzung wurde, innerhalb dieser festen Rahmenregeln, von einem Rechner erstellt.

Der Sitzungsteil 4 entsprach in seinem Aufbau den Sitzungsteilen 1 bis 3. Inhaltliche Unterschiede bestanden in der Weise, daß die 16 Leseschritte jeweils eine Farbwiederholung aus den ersten drei Teilen darstellten und die Leseschritte 5 bis 8 sowie 13 bis 16 darüber hinaus eine vollständige Kopie von acht Leseschritten des Sitzungsteiles 1 waren. Der Vp waren Vorhandensein, Lage und Sinn der Wiederholungen nicht bekannt. Ihr wurden diese Wiederholungen durch die randomisierte Kombination von Farbe, Textladung und Folge auch nicht bewußt. Der Sitzungsteil 4 erlaubte durch Vergleich der Lesegüten der in Farbkombination, Textladung und Reihenfolge identischen Leseschritte von Sitzungsanfang und Sitzungsende u.a. Rückschlüsse auf Konditions- bzw. Motivationsgradienten der Vp während der Sitzung.

2.3.3 Erholungsphase

Die Abb. 4 (Seite 10) zeigt das während der ersten Pause sichtbar gewesene Bild; die Bilder der weiteren Pausen waren inhaltlich identisch. Der Vp wurden die von einem Zeitmesser erfaßten Pausenzeiten auf dem Pult angezeigt. Hierdurch sollte für die Vp ein Spannungsfeld zwischen den Momenten Auftragserfüllung und Erholzeit aufgebaut werden; dies mit dem Ziel, der Pausenlänge Aussagekraft zu verleihen hinsichtlich Kondition und Motivation der Vp in der jeweiligen Sitzung. Diese Zusammenhänge waren der Vp nicht bekannt.

In den Pausen wurde das Tonbandgerät automatisch gestoppt; da das Gerät für die Vp sichtbar aufgestellt war, konnte sie diesen Vorgang kontrollieren.

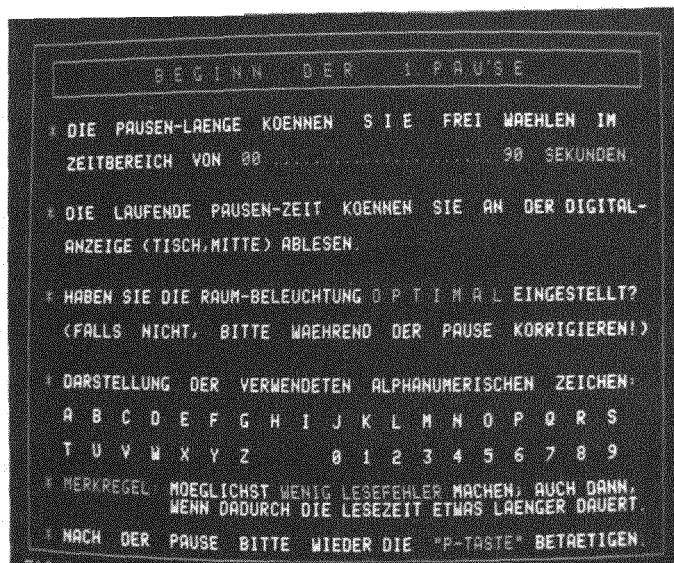


Abb. 4: Aufbau und Text des Pausenbildes

2.4 Unabhängige Variablen

Der Aufbau einer Sitzung unterlag zwar dem bereits besprochenen Rahmenplan, jedoch war - je nach dem Auswerteverfahren der im Experiment gewonnenen Daten, also der abhängigen Variablen - jeder vom Versuchsleiter (VL) variierte Faktor entweder als unabhängige Variable (UV) oder als Störvariable (SV) ansetzbar. Dies erforderte für die einzelnen Sitzungen unterschiedliche Datenabläufe, realisiert insbesondere durch Randomisierung. Da kein direkter Vp-Vergleich erfolgen sollte, war dieser Umstand nicht störend. Die bei der Auswertung berücksichtigten Eingangsfaktoren werden in der Tab. 1 aufgezeigt, gemeinsam mit Hinweisen auf die mögliche Art der Faktoren.

Faktor- Bezeichnung	Kurz- Zeichen	Art des Faktors, je nach Untersuchung		Variation durch
		UV	SV	
Tageszeit	TZ	UV	SV	VL
Bildart	BA	UV	SV	"
Textart	TA	UV	SV	"
Textladung	TL	UV	SV	"
Farbkombination	FK	UV	SV	"
Reihenfolge	RF	-	SV	"
Beleuchtung	BE	UV	SV	Vp
Langzeit-Kondition	LK	UV	SV	"
Kurzzeit-Kondition	KK	UV	SV	"
Aussprache	AS	UV	SV	"

Tab. 1: Zusammenstellung der Eingangsfaktoren

2.4.1 Tageszeit TZ

Zur Erfassung der Tagesperiodik wurden die Sitzungen möglichst gleichmäßig auf den Zeitbereich 0 Uhr bis 24 Uhr aufgeteilt. Das sich über fast 7 Wochen erstreckende Experiment erlaubte es, die Länge der ersten Sitzungen nach der Einarbeitungsphase der Vpn ebenfalls möglichst gleichverteilt im 24 h-Bereich anzuordnen.

2.4.2 Bildart BA

Die von der Vp gemäß der Aufgabenstellung zu lesenden farbigen Texte wurden, wie bereits besprochen, von statischen Bildteilen umgeben. In Anlehnung an die Praxis diente dieser Rahmen lediglich dazu, die zu verarbeitenden Signale mit Störsignalen zu überlagern.

In jeder Sitzung wurden zwei verschiedene Bildarten angeboten, ein Wechsel erfolgte nach jeweils 8 Leseschritten; somit fiel der erste Wechsel in die Mitte des Sitzungsteiles 1, der zweite Wechsel in die Pause 1, usw.

Abb. 5 zeigt ein Beispiel zur Bildart 1. Diese Bildart entspricht einer Tabellen- oder Meßprotokolldarstellung. Der gesamte statische Hintergrund war aufgeteilt in 30 Textplätze, sämtlich in weißer Schrift auf schwarzem Hintergrund. Lediglich die zu lesende Information wurde farbig und an einem zufällig bestimmten Textplatz eingeschrieben.

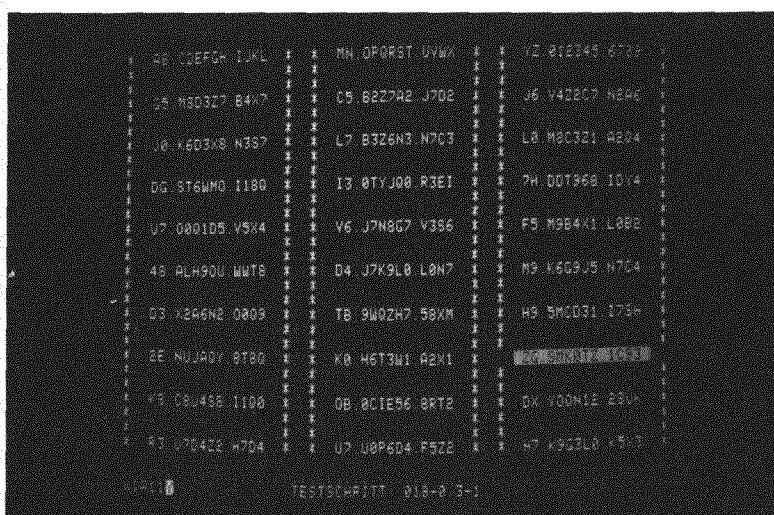


Abb. 5: Beispiel zur Bildart 1, Lesetext im FREI-Format

Abb. 6 veranschaulicht ein Beispiel zur Bildart 2. Sie entspricht der Kombination eines Tabellenteils mit 11 Textplätzen und einer großflächigen Schemadarstellung. Der Tabellenteil war weiß auf schwarz geschrieben, das Einschreiben des Lesetextes erfolgte wie bereits bei Bildart 1 beschrieben. Lediglich das inhaltlich immer gleiche Schema wechselte die Farbkombination, jeweils gleich mit dem Lesetext.

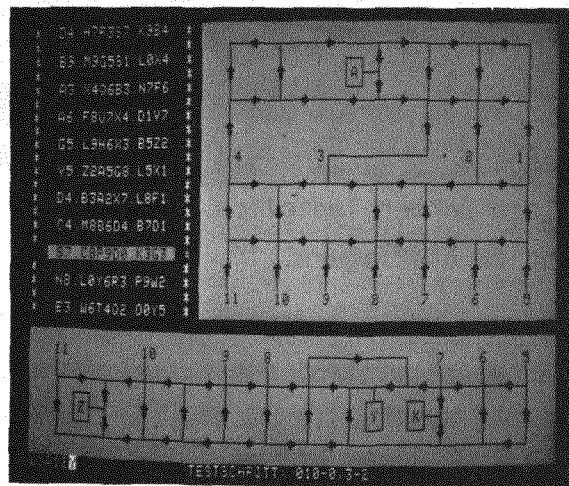


Abb. 6: Beispiel zur Bildart 2, Lesetext im BZ-Format

2.4.3 Textart TA

Der zu lesende Text wurde, wie aus Abb. 5 (Seite 11) und Abb. 6 zu ersehen ist, in einem gleichbleibenden Gruppenformat angeboten. Der Aufbau war immer: 2er Gruppe, Punkt, 6er Gruppe, Punkt, 4er Gruppe.

Die Textart unterschied sich nur im Zuordnungsformat der alphanumerischen Zeichen der Art "Buchstabe" zu denen der Art "Ziffer". Das Zuordnungsformat wurde innerhalb des Experimentes in zwei Ausprägungen angeboten:

In der Textart "BZBZ" wechselte die Zeichenart von Zeichenplatz zu Zeichenplatz. Der erste Platz war mit der Zeichenart Buchstabe (1 aus 26) belegt, der zweite Platz mit der Zeichenart Ziffer (1 aus 10), folgend Buchstabe, folgend Ziffer, usw.

In der Textart "FREI" unterlag die Belegung der Zeichenplätze mit der einen oder anderen Zeichenart keinem Schema, die Auswahl (1 aus 36) erfolgte zufällig.

Bei beiden Textarten war die Auswahl der Buchstabentypen A..Z bzw. Ziffern-
typen 0..9 zufällig, deshalb ergab sich der Informationsgehalt der zu lesen-
den Texte aus folgender Überlegung:

Der Text ist eine regellose Zeichenfolge, er besitzt also bei fehlender Weit-
schweifigkeit (Redundanz) ein Höchstmaß an Ungewißheit (Informationsgehalt).
Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines bestimmten Zeichens ist nur von
Elementmenge der Zeichen und von Textart abhängig.

Textart	Wahrscheinlichkeit (-) je	
	Buchstabe ($P_{TA;Bu}$)	Ziffer ($P_{TA;Zi}$)
BZBZ	1/26	1/10
FREI	1/36	

Der Informationsgehalt des Zeichenelementes ist unter Rückgriff auf die Bezie-
hung Informationsgehalt $I_{\text{Zeichen}} = \log_2 \frac{1}{p}$ (bit) /9/
für regellose Elementauswahl nur von der Textart abhängig.

Textart	Information (bit) je		
	Buchstabe	Ziffer	Leseschritt
BZBZ	4,70	3,32	48,13
FREI	5,17		62,04

Für allgemeine deutschsprachige Texte (Buchstaben, Umlaute, Leerzeichen) ist der
mittlere Informationsgehalt je Zeichen, bedingt durch Zeichen-, Wort- und Satz-
Redundanzen, etwa 1,3 bit. /13/

Um versuchspersonenbedingte unerwünschte Streuungen auszuschalten, durften
die zu lesenden Texte keinerlei Sinngehalt aufweisen. Dies führte zunächst
zur Textart "BZBZ".

Die Notwendigkeit zur Einführung unterschiedlicher Textarten lag in der von
der Vp zu erbringenden Nebenaufgabe "Aussprechen der identifizierten Infor-
mation" begründet. Bei einer schnell lesenden Vp wächst diese Nebenaufgabe
zu einer Hauptaufgabe an; hieraus ergab sich die Notwendigkeit, den zu lesen-
den Text dann mit erhöhtem Informationsgehalt darzubieten (Textart "FREI").

2.4.4 Textladung TL

Die Textladung berücksichtigte die Füllung der 12 Zeichenplätze im jeweili-
gen Leseschritt. Zunächst jedoch einige Hinweise auf die Art der Zeichenge-

nerierung. Alle alphanumerischen Zeichen waren in einem Matrixfeld von 7 Zeilen und 5 Spalten definiert. Beispiele zeigt die Abb. 7.

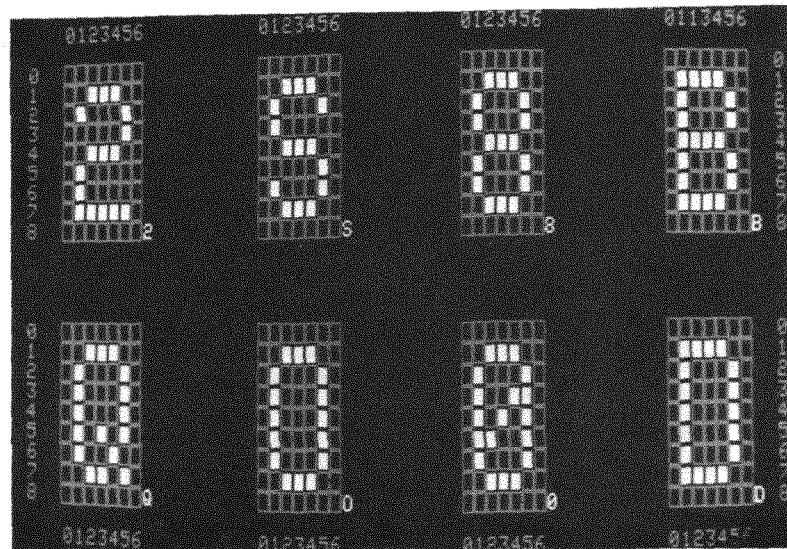


Abb. 7: Matrixfeldbelegung für einige ausgewählte alphanumerische Zeichen

Durch die relativ geringe Anzahl von 35 Bildpunkten ergaben sich bei 36 verschiedenen alphanumerischen Zeichen zwangsläufig einige starke Verwandtschaftsgrade der Darstellungsform. Abb. 8 gibt eine Übersicht über die Darstellungsform aller 36 Zeichen; hierbei ist zu beachten, daß das Verhältnis von Höhe zu Breite des Zeichens in der Abbildung ca. 1,2 mal größer ist als auf dem Bildschirm. Die Matrix wurde von diesen Zeichen im Mittel mit 15 Punkten belegt.

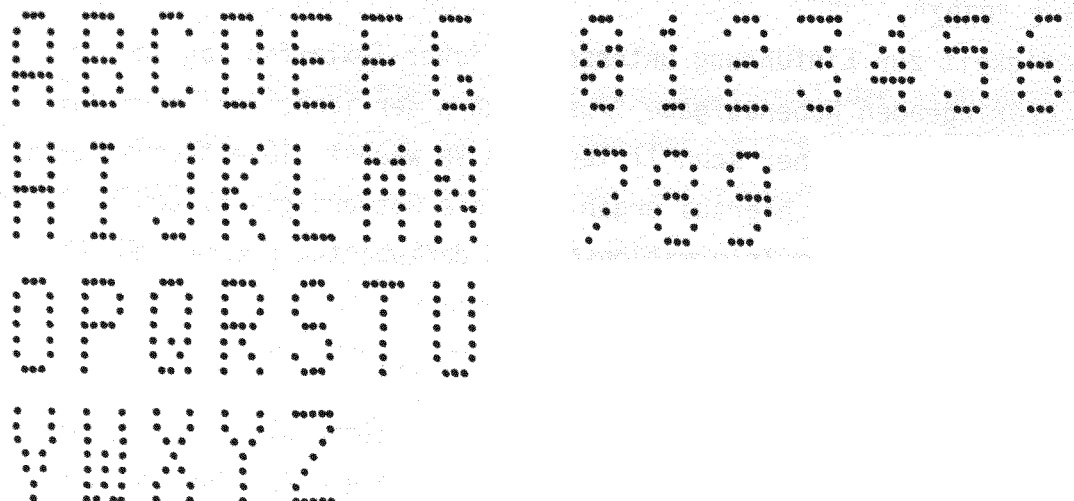


Abb. 8: Darstellungsform aller angebotenen alphanumerischen Zeichen

Der Unterschied zwischen den Zeichen 0 und D bzw. 8 und B lag, wie Abb. 8 (Seite 14) zeigt, nur in 2 bzw. 3 Punkten. Es war also anzunehmen, daß die relativen Identifikationshäufigkeiten der verschiedenen Buchstaben- und Zifferntypen stark voneinander abweichen würden. Durch Randomisierung wurde für das gesamte Experiment zwar ein Ausgleich geschaffen, dies konnte jedoch nicht das Auftreten voneinander abweichender Schwierigkeitsgrade der Textladung gleichartiger Leseschritte verhindern. Um die Sekundärvarianz der von der Vp erbrachten Lesegüte von der Textladung zu reduzieren, waren daher die Informationsgehalte der Lesetexte zu korrigieren. Und zwar in der Weise, daß zunächst für jede Sitzung die relativen Identifikationshäufigkeiten der einzelnen Zeichen ermittelt wurden durch Auswerten der von der Vp ausgesprochenen Zeichenketten. Diese wurden dann, als Identifikationswahrscheinlichkeit " $P_{ID;Zeichen}$ " des jeweiligen Zeichens, zur Korrektur des Informationsgehaltes des Leseschritt-Textes herangezogen nach der Beziehung

$$P_{Zeichen} = P_{TA;Zeichen} \times P_{ID;Zeichen}$$

Definition der Wahrscheinlichkeit $P_{Zeichen}$: Wahrscheinlichkeit, daß Zeichen im zu lesenden Text des Leseschrittes auftritt und identifiziert wird.

Nach der Korrektur ist der Informationsgehalt des Textes bzw. der identifizierten Zeichen resultierend aus den Auftretens- und Identifikationswahrscheinlichkeiten der entsprechenden Zeichen. Die Häufigkeit, mit der ein Zeichen ausgesprochen wurde bei der Verwechslung eines anderen Zeichens, bleibt hierbei unberücksichtigt.

2.4.5 Farbkombination FK

Die apparative Einrichtung erlaubte für jeden Bildpunkt die Darbietung von acht verschiedenen Farbarten. Der Bereich der darstellbaren Farbarten war hierbei von den spektralen Emissionseigenschaften der verwendeten Bildschirmphosphate abhängig. Die Abb. 9 (Seite 16) zeigt in der CIE-Normfarbtafel (nach DIN 5033) den von den Primärfarben begrenzten Bereich auf. Hierin sind Farbbörter der bei der Untersuchung eingestellten Farbarten mit einem "o" hervorgehoben, der Unbuntpunkt lag in der Nähe des Normlichtpunktes D_{65} . Tabelle 2 (Seite 16) zeigt eine Zusammenstellung aller Farbort-Koordinaten.

Um eine Literatur-Gegenüberstellung zu ermöglichen, sind in der Abb. 9 noch weitere Farbbörter eingetragen /2/.

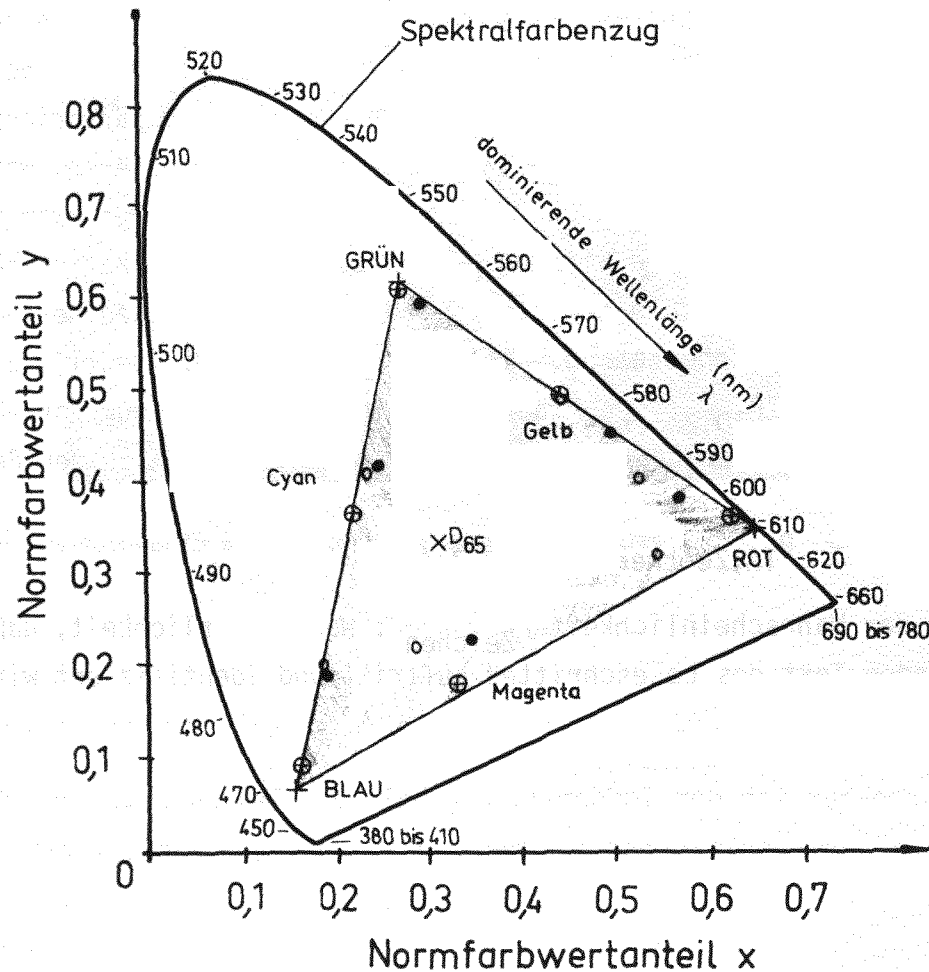


Abb. 9: Lage der verwendeten Farben in der CIE-Normfarbtabelle (●) sowie von Häusling (●), Meister und Sullivan (○) /2/ Eingetragen sind ferner die Farbgrenzen für den verwendeten Farbmonitor mit Schattenmaskenröhre (510 CKB 22 Hitachi; A 63-200x; schraffiertes Innenfeld)

Farbe	x	y	λ (nm)	Sättigung (%)
rot	0,613	0,356	609	93
grün	0,283	0,601	545	100
blau	0,150	0,060	468	100
gelb	0,450	0,487	575	100
cyan	0,225	0,363	496	100
magenta	0,328	0,174	547	90
weiß	0,31	0,33		

Tab. 2: Farbkoordinaten und farbtongleiche Wellenlängen der verwendeten Farben

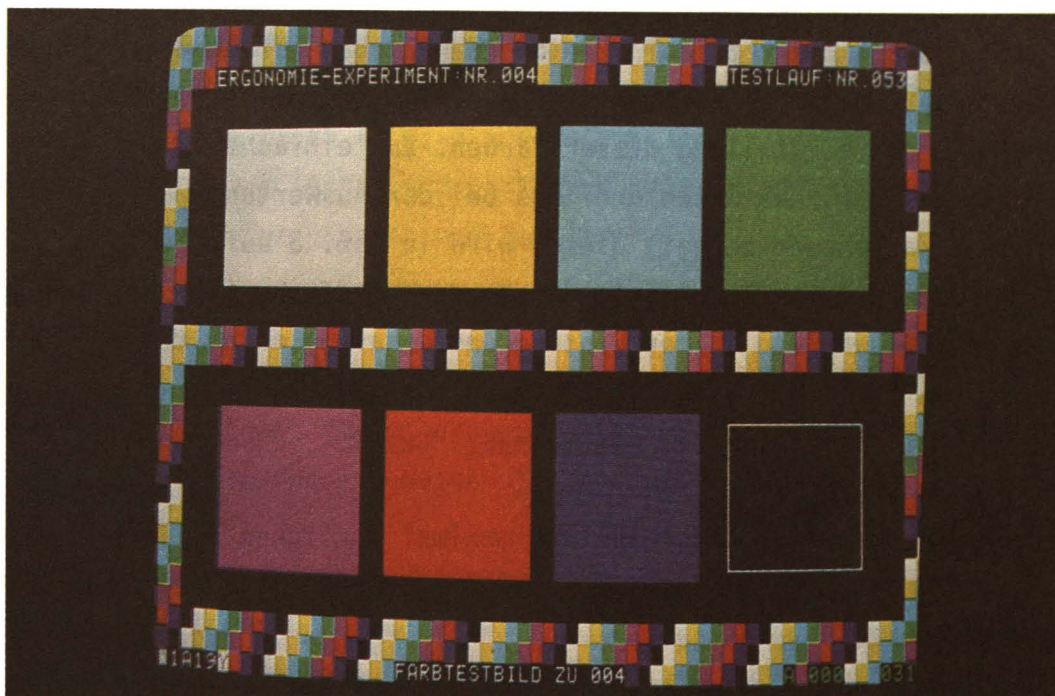


Abb. 10: Beim Experiment verwendete Farben

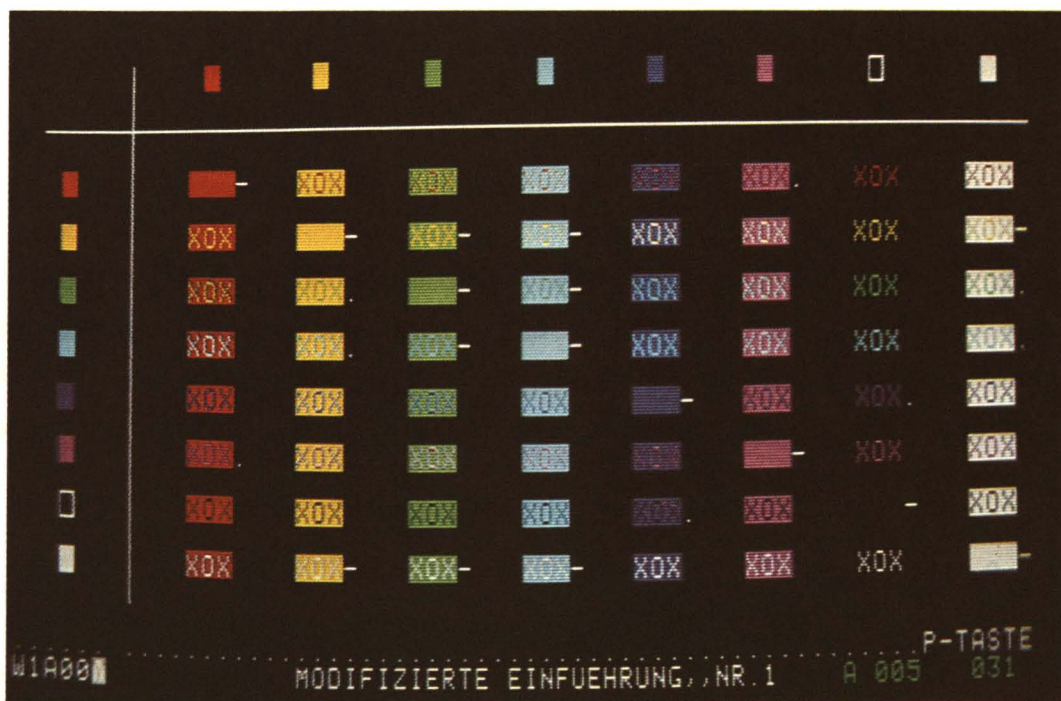


Abb. 11: Darstellbare Farbkombinationen

Die acht voneinander optimal abweichenden Farben wurden während der gesamten Experimentdauer beibehalten. Abb. 10 (Seite 17) zeigt eine großflächige Gegenüberstellung dieser Farben. Zur einfacheren Organisation des Experimentes bzw. des Datenhandlings bei der Auswertung wurden die Farben mit einem Zahlencode belegt; dieser wird in Tab. 3 aufgezeigt.

Das zu lesende Zeichen wurde in der Vordergrundfarbe (V), der das Zeichen umgebende Hintergrund in der Hintergrundfarbe (H) dargestellt. Die in den Abbildungen 5 und 6 (Seite 11 und 12) verwendete Farbkombination schwarz (V) auf cyan (H) trägt also die Bezeichnung "FK 03".

Die bei der Informationsdarstellung maximal möglichen 56 Farbkombinationen sind in der Tab. 4 als Matrixdarstellung aufgezeigt, dabei ist die FK 03 durch einen Kreis hervorgehoben.

Farben	Farbcode	H	∅	1	2	3	4	5	6	7
schwarz	0	V	∅	x	x	⊗	x	x	x	x
blau	1	1	x		x	x	x	x	x	x
grün	2	2	x	x		x	x	x	x	x
cyan	3	3	x	x	x		x	x	x	x
rot	4	4	x	x	x	x		x	x	x
magenta	5	5	x	x	x	x	x		x	x
gelb	6	6	x	x	x	x	x	x		x
weiß	7	7	x	x	x	x	x	x	x	

Tab. 3: Farbcodes

Tab. 4: Schematische Matrix der Farbkombinationen

In Abb. 11 (Seite 17) sind alle Farbkombinationen dargestellt; die Organisation in der x- bzw. y-Achse ist dabei nach dem Farbkreis vorgenommen worden. Die in vorgelagerten Sitzungen als schlecht lesbar ermittelten und im Experiment nicht untersuchten Farbkombinationen sind mit einem Bindestrich markiert (Kap. 3.4).

2.4.6 Reihenfolge RF

Innerhalb einer Sitzung wurde zwar die Textart TA beibehalten, dagegen änderten sich mit jedem neuen Leseschritt Farbkombinationen FK und Textladung TL, nach jeweils 8 Schritten auch die Bildart BA. In der Reihenfolge der Leseschritte würden sich für die Vp also schwankende Schwierigkeitsgrade und mithin schwankende Nachwirkungen auf die Folgeschritte ergeben

haben. Damit die Vp, bewußt oder unbewußt, keine ergebnisverfälschenden Kompensationsversuche ausführen konnte, wurden Wartezeiten in den Programmablauf eingebaut. Sie betrugen 2 ... 5 s (randomisiert), verzögerten das Sichtbarwerden des neuen Textes und wirkten ausgleichend zwischen den Momenten Nachwirkung, Entspannung und Bereitschaft.

2.4.7 Beleuchtung BE

Die Beleuchtungsstärke des Versuchsraumes war in weiten Grenzen stetig veränderbar, eingestellt wurde sie durch die Vp.

Abb. 12 zeigt eine schematische Seitenansicht des Versuchsraumes. Die Leuchtstofflampen L1 und L2 bildeten eine Lampengruppe; ihr Lichtstrom war gemeinsam einstellbar. Darüber hinaus waren die Lampen einzeln abschaltbar. Entsprechendes gilt für die Lampen L3, L4 und L5. Die Einsteller waren der Vp zugänglich, nicht jedoch die Schalter. Während der Sitzung waren nur die Lampen L1, L2 und L4 eingeschaltet, hierdurch konnte das Profil der Beleuchtungsstärke von der Vp optimal an die Aufgabenstellung angepaßt werden.

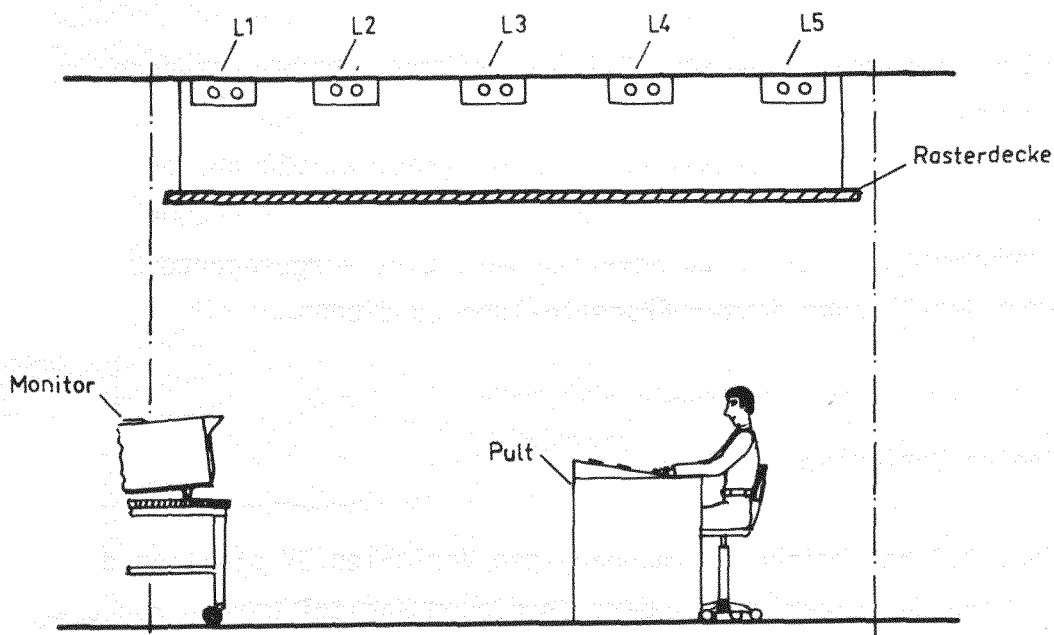


Abb. 12: Schematische Versuchsraumdarstellung

Im Einführungsteil der Sitzung und in den Pausen wurde die Vp zwar aufgefordert, die Beleuchtungsstärke stets ihren Bedürfnissen angepaßt einzustellen. In Vorversuchen hatte sich jedoch bereits gezeigt, daß sie dies nur während der Einführung oder während der ersten Pause vornehmen würde.

2.4.8 Kondition LK, KK

Bei den unabhängigen Variablen nahm die physiologisch-psychologische Kondition der Vp eine schwer zu bestimmende Größe ein. Dies nicht zuletzt aus der erklärten Absicht heraus, zu ihrer Erfassung kein spezielles Instrumentarium einzusetzen. Um sie zu bestimmen, war eine Unterscheidung nach Lang- und Kurzzeit-Kondition erforderlich. Die Langzeitkondition LK beeinflusste die von der einzelnen Vp während des gesamten Experimentes erbrachten Ergebnisse (Lesezeit, Lesefehler). Nur wenn diese als homogen erkannt worden waren, standen sie für weitere Untersuchungen zur Verfügung. Bei der Kurzzeitkondition KK hingegen war die Fragestellung auf jede einzelne Sitzung beschränkt.

2.4.9 Aussprache AS

Es erfolgten, wie bereits im Kap. 2.4.8 angeführt, keine Messungen physiologischer Parameter. Die Bewertung der abhängigen Variablen leitete sich überwiegend von der Identifikationszeit (Kap. 2.5.1) ab. In dieser Weise konnte jedoch nur dann verfahren werden, wenn das Sprechen lediglich als Nebenaufgabe der Vp zu bewerten war. Eine vorgelagerte Untersuchung hatte der Klärung dieser Fragestellung zu dienen.

2.5 Abhängige Variablen

Die im Kap. 2.4 beschriebenen unabhängigen Variablen UV stellten die Eingangsvariablen des Experimentes dar. In diesem Kapitel werden nun die Ausgangsvariablen, also die abhängigen Variablen AV behandelt. Die direkten Ausgangsfaktoren, also Lesezeit (Identifikationszeit) und Lesefehler, wurden bereits im Kap. 2.4 mehrfach angesprochen; sie werden hier nicht mehr bzw. nur noch kurz betrachtet werden. Alle anderen Variablen sind von diesen abgeleitete indirekte Ausgangsfaktoren.

2.5.1 Identifikationszeit Z

Als Identifikationszeit Z, nachfolgend auch Lesezeit Z genannt, wurde die Zeit zwischen dem Ende des Einschreibens und dem Betätigen der Taste für die Programmfortschaltung festgelegt. Sie stellte also die von der Vp zur Bearbeitung des aktuellen Leseschrittes benötigte Zeit dar.

Die Vp wurde im Einführungsteil jeder Sitzung ganz allgemein aufgefordert, nach Beenden des Textaussprechens die Fortschalttaste zu betätigen. Vorversuche zeigten, daß die Vpn voneinander abweichende Strategien zur Aufgabenlösung entwickelten, diese jedoch weitgehend stabil beibehielten. Bezüglich des Sprech-Endes etwa lag der Zeitpunkt der Tastenbetätigung je nach Vp entweder vorgezogen, gleichzeitig oder verzögert. Ein Einbezug der zur Aussprache erforderlichen Zeit in die Identifikationszeit Z war nur dann zulässig, wenn die Vpn ihre Strategie wirklich in jeder Sitzung beibehalten hatten. Eine vorgelagerte Untersuchung hatte diese Fragestellung zu klären.

Eine zeitgetaktete Leseschritt-Präsentation wurde in diesem Experiment aus Gründen der Aussagetrennschärfe für einander folgende Leseschritte nicht gewählt. Bei dieser Methode würden in jedem Schritt notwendigerweise Lesefehler oder/und Leseabbruch aufgetreten sein; dies hätte dem Populationsmerkmal Gewissenhaftigkeit, bei der Berufsausübung des Leitstandsfahrers stark gefordert, in erheblichem Maße entgegengestanden. Die hierdurch ausgelöste Frustration hätte entweder einen erhöhten Beanspruchungsanstieg oder einen zu großen Motivationsabfall der Vp zur Folge gehabt; außerdem wäre die Rückwirkung auf direkte Folgeschritte zu dominant gewesen.

$$\left| \begin{array}{ll} Z & (s) \end{array} \right. \quad \text{Identifikationszeit Z, gültig für einen Leseschritt}$$

2.5.2 Identifikationsmenge M

Die Identifikationsmenge M war die von der Vp in einem Leseschritt identifizierte Informationsmenge. Zur Umwandlung der identifizierten Zeichen in Information wird auf Kap. 2.4.4 (Textladung) verwiesen.

$$\left| \begin{array}{ll} M = \sum I_{\text{Zeichen}} & (\text{bit}) \end{array} \right. \quad \text{Identifikationsmenge M, gültig für einen Leseschritt}$$

2.5.3 Längenfaktor L

Der Längenfaktor L wurde zur Bewertung der im Leseschritt erreichten Identifikationsmenge, bezogen auf die in diesem Schritt maximal mögliche Identifikationsmenge, eingeführt.

$$L = \frac{M}{M_{\text{maximal möglich}}} \quad (-) \quad \text{Längenfaktor L, gültig für einen Leseschritt}$$

2.5.4 Identifikationsgüte G

In der Identifikationsgüte G erfolgte, gültig für den Leseschritt, die Zusammenfassung von Menge, Zeit und Länge.

$$G = \frac{M \cdot L}{Z} \quad (\text{bit/s}) \quad \text{Güte G, gültig für einen Leseschritt}$$

Die Güte G diene, begrifflich mit einer Leistung vergleichbar, zur Bewertung des Leseschrittes; sie wies Prägungen durch schrittspezifische Momente (FK, TL etc.), Vp-spezifische Momente (Lesetempo, tageszeitlicher Einfluß etc.) und durch die Textart TA auf.

2.5.5 Anpassungsfaktor F

Der Anpassungsfaktor F wurde definiert als der reziproke Mittelwert aller in einer Sitzung erbrachten Identifikationsgüten G.

$$F = \frac{1}{G} \quad (\text{s/bit}) \quad \text{Anpaßfaktor F, gültig für eine Sitzung}$$

Er wies, im Gegensatz zur Güte G, keine schrittspezifische Prägung auf; es dominierte dagegen die Prägung durch Vp (allgemein, tageszeitlicher Einfluß) und Textart.

2.5.6 Relative Identifikationsgüte G'

Die Identifikationsgüte G' ergab sich durch Verknüpfung von Güte G und Anpassungsfaktor F .

$$G' = G \cdot F \quad (-) \quad \text{relative Identifikationsgüte } G', \text{ gültig für einen Leseschritt}$$

Die Güte G' diene als Bewertungsmaß für den Leseschritt und zeichnete sich durch weitgehende Unabhängigkeit von V_p und TA aus.

2.6 Datenmenge des Experimentes

Die folgende Tafel zeigt eine Zusammenstellung der Rahmenwerte, durch welche die erfaßte Datenmenge letztlich bestimmt wurde.

Datenart- und Menge		Bemerkungen	Textstelle
Versuchspersonen	12	2 bis 3 Personen je Schichtmannschaft	2.2
Schichten/Vp	3	24 h-Bereich	2.2
Sitzungen/Vp/Schicht	4	auf 2 Tage verteilt	2.2
Sitzungen/Vp	12	2 h-Zeitscheibe	2.2
Sitzungen	144	auf 7 Wochen verteilt	(2.2)
Arbeitsphasen/Sitzung	4	Vorbereitungsphase als Vorspann	2.3
Leseschritte/Arbeitsphase	16	jeweils 8 Leseschritte in einer Bildart	2.3
Erholungsphasen/Sitzung	4	zwischen den Arbeitsphasen	2.3
Leseschritte/Sitzung	64	einschließlich Wiederholung	2.3
Leseschritte/Sitzung	48	ohne Wiederholung	2.3
Leseschritte gesamt	9216	einschließlich Wiederholung	(2.3)
Leseschritte gesamt	6912	ohne Wiederholung	(2.3)
Textarten	2	in der Sitzung nicht wechselnd	2.4.5
Sitzungen/Textart	72	-	-
Bildarten/Sitzung	2	jeweils 32 Leseschritte	2.4.2
Zeichen/Leseschritt	12	aufgeteilt in 3 Gruppen	2.4.3
Zeichentypen	36	26 Buchstaben, 10 Ziffern	2.4.4
Farbkombination/Sitzung	48	8 mögliche FK n wurden nicht untersucht	2.4.5
Eingangsfaktoren	10	Hauptfaktoren: FK, TZ	2.4
Ausgangsfaktoren	7	Hauptfaktoren: Z, Fehler	2.5

Weitere Daten ergaben sich durch sitzungsorientierte Kennwerte und Datenverknüpfungen.

2.7 Programmerstellung und Datenverwaltung

Die Steuerprogramme der Sitzungen unterlagen zwar, wie bereits erwähnt, vorgegebenen Randbedingungen; durch Randomisierung der Detailabläufe jedoch, insbesondere von Reihenfolge RF und Textladung TL, entstanden die sitzungsspezifischen Programme. Sie wurden rechnergestützt erstellt und der Versuchseinrichtung über Lochstreifen eingegeben. Die Sitzungsdaten wurden letztlich ebenfalls alle rechnergestützt ausgewertet, und zwar entsprechend der jeweils definierten Untersuchung. Die Abbildungen 13 und 14 (Seite 25) geben einen Überblick über die Datenverwaltung. In den Abbildungen 15 bis 22 (Seite 26 bis 28) wird die im Rechner abgelegte Datenbasis einer Sitzung aufgezeigt.

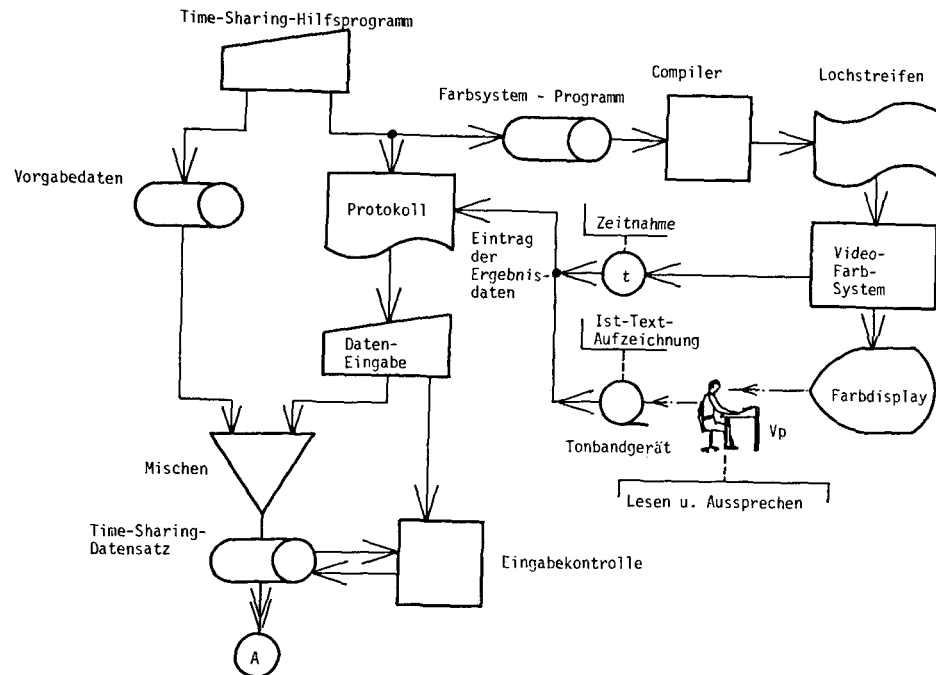


Abb. 13: Programmablauf zur Lochstreifenerstellung und Datenverwaltung auf Time-Sharing-Ebene

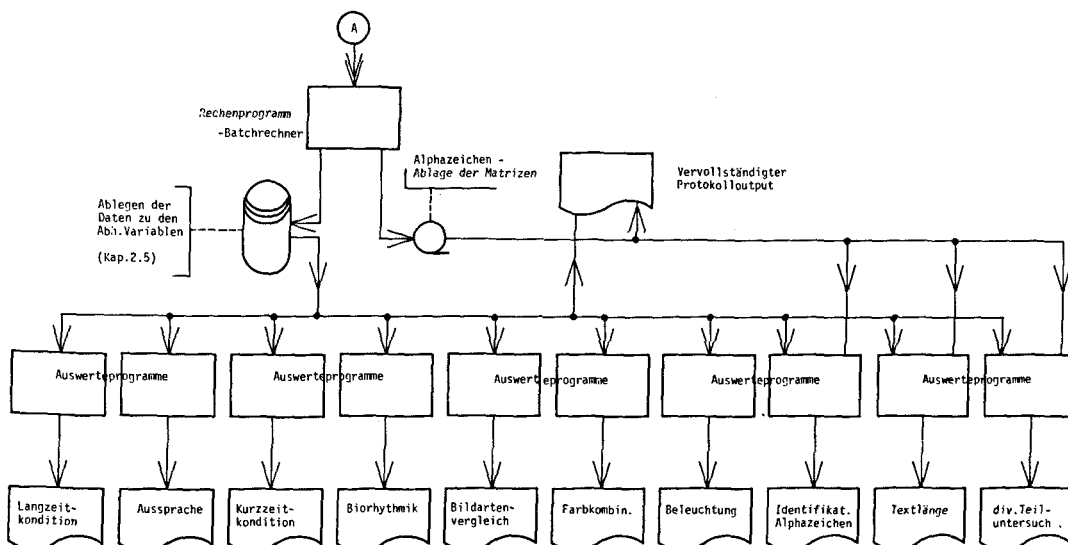


Abb. 14: Programmablauf auf der Großrechnerebene zur Auswertung

LAUF-NR : 053/1
 VP : ** VP-LAEUFE IN DER SCHICHT : 2 VP-LAEUFE GESAMT : 4

 DATUM : ***** TAG : 1 SCHICHTLAGE : N
 UHRZEIT : ***** VERS.DAUER : 12 MIN VL : ** RW : ** KP : **
 BEMERKUNGEN : 2 4 8 11 12 18 21 23 26 31 32 34 36 0 42 44 45 0
 BELEUCHTUNG DISPLAY : 2.65
 BELEUCHTUNG PULT : 3.80
 MITTELWERTE UNTER BERUECKSICHTIGUNG ALLER DATEN

 BLOCK 1 | BLOCK 2 | BLOCK 3 | BLOCK 4 | BLOCK 1-3
 ZEI : 5.51311 5.60191 4.57871 5.12121 5.2312
 MEN : 48.79111 59.77721 44.91371 57.19231 51.1607
 KMEN : 49.17801 60.34801 45.39671 57.66641 51.6409
 MITTELWERTE UNTER BERUECKSICHTIGUNG DER DATEN AUS DEN BLOECKEN 1 - 3 MIT LB < 3 =
 MIDMEN : 59.8954 KMIDMEN : 60.4576
 MIDZEI : 5.7055 KMIDZEI : 5.7056
 MIDRAT : 10.4977 KMIDRAT : 10.5962
 RELATIVE ZEITEN DER EINFUEHRUNGSBILDER :
 0.3681 0.4557 0.6485 0.7887 0.7186 0.4557 1.6550 0.6310 0.4031 0.6485 0.8588
 RELATIVE PAUSENZEITEN :
 0.8238 0.5784 0.9114 0.9464
 ZIFA :
 A:1.0000 B:1.0000 C:0.9286 D:0.8400 E:1.0000 F:0.9091 G:1.0000 H:1.0000 I:1.0000
 J:1.0000 K:1.0000 L:0.9524 M:1.0000 N:1.0000 O:1.0000 P:1.0000 Q:0.9000 R:0.8750
 S:1.0000 T:1.0000 U:1.0000 V:1.0000 W:0.8462 X:1.0000 Y:1.0000 Z:1.0000 0:0.9375
 1:0.8571 2:1.0000 3:1.0000 4:1.0000 5:0.9333 6:1.0000 7:1.0000 8:0.9474 9:1.0000
 ZIDGUE :
 A:1.0000 B:0.8462 C:0.9286 D:0.8400 E:1.0000 F:0.9091 G:1.0000 H:1.0000 I:0.9000
 J:0.9091 K:1.0000 L:0.9524 M:1.0000 N:1.0000 O:0.6316 P:0.9333 Q:0.8571 R:0.8750
 S:0.8571 T:1.0000 U:0.9231 V:0.8889 W:0.8462 X:1.0000 Y:1.0000 Z:1.0000 0:0.9375
 1:0.8571 2:1.0000 3:1.0000 4:1.0000 5:0.9333 6:1.0000 7:1.0000 8:0.9474 9:1.0000
 *1 :
 LB = 1 : VP-UNSICHER, OB RICHTIGE LESUNG LB = 5 : LB=1 UND LB=4
 LB = 2 : VP-TEXT SCHWER ZU LESEN LB = 6 : LB=2 UND LB=4
 LB = 3 : LESUNG VERWEIGERT LB = 7 : MASCHINENFEHLER
 LB = 4 : LESUNG UNVOLLSTÄNDIG

Abb. 15: Vervollständigter Protokolloutput - 1. Seite:
 Dokumentation von Rand- und Exklusivdaten

PLAZI :
 I 11 21 31 41 51 61 71 81 91101111121SU1
 A 1 01 11 01 01 11 11 01 11 01 01 01 11 51 A
 B 1 01 21 31 01 01 31 11 01 11 01 01 1111 B
 C 1 01 01 11 21 11 11 21 21 01 11 21 1131 C
 D 1 31 01 31 31 21 21 11 11 11 01 31211 D
 E 1 11 11 11 21 31 11 11 21 01 11 11 1115 E
 F 1 11 01 01 11 01 01 01 21 11 21 3110 F
 G 1 11 11 01 01 11 11 01 01 11 11 11 81 G
 H 1 21 21 01 01 11 11 11 01 01 21 0110 H
 I 1 11 11 31 11 31 01 11 11 31 11 21 1181 I
 J 1 01 11 11 01 11 11 21 11 01 11 11 1101 J
 K 1 01 11 11 01 21 01 01 01 11 01 01 51 K
 L 1 21 21 11 11 21 31 11 21 11 31 21 0120 L
 M 1 01 01 11 21 31 01 41 21 01 41 21 0118 M
 N 1 41 11 01 11 01 01 21 11 11 01 01 0110 N
 O 1 11 11 11 11 21 11 01 01 11 11 01 3112 O
 P 1 21 01 11 21 01 21 21 31 11 11 01 0114 P
 Q 1 11 11 01 41 11 21 31 11 01 21 11 2118 Q
 R 1 11 21 01 01 11 11 01 11 01 01 11 01 71 R
 S 1 01 11 21 01 01 01 01 11 21 01 01 61 S
 T 1 31 11 21 21 21 11 21 11 11 11 2119 T
 U 1 11 01 01 21 11 21 01 01 01 31 3112 U
 V 1 21 21 01 01 11 01 11 01 11 01 11 01 81 V
 W 1 01 31 21 11 11 01 01 31 01 01 1111 W
 X 1 11 11 11 11 11 11 31 01 31 11 0116 X
 Y 1 31 21 11 11 11 11 01 41 31 01 31 0119 Y
 Z 1 21 21 01 01 11 21 21 31 11 01 11 4118 Z
 0 1 01 31 01 11 01 31 21 01 21 11 21 1115 0
 1 1 21 21 21 01 21 01 21 11 01 11 0112 1
 2 1 01 01 11 41 01 31 21 01 11 11 01 0112 2
 3 1 01 01 01 01 11 21 21 11 11 01 11 91 3
 4 1 21 21 01 31 01 01 01 31 01 11 2114 4
 5 1 01 11 21 11 11 11 01 01 21 11 31 2114 5
 6 1 11 01 11 01 11 11 21 01 21 21 11 1121 6
 7 1 11 11 41 11 11 01 01 21 21 01 21 1151 7
 8 1 31 01 41 21 01 31 01 21 01 11 2118 8
 9 1 01 31 01 21 11 11 21 21 21 31 11 3120 9
 SU 1411411391401401411391401391351391411 01SU

PLAZV :
 I 11 21 31 41 51 61 71 81 91101111121SU1
 A 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 A
 B 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 B
 C 1 01 01 01 11 01 01 01 01 01 01 01 11 C
 D 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 31 11 01 41 D
 E 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 E
 F 1 01 01 01 01 01 01 01 01 11 01 01 11 F
 G 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 G
 H 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 H
 I 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 I
 J 1 01 01 01 01 01 01 01 01 11 01 01 11 J
 K 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 K
 L 1 01 01 01 01 01 01 01 01 11 01 01 11 L
 M 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 M
 N 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 N
 O 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 O
 P 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 P
 Q 1 01 01 01 01 11 01 01 01 11 01 01 21 Q
 R 1 01 01 11 01 01 01 01 01 01 01 01 11 R
 S 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 S
 T 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 T
 U 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 U
 V 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 V
 W 1 01 01 01 01 01 11 01 01 11 01 01 21 W
 X 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 X
 Y 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 Y
 Z 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 Z
 0 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 11 01 11 0
 1 1 01 01 11 01 01 01 01 01 11 01 21 1
 2 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 2
 3 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 3
 4 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 4
 5 1 01 01 01 01 01 01 11 01 01 01 01 11 5
 6 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 6
 7 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 7
 8 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 8
 9 1 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 01 9
 SU 1 01 01 21 11 11 01 21 11 21 61 21 01 01SU

Abb. 16: Vervollständigter Protokolloutput - 2. Seite:
 Dokumentation von identifizierten Alphazeichen je Zeichenplatz

Abb. 17: Vervollständigter Protokolloutput - 2. Seite:
 Dokumentation von Zeichenverwechslungen je Zeichenplatz

Ausgesprochene Zeichen →

[illegible]

Abb. 18: Vervollständigter Protokolloutput - 3. Seite:
Matrix der angebotenen Soll- und ausgesprochenen Ist-Zeichen

NR	1	BA	1	VI	1	TEXT	1	ILF	1	ILB	1	TIFA	1	10MEN	1	R10MEN	1	10ZE1	1	R10ZE1	1	10DRAT	1	R10DRAT	1	10DUE	1	R10DUE										
1	1	1	05	1	T	TEE8BC0558B9BTUWPP0000	1	1	0	1	0.9167	56.8691	0.9495	7.6000	1.3320	7.4828	0.7128	6.8592	0.6534	1	1	05	1	T	TEE8BC0558B9BTUWPP0000	1	1	0	1	0.9160	57.5328	0.9516	7.6000	1.3320	7.5701	0.7144	6.9341	0.6544
2	1	1	41	1	B	BAR8BUU0DE66YY22T1YY44	1	1	0	1	0.9167	56.8691	0.9495	9.4400	1.6545	6.0243	0.5739	5.5222	0.5260	1	1	41	1	B	BAR8BUU0DE66YY22T1YY44	1	1	0	1	0.9146	57.0251	0.9432	9.4400	1.6545	6.0408	0.5701	5.5252	0.5214
3	1	1	65	1	U	UUNN220011XXHH99XX005500	1	1	0	1	0.9167	56.8691	0.9495	6.3400	1.1112	8.9699	0.8545	8.2224	0.7833	1	1	65	1	U	UUNN220011XXHH99XX005500	1	1	0	1	0.9134	57.1911	0.9460	6.3400	1.1112	9.0207	0.8513	8.2396	0.7776
4	1	1	17	1	X	XZ255UHHBBJJ00GGHHYY44	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.9300	0.8641	12.5840	1.1987	12.5840	1.1987	1	1	17	1	X	XZ255UHHBBJJ00GGHHYY44	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.9300	0.8641	12.7041	1.1989	12.7041	1.1989		
5	1	1	64	1	Y	Y99110066HH0033W4667700	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	6.3000	1.1042	9.8475	0.9381	9.8475	0.9381	1	1	64	1	Y	Y99110066HH0033W4667700	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	6.3000	1.1042	9.9804	0.9419	9.9804	0.9419		
6	1	1	20	1	B	W111TMMGLL11339966EE	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.7300	1.0043	10.8271	1.0314	10.8271	1.0314	1	1	20	1	B	W111TMMGLL11339966EE	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.7300	1.0043	10.9338	1.0319	10.9338	1.0319		
7	1	1	37	E	-	J-R-T-0-3-U-F-K-F-1-G-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.0400	0.3575	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	1	37	E	-	J-R-T-0-3-U-F-K-F-1-G-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.0400	0.3575	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
8	1	1	26	S	-	0-1-N-3-9-6-M-J-9-8-7-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.5000	0.4382	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	1	26	S	-	0-1-N-3-9-6-M-J-9-8-7-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.5000	0.4382	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
9	1	1	51	I	R	J7799UU33JJ44XX00FF00	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	7.8400	1.3741	7.9131	0.7538	7.9131	0.7538	1	1	51	I	R	J7799UU33JJ44XX00FF00	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	7.8400	1.3741	7.9746	0.7526	7.9746	0.7526		
10	1	1	31	1	0	0558822ARZZ11ZZ6611JJJJ	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	6.7300	1.1795	9.2183	0.8781	9.2183	0.8781	1	1	31	1	0	0558822ARZZ11ZZ6611JJJJ	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	6.7300	1.1795	9.2447	0.8725	9.2447	0.8725		
11	1	1	21	1	1	NW4B822119999PPUHHM1166	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.2100	0.9131	11.9077	1.1343	11.9077	1.1343	1	1	21	1	1	NW4B822119999PPUHHM1166	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.2100	0.9131	12.0856	1.1406	12.0856	1.1406		
12	1	1	60	1	6	600DK11LLT133LL11MM5588	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.4300	0.9517	11.4252	1.0884	11.4252	1.0884	1	1	60	1	6	600DK11LLT133LL11MM5588	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	5.4300	0.9517	11.4695	1.0824	11.4695	1.0824		
13	1	1	46	1	P	PLLC44MMLLXXHHYYLLGGFF	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.3300	0.7589	14.3277	1.3649	14.3277	1.3649	1	1	46	1	P	PLLC44MMLLXXHHYYLLGGFF	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.3300	0.7589	14.4329	1.3621	14.4329	1.3621		
14	1	1	42	1	H	HVV6677YYPP99YYT22XXZZ	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.6300	0.8115	13.3994	1.2764	13.3994	1.2764	1	1	42	1	H	HVV6677YYPP99YYT22XXZZ	0	0	1	1.0000	62.0391	1.0358	4.6300	0.8115	13.3994	1.2645	13.3994	1.2645		
15	1	1	45	1	9	-4-1-A-F-F-B-F-F-S-X-R-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.8200	0.4943	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1	1	45	1	9	-4-1-A-F-F-B-F-F-S-X-R-1	C	3	0	0.0000	0.0000	0.0000	2.8200	0.4943	0.0000	0.0000	0.0000		
16	1	1	25	1	0	DTTEE8CCUUHJBVV00HHFF	2	1	0	0.8331	51.6992	0.8632	6.3400	1.1112	8.1545	0.7768	6.7954	0.6473	1	1	25	1	0	DTTEE8CCUUHJBVV00HHFF	2	1	0	0.8310	52.4252	0.8671	6.3400	1.1112	8.2690	0.7804	6.8718	0.6485		

1. ZEILE : NICHT KORRIGIERTE WERTE
2. ZEILE : KORRIGIERTE WERTE

Abb. 19: Vervollständigter Protokolloutput - 4. Seite:
Dokumentation der Leseschritte des 1. Sitzungsteils und Daten der AV

Dokumentation der Leseschritte des 2. Sitzungsteils und Daten der AV

ADDR	INSTR	TEST	IF	FI	LI	DI	DN	RI	DE1	DE2	DE3	DRAT	RI	DE1	LOGUE	RI	DE1
331	11471131K77PFTLLPHMYTFFZFZ	11	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850
332	11471131K77PFTLLPHMYTFFZFZ	11	01	1.00001	82.4989	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	10.8850
341	11131217217222725656VMMUJ	11	01	0.91871	56.8691	0.94951	4.3000	0.7581	13.2771	1.25301	12.1277	1.1441	1.25301	12.1277	1.1441	1.25301	12.1277
342	11131217217222725656VMMUJ	11	01	0.91871	56.8691	0.94951	4.3000	0.7581	13.2771	1.25301	12.1277	1.1441	1.25301	12.1277	1.1441	1.25301	12.1277
351	1127131D-B-M-P-D-O-Y-T-Y-T-Y-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
352	1127131D-B-M-P-D-O-Y-T-Y-T-Y-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
361	1114161D-C-L-I-S-I-T-Y-S-I-T-Y-S-I-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
362	1114161D-C-L-I-S-I-T-Y-S-I-T-Y-S-I-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
371	1119161D-C-L-I-S-I-T-Y-S-I-T-Y-S-I-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
372	1119161D-C-L-I-S-I-T-Y-S-I-T-Y-S-I-T-Y	01	01	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000	0.0000	0.00001	0.0000
381	111101000011M62221956600000UJ	21	01	0.83331	51.6992	0.8632	5.4400	0.95341	5.9395	0.90531	7.9196	0.7541	0.95341	5.9395	0.90531	7.9196	0.7541
382	111101000011M62221956600000UJ	21	01	0.83331	52.1667	0.86791	5.4400	0.95341	5.9895	0.90501	7.9719	0.7521	0.95341	5.9895	0.90501	7.9719	0.7521
391	11041F110414992Z000177MMUJ	01	01	0.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
392	11041F110414992Z000177MMUJ	01	01	0.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
401	11701VM0000L2222771VGCCGG	12	01	0.91871	56.8691	0.94951	6.1200	0.72781	9.7475	1.04381	14.7475	0.8141	0.94951	6.1200	0.72781	9.7475	0.8141
402	11701VM0000L2222771VGCCGG	12	01	0.91871	56.8691	0.94951	6.1200	0.72781	9.7475	1.04381	14.7475	0.8141	0.94951	6.1200	0.72781	9.7475	0.8141
411	21513177H111MPOORSRRSSSSMMUJ	11	01	0.91671	58.8910	0.94951	5.8400	1.04111	9.5799	0.91201	7.8178	0.8361	0.94951	5.8400	1.04111	9.5799	0.91201
412	21513177H111MPOORSRRSSSSMMUJ	11	01	0.91671	58.8910	0.94951	5.8400	1.04111	9.5799	0.91201	7.8178	0.8361	0.94951	5.8400	1.04111	9.5799	0.91201
421	215141D-O-E-P-D-O-N-I-1	1	01	0.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
422	215141D-O-E-P-D-O-N-I-1	1	01	0.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
431	21514177H001111DOP117F5SLDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.4300	0.95171	11.4252	1.08841	11.4252	1.08841	1.08841	11.4252	1.08841	11.4252	1.08841
432	21514177H001111DOP117F5SLDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.4300	0.95171	11.4252	1.08841	11.4252	1.08841	1.08841	11.4252	1.08841	11.4252	1.08841
441	21561W993344VJ04A77XZNDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	4.1000	0.71861	15.5135	1.44141	15.5135	1.44141	0.71861	15.5135	1.44141	15.5135	1.44141
442	21561W993344VJ04A77XZNDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	4.1000	0.71861	15.5135	1.44141	15.5135	1.44141	0.71861	15.5135	1.44141	15.5135	1.44141
451	214014148771V04000000110DV9YU	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
452	214014148771V04000000110DV9YU	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.7100	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501	1.00081	10.8850	1.03501	10.8850	1.03501
461	211010000000000000000000000000	01	01	1.00001	82.5367	1.03441	7.1400	1.25141	8.5865	0.82661	8.5865	0.82661	1.25141	8.5865	0.82661	8.5865	0.82661
462	211010000000000000000000000000	01	01	1.00001	82.5367	1.03441	7.1400	1.25141	8.5865	0.82661	8.5865	0.82661	1.25141	8.5865	0.82661	8.5865	0.82661
471	2157141855557DOP177DRLDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	3.7300	0.65371	16.8992	1.58461	16.8992	1.58461	0.65371	16.8992	1.58461	16.8992	1.58461
472	2157141855557DOP177DRLDUI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	3.7300	0.65371	16.8992	1.58461	16.8992	1.58461	0.65371	16.8992	1.58461	16.8992	1.58461
481	215010011000005533341F118UI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	4.6000	0.80521	13.7829	1.28471	13.7829	1.28471	0.80521	13.7829	1.28471	13.7829	1.28471
482	215010011000005533341F118UI	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	4.6000	0.80521	13.7829	1.28471	13.7829	1.28471	0.80521	13.7829	1.28471	13.7829	1.28471
491	2161100VMMEEUJX7100992ZCC	01	01	1.00001	82.0391	1.0381	5.1100	0.89561	12.1277	1.15551	12.1277	1.15551	1.15551	12.1277	1.15551	12.1277	1.15551
492	2161100VMMEEUJX7100992ZCC	01	01	1.00001	82.4936	1.03861	5.1100	0.89561	12.1277	1.15411	12.1277	1.15411	1.15411	12.1277	1.15411	12.1277	1.15411

2. ZEILE

3. ZEILE

4. ZEILE

5. ZEILE

6. ZEILE

7. ZEILE

8. ZEILE

9. ZEILE

10. ZEILE

11. ZEILE

12. ZEILE

13. ZEILE

14. ZEILE

15. ZEILE

16. ZEILE

17. ZEILE

18. ZEILE

19. ZEILE

20. ZEILE

21. ZEILE

22. ZEILE

23. ZEILE

24. ZEILE

25. ZEILE

26. ZEILE

27. ZEILE

28. ZEILE

29. ZEILE

30. ZEILE

31. ZEILE

32. ZEILE

33. ZEILE

34. ZEILE

35. ZEILE

36. ZEILE

37. ZEILE

38. ZEILE

39. ZEILE

40. ZEILE

41. ZEILE

42. ZEILE

43. ZEILE

44. ZEILE

45. ZEILE

46. ZEILE

47. ZEILE

48. ZEILE

49. ZEILE

50. ZEILE

51. ZEILE

52. ZEILE

53. ZEILE

54. ZEILE

55. ZEILE

56. ZEILE

57. ZEILE

58. ZEILE

59. ZEILE

60. ZEILE

61. ZEILE

62. ZEILE

63. ZEILE

64. ZEILE

65. ZEILE

66. ZEILE

67. ZEILE

68. ZEILE

69. ZEILE

70. ZEILE

71. ZEILE

72. ZEILE

73. ZEILE

74. ZEILE

75. ZEILE

76. ZEILE

77. ZEILE

78. ZEILE

79. ZEILE

80. ZEILE

81. ZEILE

82. ZEILE

83. ZEILE

84. ZEILE

85. ZEILE

86. ZEILE

87. ZEILE

88. ZEILE

89. ZEILE

90. ZEILE

91. ZEILE

92. ZEILE

93. ZEILE

94. ZEILE

95. ZEILE

96. ZEILE

97. ZEILE

98. ZEILE

99. ZEILE

100. ZEILE

Dokumentation der Leseschritte des 3. Sitzungsteils und Daten der AV

[illegible]

Dokumentation der Leseschritte des 4. Sitzungsteils und Daten der AV

3. Untersuchung ergonomischer Fragestellungen

Mit den im Experiment angefallenen Daten ließen sich, wie bereits in der Einführung erläutert, verschiedene Untersuchungsziele verfolgen. Diese waren entweder von allgemeiner oder spezieller Bedeutung.

Von allgemeiner Bedeutung waren Untersuchungen, die Grundsätzliches zum Datenhandling oder zur Übertragbarkeit aussagten. Hierunter fielen die Stichworte Langzeit- und Kurzzeitkondition, sowie Aussprache des zu lesenden Textes.

Von spezieller Bedeutung waren die weiterführenden Untersuchungen, die eigenständige Ziele verfolgten. Zu ihnen gehörten die biorhythmische Prägung der Ergebnisdaten, die Gestaltung von Monitorbildern, Text und Farbkombinationen, mit denen eine Information dargeboten wurde, und die Raumbeleuchtung.

3.1 Langzeitkondition und Datenreduzierung

3.1.1 Untersuchungsziel

Die Verwendung aller im Verlauf des Experimentes angefallenen Daten setzte u.a. voraus, daß keine Störgröße in der Art Einfluß nahm, daß zuletzt durchgeführte Sitzungen wesentlich bessere Ergebnisse produzierten als die ersten. Aufgrund unterschiedlicher Konditionen der Vpn von Sitzung zu Sitzung, sowie eines anfänglichen Lerneffektes mußte aber ein gewisser Gang der Experimentergebnisse erwartet werden. Traf eine zu starke Abweichung zu, war eine Datenreduzierung vorzunehmen.

3.1.2 Untersuchungsmethodik

Um sich über den Umfang eventueller Datenausfälle Klarheit zu verschaffen, mußte ein repräsentativer Wert für eine Sitzung gebildet und dieser über die Folge der Sitzungen ausgewertet werden. Hierzu bot sich der Anpassungsfaktor F (Kap. 2.5.5) an, der für jede einzelne Sitzung einen spezifischen Wert in Anlehnung an die dort im Mittel geleistete Güte darstellte. Um versuchspersonenspezifische Einflüsse auszuschalten, mußten die Anpaßfaktoren F auf ihren nach Vpn und Textart getrennt berechneten Mittelwert $\bar{F}$ bezogen werden.

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	SV
BILDART	BA	(SV)
TEXTART	TA	SV
TEXTLADUNG	TL	SV
FARBKOMBINATION	FK	SV
REIHENFOLGE	RF	(SV)
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	UV
KURZZEIT-KONDITION	KK	(SV)
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Der so gefundene Wert wurde als Konditionswert K für die weitere Auswertung herangezogen.

$$K = \frac{F}{\bar{F}} \quad (-) \quad \text{Konditionswert K, gültig für eine Sitzung}$$

$$\bar{K} = \frac{\sum K}{n} \quad (-) \quad \text{Gesamt-Konditionswert } \bar{K}, \text{ gültig für das Experiment (getrennt nach Textart, alle Vpn)}$$

Graphische Trend- und Verteilungsdarstellungen mittels dieser, nach Textarten getrennten Werte K sollten dann zur Diskussion herangezogen werden.

3.1.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

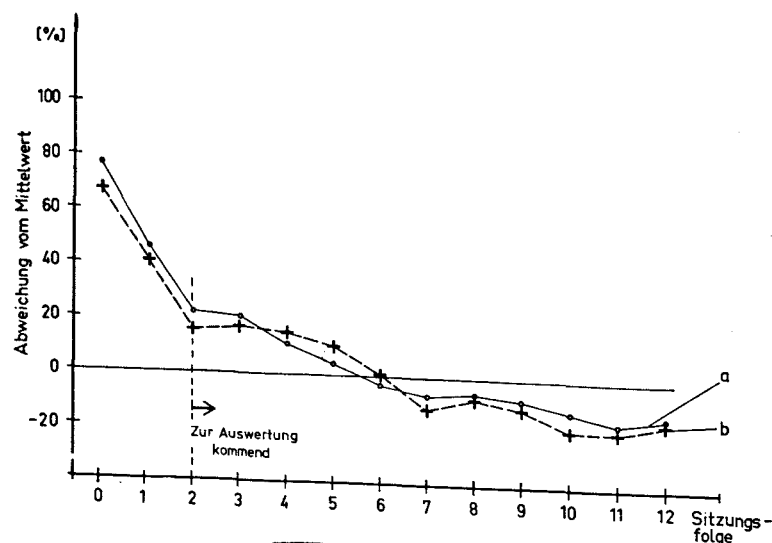


Abb. 23: Trendverlauf der für jede Sitzungsfolge gemittelten Konditionswerte K der 12 Vpn, bezogen auf $\bar{K}$
a: FREI-Format
b: BZ-Format

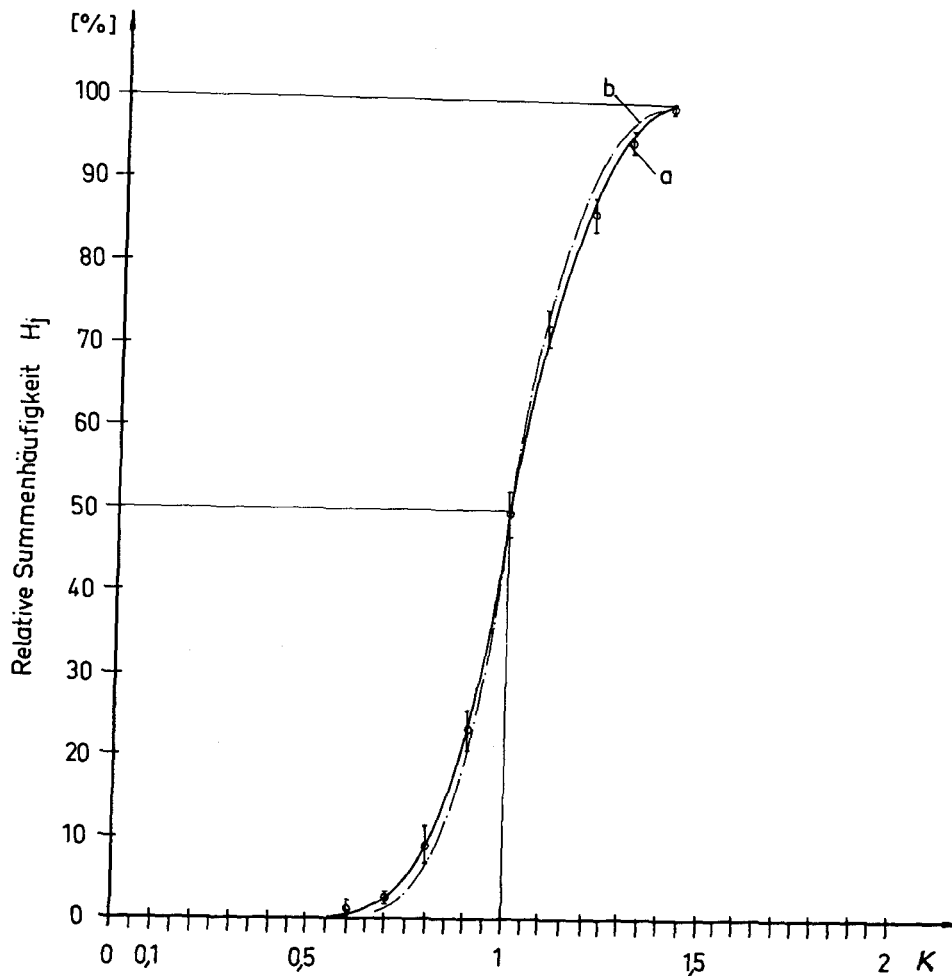


Abb. 24: Relative Summenhäufigkeit der Konditionswerte K
 a: Mittlerer Verlauf der personenbezogenen Kurven
 b: Auf a bezogene, normalverteilte relative Summenhäufigkeit

In Abb. 23 (Seite 30) erkennt man eine Schwankung der nach Textarten aufgeschlüsselten Konditionswerte um deren Mittelwert. Um die starke Abweichung der ersten Sitzungen, verursacht durch einen Lerneffekt, auszuklammern, wurde ein Schnitt für die im weiteren verwendeten Daten bei der zweiten Sitzung gelegt. Die verbleibenden 11 Sitzungen pro Vp führten zu einem ausgewerteten Sitzungsumfang von 132 Einzelsitzungen.

Bei der Abb. 24 fand eine Summenhäufigkeitsdarstellung Verwendung, um aus dieser die beschreibenden Maßzahlen der Verteilung entnehmen zu können. So wurde auf den ermittelten Kurvenzug eine Normalverteilung angewandt, ähnlich einer Geradenbildung bei Umzeichnung der Werte ins Wahrscheinlichkeitsnetz /3/. Herauszulesen war, daß die Summenhäufigkeitskurve den Schluß zuließ, daß die Konditionswerte annähernd einer Normalverteilung genügten.

Die für die Auswertung verwendeten Daten wurden mithin akzeptiert und am Stand von 132 Sitzungen festgehalten.

Die erwartete Unruhe, die durch das Aufstocken der Versuchspersonengruppe der FREI-Format-Leser im Verlauf des Experimentes bedingt gewesen wäre, war nicht herauszulesen.

3.2 Aussprache des zu lesenden Textes

3.2.1 Untersuchungsziel

Bei der Konzipierung des Experimentes war davon ausgegangen worden, daß die Verwendung von Lesezeiten Z vorgegebener alphanumerischer Texte nur dann zulässig war, wenn die Aussprache nur eine Art Zeitdehnung darstellte. Erst die Artikulation erlaubte eine Erfassung der Schwierigkeiten in Form der Fehleraufzeichnung. Das Ziel der Untersuchung mußte demnach darin bestehen, die Varianz dieser Zeitdehnung zu analysieren, da die verschiedensten Arten des Artikulierens und somit Verfälschungen produzierter Daten durch die jeweilige Vp vorstellbar waren.

3.2.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	(SV)
BILDART	BA	(SV)
TEXTART	TA	UV
TEXTLADUNG	TL	(SV)
FARBKOMBINATION	FK	(SV)
REIHENFOLGE	RF	(SV)
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	SV
AUSSPRACHE	AS	UV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Um die Frage nach der generellen Verwendbarkeit von Lesezeiten zu beantworten, wurde jeder Vp einmal im Verlauf des Experimentes eine Sitzung, identisch mit der zuletzt vorangegangenen Sitzung, am gleichen Tage erneut angeboten. Die Vp wurde angewiesen, die Leseschritte ohne Aussprache abzuarbeiten. Sofern die Lesetechnik, z.B. Subvokalisation bei der stummen Sitzung, beibehalten wurde, konnten die Daten (Lesezeiten) wegen weitgehender Konstanz der Störvariablen einem direkten Vergleich unterzogen werden. Hierzu mußte man jedoch bei der Auswertung diejenigen Leseschritte ausklammern, die in der normalen Sitzung aufgrund sehr schwieriger Farbkombination oder Textladung nicht oder fehlerhaft gelesen wurden. Diese Schwierigkeiten würden - so war anzunehmen - bei der stummen Sitzung zu einer schnelleren Neu-anforderung des nächsten Leseschrittes führen, da die Überprüfbarkeit der geleisteten Abarbeit entfiel.

Als Bewertungsmaß für die Übereinstimmung der versuchspersonenorientierten und paarweise betrachteten Leseschritte wurde eine relative Zeit definiert.

$$Z_r = \frac{Z_{\text{stumm}}}{Z_{\text{ausgesprochen}}} \cdot A \quad (-) \quad \text{Relative Lesezeit } Z_r, \text{ gültig für die einander entsprechenden Leseschritte einer Vp}$$

Hierbei war A ein Normierungsfaktor, der die Zusammenfassung von Z_r - Werten verschiedener Vpn ermöglichte. Er wurde wie folgt beschrieben:

$$A = \frac{\overline{Z_{\text{ausgespr.}}}}{\overline{Z_{\text{stumm}}}} \quad (-) \quad \text{Normierungsfaktor A, gültig für die einander entsprechenden Sitzungen einer Vp}$$

Zur Darstellung aller anfallenden Z_r -Daten fand eine Summenhäufigkeitsverteilung Verwendung.

3.2.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Die Verwendung einer Summenhäufigkeitsdarstellung in Abb. 25 (Seite 34) hatte den Vorteil der augenfälligen Darstellung der Verteilungsfunktion der

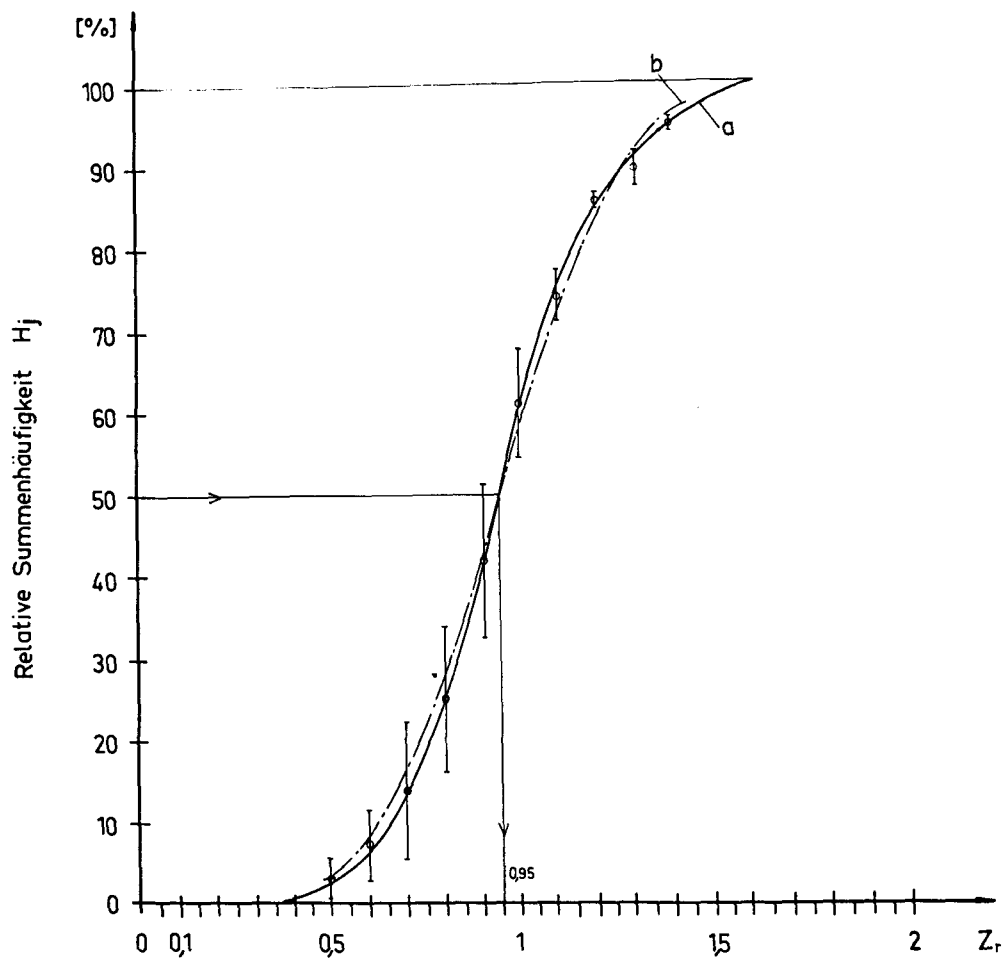


Abb. 25: Relative Summenhäufigkeit der relativen Lesezeiten Z_r
 a: Mittlerer Verlauf der personenbezogenen Kurven
 b: Auf a bezogene, normalverteilte relative Summenhäufigkeit

relativen Lesezeiten sowie deren markanter Werte. So ergab sich hier, daß die errechneten Z_r -Werte annähernd einer Normalverteilung genügten und ihr $H_j = 50\%$ -Wert bei $\mu = 0,95$ lag.

Daraus durfte man folgern, daß die Aussprache des zu lesenden sinnfreien Textes einen normalverteilt-streuenden Einfluß auf die Abarbeitung der Leseschritte hatte und der gemeinsamen Verwendung von Zeitdaten, erzeugt von verschiedenen Vpn, nichts im Wege stand.

Die Verlagerung des Funktionsmittelwertes und die größeren Streubreiten bei relativen Lesezeiten $Z_r < 1$ sind durch Schwankungen der Lesetechnik bei leicht lesbaren Leseschritten während der stummen Sitzung begründet. Insbe-

sondere trifft dies bei langsam lesenden Vpn bezüglich des subvokalen Sprechens zu. (Anmerkung: Nach /12,13/ erfolgt unter durchschnittlichen Annahmen bezüglich Textschwierigkeitsgrad und Lesetechnik bei lautem Lesen eine Reduzierung des "stummen Informationsflusses" um etwa 23%.)

Es konnte aus dieser Untersuchung der Schluß gezogen werden, daß die Aussprache bei beiden Textarten stets eine Nebenaufgabe gewesen war.

3.3 Kurzzeitkondition

3.3.1 Untersuchungsziel

Die Verwendung aller im Verlauf einer Einzelsitzung erzeugten Daten wäre nur dann zulässig gewesen, wenn keine Verfälschung infolge einer Kurzzeit-Konditionsschwankung vorlag. Folglich war zu untersuchen, ob innerhalb einer Sitzung - d.h. in einem Zeitraum von 15 bis 20 Minuten - eine nicht mehr tolerierbare Leistungsschwankung vorlag.

3.3.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	(SV)
BILDART	BA	SV
TEXTART	TA	(SV)
TEXTLADUNG	TL	SV
FARBKOMBINATION	FK	SV
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	(SV)
KURZZEIT-KONDITION	KK	UV
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Die in den Sitzungen als Ergebnisdaten festgehaltenen Werte waren Lesezeit und die beim Aussprechen gemachten Fehler. Hätte eine Sitzung aus zwei inhaltlich gleichen Blöcken bestanden, so hätte sich die Möglichkeit eines direkten Datenvergleiches angeboten. Um dies annähernd zu verwirklichen, wurde der 4. Sitzungsteil eingeführt (Kap. 2.3.2) . In diesem Teilabschnitt wurden

in regel- sowie unregelmäßiger Beziehung zu bereits präsentierten Leseschritten Wiederholungen vorgenommen. Als Bewertungsmaß für die acht regelmäßigen Wiederholungen wurde ein Gütenquotient G_r definiert.

$$G_r = \frac{G_{\text{Sitzungsteil 1}}}{G_{\text{Sitzungsteil 4}}} \quad (-) \quad \text{Relative Güte } G_r, \text{ gültig für einander entsprechende Leseschritte}$$

Von diesem konnte erwartet werden, daß er ein ausreichendes Instrument zur Beantwortung der in dieser Untersuchung gestellten Frage darstellte, da man sich nach wie vor in einer Sitzung, bei einer Versuchsperson, einem Zeitraum usw. befand. Außerdem wurden nur vollständig abgearbeitete Leseschritte bewertet.

Zur graphischen Darstellung des Gütequotienten wurde eine Summenhäufigkeitsdarstellung mit Angabe des Streubereichs der Werte in den jeweiligen Klassen gewählt.

3.3.3 Ergebnisse und Diskussion

Wie in Kap. 3.3.2 bereits angedeutet, wurden die ermittelten relativen Güten G_r in einer Summenhäufigkeitskurve unter Zugrundelegung von 120 Einzelsitzungen (132 - 12 "stumme" Sitzungen) eingetragen und zur Diskussion einer Normalverteilung, die auf den Mittelwert mit $H_j = 50 \%$ fixiert wurde, gegenübergestellt.

Es stellte sich in Abb. 26 (Seite 37) ein mittlerer Verlauf mit geringen Abweichungen zur Vergleichskurve sowie ein symmetrisches Bild der Streuungen in den Merkmalsklassen ein. Dies alles sprach für die Annahme, daß die G_r -Daten einer normalverteilt-streuenden Gesamtheit entstammten. Aus der Lage des Kurvenmittelwertes ($H_j = 50 \%$) bei $\mu = 0,97$ ließ sich ablesen, daß die im 4. Sitzungsteil erzeugten Güten im Mittel über denen der Erstpräsentation lagen. Hieraus ließ sich ableiten, daß eine gewisse Einarbeitung in die Sitzung stattgefunden hatte. Diese Abweichung war aber so geringfügig, daß man hier nicht von einem Konditionsgang reden konnte. Es ist festzuhalten, daß die Dauer und der Inhalt einer Sitzung so gewählt erschienen, daß erhöhter Streß und unzumutbare Beanspruchung verneint werden konnten.

Um mögliche Auswirkungen der Kurvenverschiebung noch etwas abzuschwächen, wurden für die weiteren Untersuchungen der arithmetische Mittelwert aus

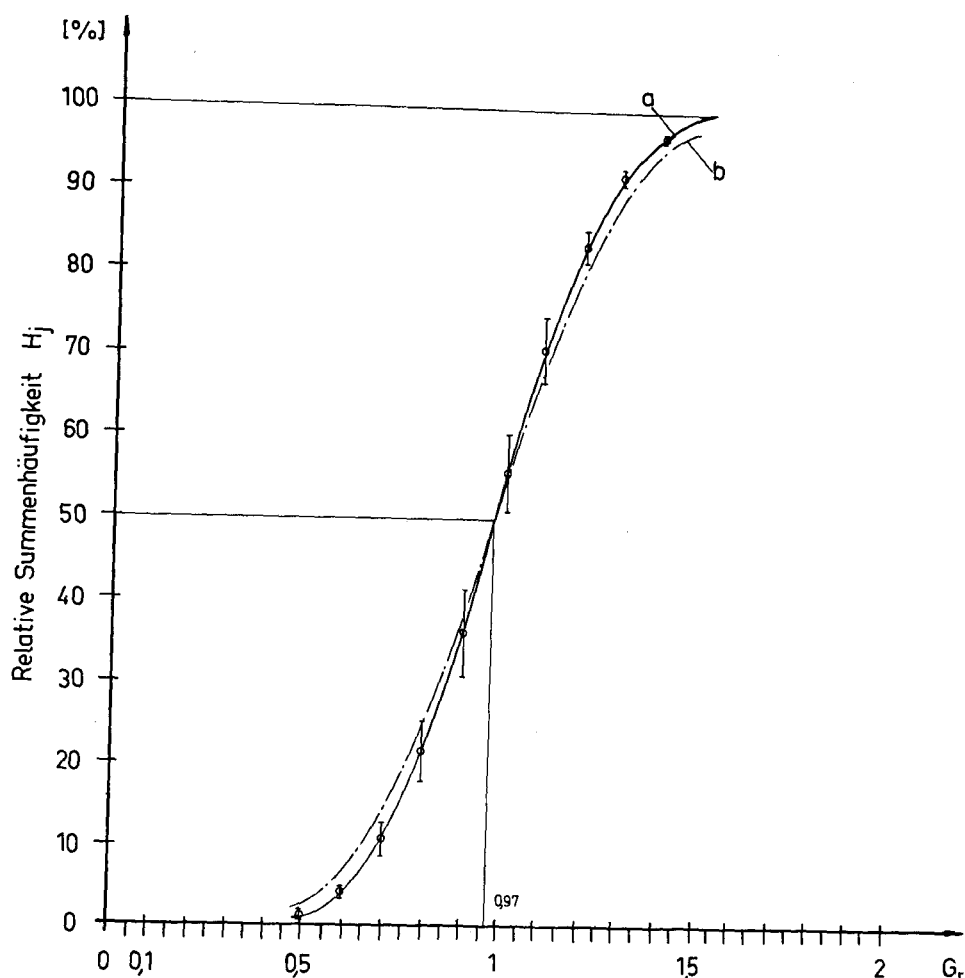


Abb. 26: Relative Summenhäufigkeit der relativen Güten G_r
 a: Mittlerer Verlauf der personenbezogenen Kurven
 b: Auf a bezogene, normalverteilte relative Summenhäufigkeit

den beiden Güten farbgleicher Leseschritte gebildet und als eine Aussage behandelt. Da die Wiederholungsprozedur zufällig wirkte, darf man annehmen, daß dieses Vorgehen Leseschritte aller Farbkombinationen in gleichem Maße betraf.

Als weitere Aussage konnte entnommen werden, daß die die Güte prägende Leszeit versuchspersonentypisch geblieben war, so daß ein Beibehalten der Lösungsstrategie der einzelnen Vpn bejaht werden konnte.

3.4 Biorhythmik

3.4.1 Untersuchungsziel

Man mußte davon ausgehen, daß, über den Arbeitstag gesehen, eine Beeinflussung der produzierten Daten durch eine biorhythmische Größe stattgefunden hatte. Variablen, die in dieser Hinsicht keinen Ausgleich erfuhren, mußten eine derartige Beeinflussung widerspiegeln.

3.4.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	UV
BILDART	BA	(SV)
TEXTART	TA	SV
TEXTLADUNG	TL	SV
FARBKOMBINATION	FK	SV
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	(SV)
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Um in den Arbeitsablauf der freiwillig am Experiment beteiligt gewesenen Versuchspersonen nicht unnötig störend einzugreifen, wurden die Sitzungen gestaffelt durchgeführt. So kam im Versuchsablauf jede Vp in 3 Wochen (jeweils in Früh-, Spät- oder Nachtschicht) 12 mal zum Experiment. Im ungestörten Experimentablauf bedeutete dies eine Datenerhebung alle 2 Stunden über einen fiktiven Arbeitstag. Störungen durch Schichtanfang, Schichtende, Wochentag, Großwetterlage, private Gegebenheiten usw. wurden als ausgemittelt angenommen.

Da die tageszeitliche Zuweisung zu den Ergebnissen sehr wichtig war, galt es, die gewonnenen Daten einer geeigneten Prozedur zu unterziehen, die letztendlich eine Auswertung hinsichtlich Biorhythmik erlaubte. Gewählt wurden drei Eingangsdaten-Pakete, die, der Definition folgend, einem tageszeitlichen Bereich von 2 Stunden zugewiesen und einem Glättungsprogramm angeboten wurden. Die standardmäßig verwandte Zeitscheibeneinteilung von 12 x 2 h über den Tag hatte den Zweck, durch die Bildung von Intervallmittelwerten unter Beibehaltung eines Großteils des vorgelagerten Zeitintervalls, einen gleitenden Mittelwert zu berechnen /4/ und so eventuelle Streuungen in den Sitzungs-Anfangszeiten, sowie Personenprägung auszumitteln. Das daran anschließende Glättungsprogramm erlaubte ein wiederholtes Regressieren der so errechneten Intervallmittelwerte mit

einem Polynom dritten Grades. Durchgeführte Rechenläufe zeigten, daß bei wiederholter Anwendung des Glättungsprogrammes keine nennenswerte Änderung mehr auftrat, so daß eine fünffache Glättung ausreichte.

Verwendung fanden drei Formeln, die die Eingangsdaten definierten.

1.) Je Farbkombination, Textart und Vp wurde ein Gütemittelwert $\bar{G}_{FK}$ für die entsprechenden Sitzungen berechnet, auf den die Einzelgüten der Leseschritte bezogen wurden. Die so erzeugten farbspezifischen Quotienten wurden dann den entsprechenden zweistündigen Zeitintervallen zugeordnet. Gleiches geschah mit den Variablen Menge M und Zeit Z.

$$G_{FK} = \frac{G_{FK \text{ Leseschritt in Sitzung}}}{\bar{G}_{FK \text{ Sitzungen gesamt}}} \quad (-) \quad \begin{array}{l} \text{Relative farbspezi-} \\ \text{fische Güte } G_{FK}, \\ \text{gültig für eine} \\ \text{Sitzung (bezogen} \\ \text{auf Vp und Textart)} \end{array}$$

/ genau so mit M, Z

2.) Pro Sitzung wurde ein sitzungsspezifischer Gütenwert $\bar{G}_{Sitzung}$ als Mittelwert über alle präsentierten Farbkombinationen ermittelt. Für jede Vp ergab sich, getrennt nach Textart, ein für das ganze Experiment gültiger Gesamtmittelwert $\bar{G}_{Sitzungen}$. Der Quotient dieser mittleren sitzungsspezifischen Güten füllte dann das Berechnungsintervall. Gleich verfahren wurde mit der identifizierten Menge M und der Zeit Z.

$$G_S = \frac{\bar{G}_{Sitzung}}{\bar{G}_{Sitzungen \text{ gesamt}}} \quad (-) \quad \begin{array}{l} \text{Relative sitzungsspezifi-} \\ \text{sche Güte } G_S \text{ (bezogen} \\ \text{auf Vp und Textart)} \end{array}$$

/ genau so mit M, Z

In die Berechnungen gemäß 1) und 2) flossen nur vollständig abgearbeitete Leseschritte ein, dies reduzierte weitgehend den Einfluß der Störvariablen.

3.) Neben den aufgabenorientierten Ergebnissen der Sitzungen wurden die von der Vp selbstgewählten Pausenlängen zur Bewertung der physiologischen Leistungsbereitschaft herangezogen.

Hierbei wurde so verfahren, daß für jede Sitzung eine mittlere Pausendauer berechnet und , getrennt nach Textart, auf eine mittlere Gesamtpausenlänge der Vp bezogen wurde. Diese berechneten Quotienten gingen, wie bereits erläutert, als Daten in die Berechnungsintervalle ein.

$$z_{pr} = \frac{\bar{z}_p}{\bar{z}_p - \text{Sitzungen gesamt}} \quad (-)$$

Relative pausenspezifische
Zeit z_{pr} (bezogen auf Vp
und Textart)

Um einen Vergleich mit biorhythmisch geprägten Leistungskurven aus der Literatur zu ermöglichen, wurden die in Abb. 27 dargestellten Diagramme ausgewählt. (O.Graf,/5/, Daten eines schwedischen Forscherteams.)

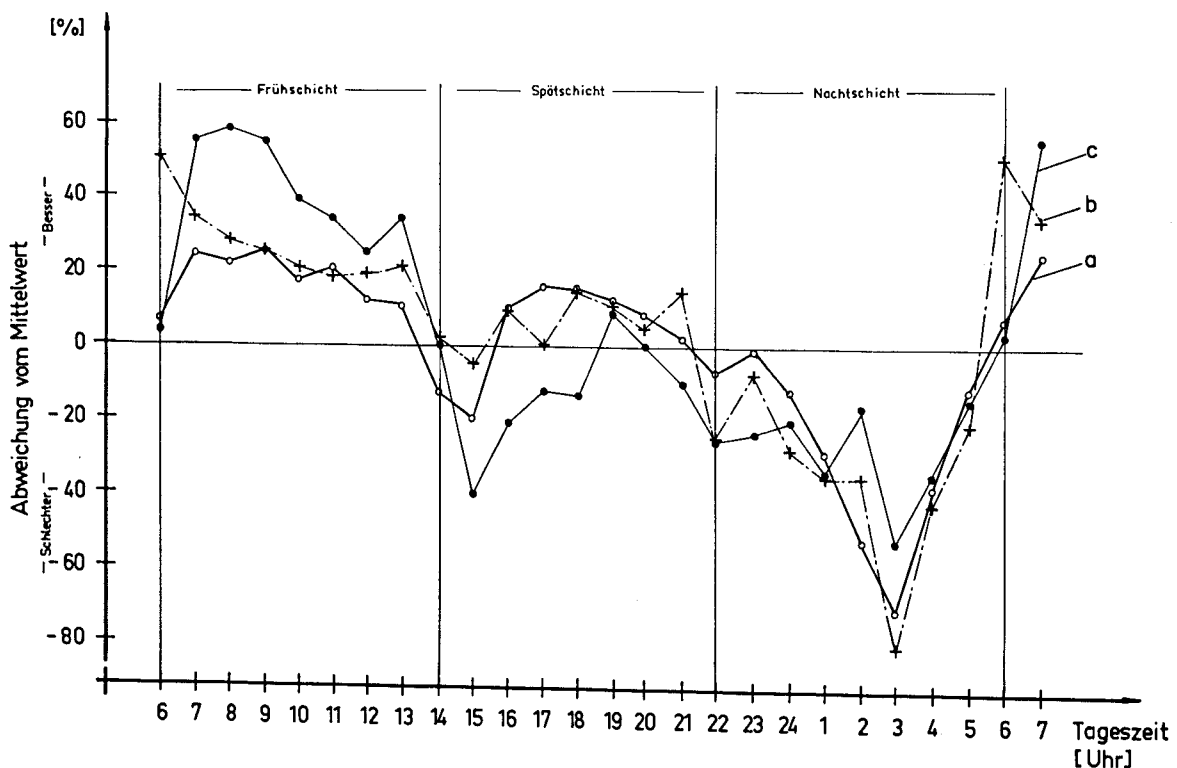


Abb. 27: Prozentuale Schwankungen der biorhythmisch geprägten Leistungsbereitschaft nach O. Graf / 5/
a: Gaswerk₁ ; b: Gaswerk₂ ; c: Papierfabrik;

3.4.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

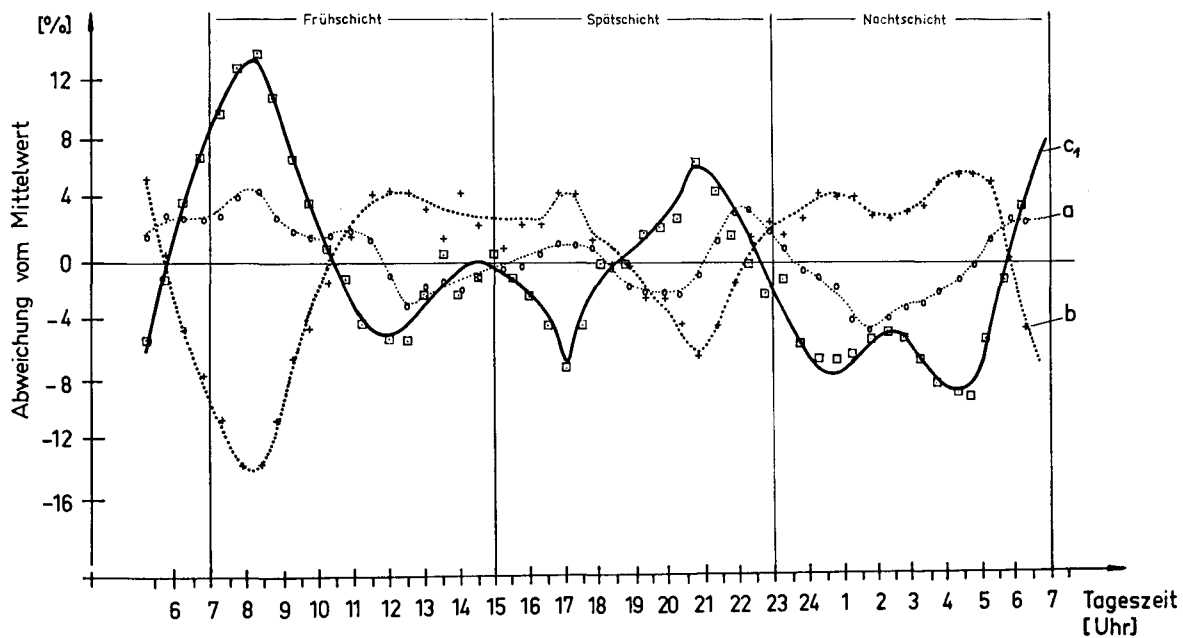


Abb. 28: Gegenüberstellung der biorhythmisch geprägten Experimentergebnisse, jeweils mit Ausgleichspolynom 3. Grades geglättet

a: Identifizierte Menge M_{FK}
 b: Lesezeit Z_{FK}
 c: Identifikationsgüte G_{FK}

} farbspezifisch ermittelt

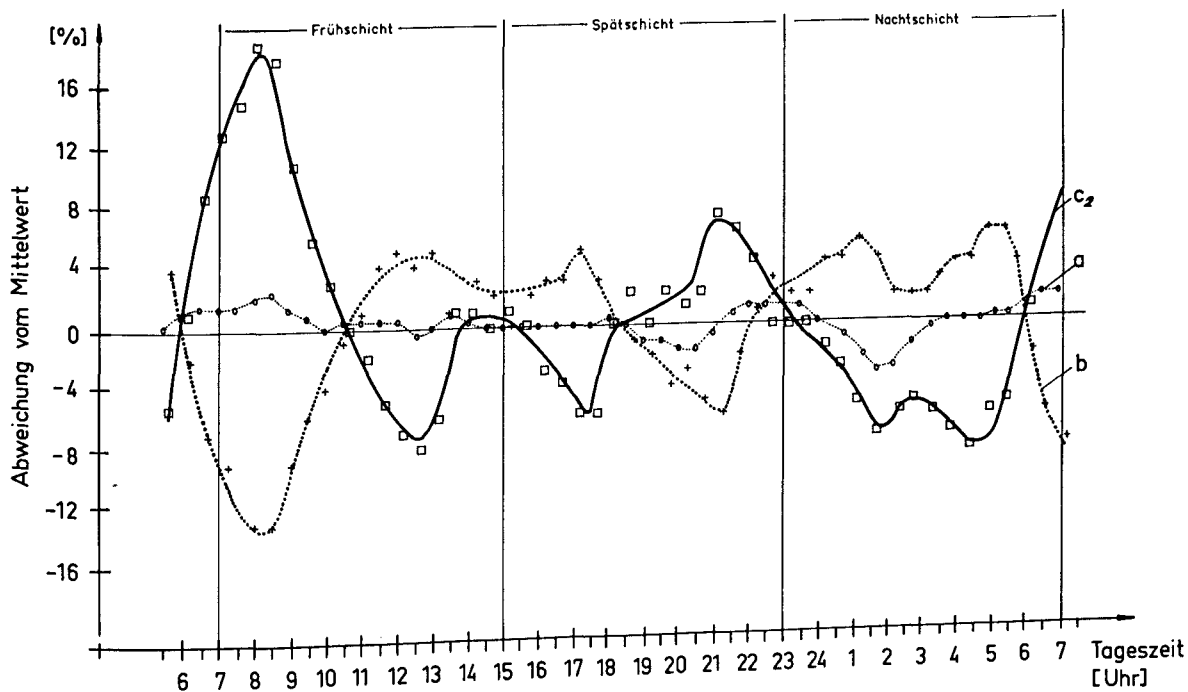


Abb. 29: Gegenüberstellung der biorhythmisch geprägten Experimentergebnisse, jeweils mit Ausgleichspolynom 3. Grades geglättet

a: Identifizierte Menge M_S
 b: Lesezeit Z_S
 c: Identifikationsgüte G_S

} sitzungsspezifisch ermittelt

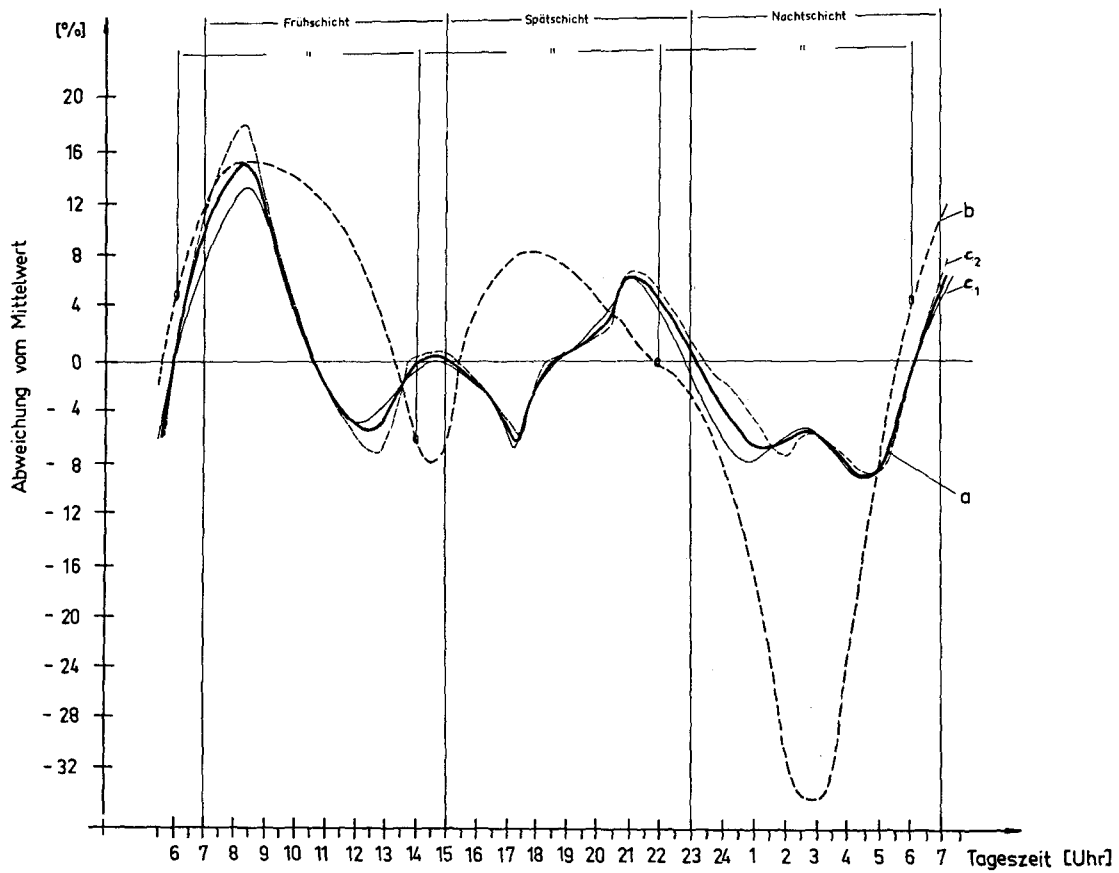


Abb. 30: Gegenüberstellung der biorhythmisch geprägten Leistungsbereitschaft, jeweils mit Ausgleichspolynom 3. Grades geglättet
 a: Experimentergebnis aus c_1 und c_2 gemittelte Identifikationsgüte G
 b: nach O. Graf (Abb. 27, Seite 40, Kurve a)

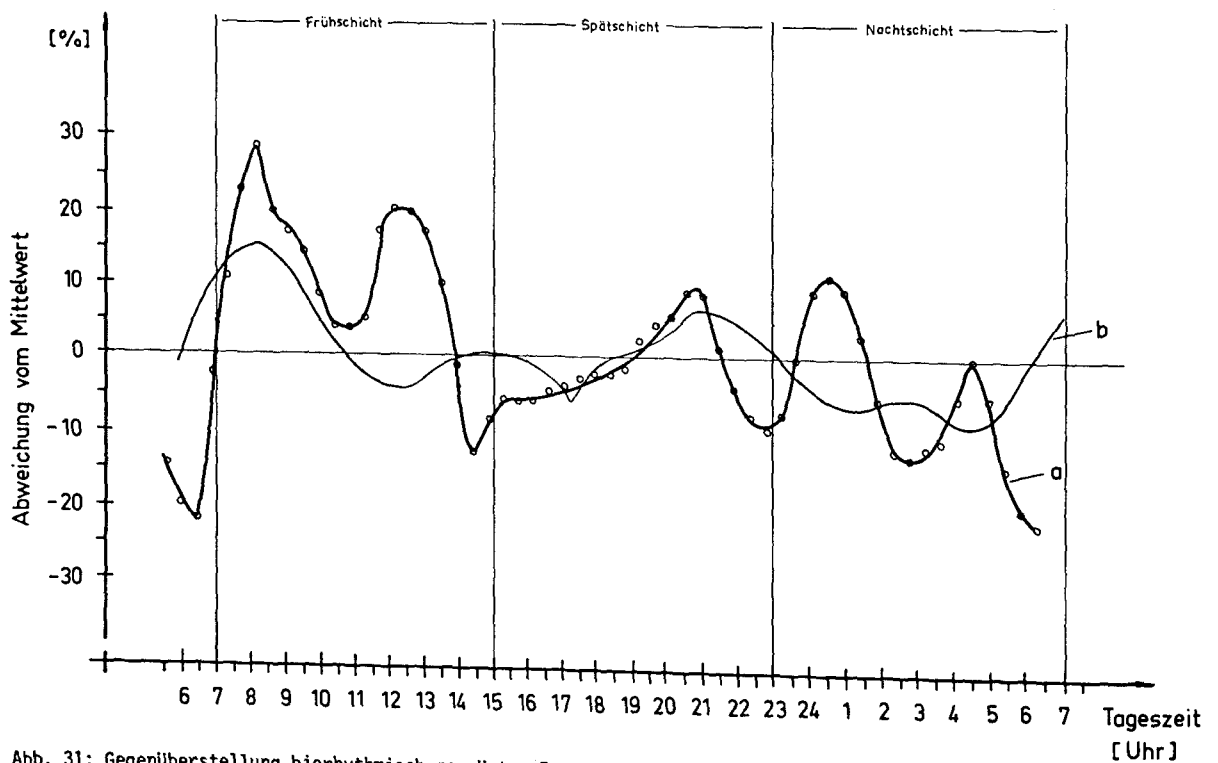


Abb. 31: Gegenüberstellung biorhythmisch geprägter Experimentergebnisse, jeweils mit Ausgleichspolynom 3. Grades geglättet
 a: Reziprokwert der relativierten Pausenzeit Z_{pr}
 b: gem. Identifikationsgüte G_s (Abb. 30, Seite 42, Kurve a)

Die Abb. 28, 29 (Seite 41) und 31 (Seite 42) zeigen die biorhythmisch geprägten Experimentergebnisse nach den im Kapitel 3.4.2 formulierten Maßgaben. Man erkennt im Vergleich zur Abb. 27 (Seite 40) stellenweise Übereinstimmung. In Abb. 30 (Seite 42) werden die Ergebnisse in einer Gegenüberstellung gemittelter Gütekurven mit der in der Literatur meist zitierten Kurve (Abb. 27/a, Seite 40) zusammengefaßt.

Typisch für die Wirkung, die die herangezogenen Daten durch die Zielgröße "Biorhythmus" erfuhren, war, daß die Fehler sich sehr ausgeglichen zeigten und nur andeutungsweise dem typischen Trend folgten - was besonders in der Nachtschicht auffiel. Hingegen waren Lesezeit und auch die Güte (da annähernd reziprok) aussagekräftiger und ließen eine Prägung durch den Biorhythmus gut erkennen. Diese Verknüpfung fußte auf der Tatsache, daß ca. 70% aller Leseschritte fehlerfrei gelesen wurden, also nur zeitgeprägt waren. In der Gegenüberstellung in Abb. 30 mag vor allem eine Abweichung in der Spät- und Nachtschicht stören, was man dem Einfluß des Schichtwechsels (7/15/23 Uhr) und der Durchführung von abwechslungsreichen Tätigkeiten, z.B. Rundgänge, Ladearbeit, etc., anlasten mußte.

Es sei auf die Abb. 27 (S. 40) hingewiesen, die ebenfalls von der einen verwendeten Datenmenge zur anderen (Gaswerk 1, Gaswerk 2, Papierfabrik) grobe Unterschiede erkennen läßt, so daß wir uns letztlich nur aufgrund des Umfangs der Erhebung für die Verwendung der Kurve a entschlossen hatten, obwohl sich c der im Experiment ermittelten Rhythmuskurve eher näherte.

In Hinblick auf eine biorhythmische Prägung von produzierten Daten erschien es interessant, daß in den Schichten die Meinungsäußerung zu den präsentierten Leseschritten unterschiedlich stark war. Obwohl eine Artikulation neben dem Lesen der angebotenen Information nicht gefordert wurde, ergab sich, daß in der Nachtschicht 49%, in der Frühschicht 28% und in der Spätschicht 23% aller Äußerungen lagen, die sich mit dem Attribut "Unsicher, ob richtig gelesen" belegen ließen.

Ein auf das Gesamt-Experiment bezogener Vergleich der relativen gemittelten Verläufe von Identifikationsgüte und Pausenlänge zeigt neben Zeitbereichen guter Kondition (8/22 Uhr) auch Bereiche reduzierter Motivation (13/1/4 Uhr). Die schichtbezogenen Zeitbereiche größter Anstrengungen liegen immer am Schichtende, im Effekt erfolgreich insbesondere um 14/6 Uhr. Als stetigste Schicht zeigt sich die Spätschicht; gleiches läßt sich auch aus den drei Datenmengen der Abb. 27 (Seite 40) ableiten (Schichtwechsel um 6/14/22 Uhr).

3.5 Bildartenvergleich

3.5.1 Untersuchungsziel

Es wurde angenommen, daß die Verschiedenartigkeit einer Bildgestaltung mit Sicherheit die Güte, mit der eine Vp einen Leseschritt abarbeitet, prägt. Diese Annahme war nachzuweisen und die Präsentationen innerhalb des Experimentes so zu gestalten, daß schließlich der gesamten Datenverwendung nichts im Wege stand.

3.5.2 Untersuchungsmethode

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	(SV)
BILDART	BA	UV
TEXTART	TA	SV
TEXTLADUNG	TL	SV
FARBKOMBINATION	FK	SV
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	(SV)
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Um die in Kap. 3.5.1 aufgezeigte Annahme zu untersuchen, wurden zwei Bildarten eingeführt, in denen die Zielgröße "Leseschritt" gleichgehalten war. Verschieden war nur das Umfeld. Anteilmäßig waren beide Bildarten gleichstark in jeder Sitzung vertreten. Bei der Bildart 1 handelte es sich um ein tabellenartig aufgebautes Bild (Abb. 5, Seite 11) und bei der Bildart 2 um eine kleinere Tabelle mit einem in der Farbe des zu lesenden Textes eingefärbten Anlagenschema (Abb. 6, Seite 12).

Zur Auswertung wurden versuchspersonenbezogen mittlere Fehleranzahlen und Lesezeiten über alle Sitzungen, getrennt nach den Bildarten, ermittelt. Die Gegenüberstellung sollte dann zu der Endaussage führen, welche Darbietungsart schneller bzw. fehlerärmer zu lesen war.

Würde man diese Entscheidungsfällung auf der Sitzungsebene durchführen, ergäben sich 120 aussagekräftige Paardifferenzen, von denen man voraussetzen kann, daß sie sich unter Rückführung auf eine Binomialverteilung im Durchschnitt nicht von Null unterscheiden. Als eine Darstellungsform wählten wir die Gegenüberstellung von relativen Summenhäufigkeiten der Gütewerte G' aller Farbkombinationen in der Bildart 1 sowie in der Bildart 2. Eine alle Farbkombinationen betreffende Versetzung der Summenfunktionen würde eine statistische Untersuchung, wie eben angeführt, unterstützen. Gewählt wurden für diese Darstellung Gütewerte G' , die den kritischen Tageszeitscheiben (Kap. 3.4.3, Spät- und Nachtschicht) entstammten, da sie einen Bildartenunterschied deutlicher erkennen lassen mußten.

3.5.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung der durch die Verschiedenartigkeit der Bildarten ermittelbaren 120 Sitzungs-Paardifferenzen zeigte folgendes Ergebnis:

57 x (Fehleranzahl in der BA 1 < Fehleranzahl in der BA 2)
 63 x (Fehleranzahl in der BA 1 > Fehleranzahl in der BA 2)

sowie:

32 x (Lesezeiten der BA 1 < Lesezeiten der BA 2)
 88 x (Lesezeiten der BA 1 > Lesezeiten der BA 2)

Daher konnte von einer annähernden Gleichheit bezüglich der Fehler, nicht aber der Lesezeiten ausgegangen werden. Die Verknüpfung beider Sitzungsausgangsdaten (Fehler und Zeit) durch die Güte G' führte, da die Lesezeit den Divisor darstellte, zu einer Verschiebung in Abb. 32 (Seite 46) in der Art, daß die Bildart 2 zu besseren Werten hin tendierte. Um die Darstellung übersichtlich zu gestalten, wurden zur Zeichnung allerdings nur drei repräsentativ erscheinende Farbkombinationen ausgewählt. Aufgrund der Datenfülle des gesamten Experimentes war der Einfluß der Textladung als ausgemittelt angenommen worden.

Nach Mc. Kinnon /6/ ist bei 120 Paardifferenzen eine Gleichverteilung noch bis zu einem Verhältnis von 55 : 65 bei einem Signifikanzniveau von 5 % zu bejahen. Die Aussage, die deswegen getroffen werden konnte und

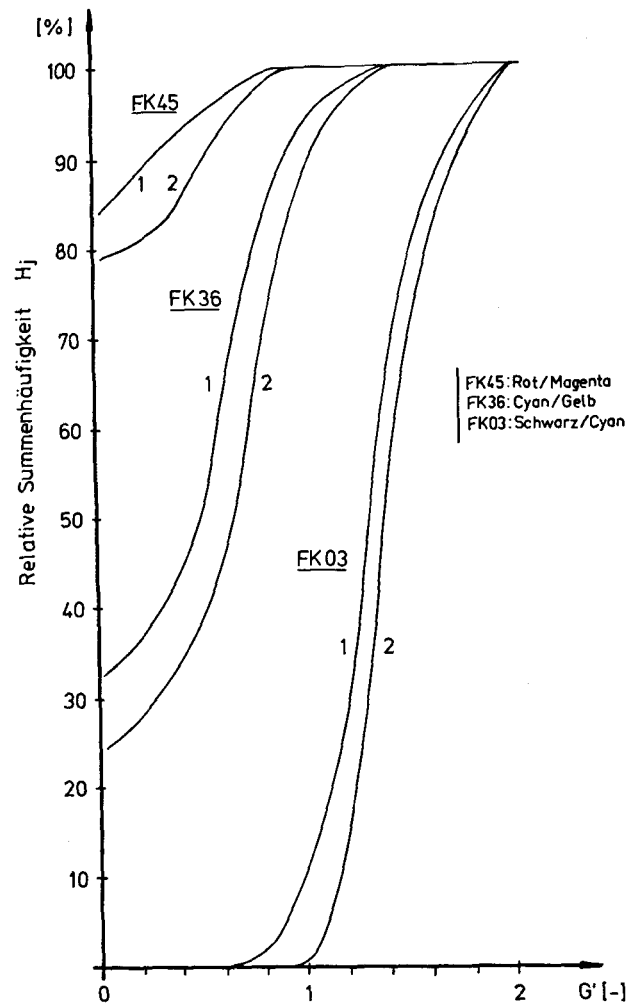


Abb. 32: Bildartengegenüberstellung anhand der relativen Summenhäufigkeiten der Identifikationsgüte G' ausgewählter Farbkombinationen
 1: Bildart 1
 2: Bildart 2

die durch die Lage der Summenfunktionskurven zueinander erhärtet wurde, ist die, daß die Lesezeit bei der Bildart 2 kürzer war. Dies ließ sich auch auf die Besonderheit der Bildart 2 zurückführen, wo die Zieltabelle kleiner und die V_p durch das Einfärben des Anlagenschemas in der Farbkombination des zu lesenden Schrittes vorinformiert war, wodurch das Auffinden des zu lesenden Textes erleichtert wurde.

Im Zusammenhang mit der Darstellungsart ist interessant anzumerken, daß die beiläufige, nicht erzwungene Artikulation im Sinne "unsicher, ob richtig gelesen" in der Bildart 1 überwog.

3.6 Farbkombinationen

3.6.1 Untersuchungsziel

Aufgrund unterschiedlicher Lesbarkeit von Texten in verschiedenen Farbkombinationen (Zeichen in der Farbe x auf y-farbigem Hintergrund) war eine Rangfolge der im Experiment dargebotenen Farbkombinationen zu erwarten. Bei der Bestimmung dieser Rangfolge sollte das Auswerteverfahren so breit gefächert sein, daß die Endaussage als möglichst gesichert galt.

3.5.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	(SV)
BILDART	BA	SV
TEXTART	TA	SV
TEXTLADUNG	TL	SV
FARBKOMBINATION	FK	UV
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	(SV)
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Durch die Möglichkeiten der im Experiment verwendeten Gerätekonfiguration (Kap. 2.1) ergab sich eine Farbpalette von acht Farben - einschließlich schwarz und weiß. Texte in diesen Farben, mit jeweils andersfarbigen Hintergründen versehen, konnten in insgesamt 56 Kombinationen dargestellt werden. Um die Vielzahl der Farbangebote etwas einzuschränken, wurden nach Vorversuchen sehr schlecht zu lesende Farbkombinationen ausgeklammert, so daß 48 Farbkombinationen für die Durchführung des Versuches übrigblieben. Da die verbleibenden Farbkombinationen noch genügend Schwierigkeitsunterschiede aufwiesen, konnte eine Monotonie bei der Präsentation verneint werden (Abb. 10 , Seite 17).

Zur Ermittlung einer Rangfolge, die die unterschiedliche Lesbarkeit von alphanumerischen Texten in verschiedenen Farbkombinationen ausweisen sollte, wurden vier Bewertungsmaßstäbe angesetzt. Durch die Verschiedenheit dieser Bewertungsverfahren ergab sich die Folgerung, daß eine zusammenfassende Rangfolge eine ausreichende Relevanz besitzen müßte. Hinzu kam noch die Möglichkeit einer graphischen Rangdarstellung, so daß zuletzt auch bildlich eine Klasseneinteilung plausibel aufgezeigt werden konnte.

Die im Kapitel 2.5 beschriebene Identifikationsgüte G' wies jedem Leseschritt einen zahlenmäßigen Wert zu, der auf der in ihm befindlichen Information und der zum Erkennen und Aussprechen notwendigen Zeit beruhte. Zu jeder bestimmten Farbkombination wurden aus allen Sitzungen diese Werte zusammengestellt und ein repräsentativer Mittelwert gebildet. Bei den Wiederholungen des 4. Sitzungsteils war eine sitzungsbezogene Vorabmittelung erfolgt, so daß insgesamt 120×48 Farbkombinationswerte zur Verfügung standen.

Im Weiteren folgten mit diesen Eingangsdaten nachstehende Bewertungsverfahren.

a) Es wurden Vp-spezifisch die Gütewerte G' zu den einzelnen Farbkombinationen zusammengestellt und einem Ausreißertest unterzogen. Dieser Test nach Nalimov /7/ bereinigte die Datenmenge um Gütewerte, die signifikant ausreißerverdächtig waren. Die hierbei angesetzte statistische Sicherheit war 99%. Nachfolgend geschah das Einreihen der verwendeten Farbkombinationen entsprechend der berechneten Güte-Mittelwerte in die Ränge 1 bis 48. Die Gegenüberstellung der Rangfolgen aller Vpn brachte Abweichungen, von denen nun zu klären war, ob sie rein zufälliger Art waren oder nicht (Vpn-Ausreißerverhalten). Hierzu fand eine Varianzanalyse für Rangdaten Anwendung (Multipler Vergleich nach Friedman /8/). Die gestellte Nullhypothese lautete so, daß der vorliegende Rangunterschied in der zentralen Tendenz durch Zufall entstanden sei. Bei der Annahme dieser Nullhypothese war eine Mittelung der Vpn-Ränge zu einer gemeinsamen Rangfolge zulässig. Sie wurde in Tab. 5 (B), Seite 51, dargestellt.

b) Nach der gleichen Prozedur (betrachtete Datenmenge, Ausreißertest, Farbkombinationsrangfolge, Varianzanalyse, Farbkombinationsrangfolge als Zusammenfassung) wurde auch über alle Sitzungen verfahren, da die Gütewerte G' eine Zusammenfassung über die Vp hinaus per Definition erlaubten (Kap. 2.5).

Spalte C der Tab. 5, Seite 51, sollte dann eine farbspezifische Zusammenfassung der Gütwerte aller Vpn der Früh-, Spät- und Nachtschicht gemittelt darstellen, sowie die Spalte D eine Zusammenfassung über den ganzen Test; hier natürlich ohne Friedman-Test.

c) Als weiteres Bewertungsverfahren bot sich die Zugrundelegung der Transinformationsbeträge des verwendeten Zeichensatzes an. Da die Präsentation der Einzelzeichen über alle Farbkombinationen als gleichverteilt anzusehen war, ergab sich die Folgerung, daß Unterschiede im Transinformationsbetrag nur noch auf die Farben zurückzuführen sind, da alle anderen Einflüsse ausgemittelt waren.

Hierzu sei ergänzt, daß die Transinformation ein gutes Werkzeug zur Beurteilung von Zeichensätzen darstellt. Der Transinformationsbetrag ergibt sich aus der Eingangsinformation, der Ausgangsinformation und der Äquivokation (bedingte Entropie, ausgangsseitig gesehen). Vorteilhaft ist, daß die Transinformation die Bewertung der übertragenen Information einschließlich der Zeichenverwechslung darstellt, dabei bleibt die Lesezeit unberücksichtigt.

Beispiel zur Berechnung des Transinformationsbetrages (aus /9/) mit 5 vorgegebenen Reizen ($X = 1 \dots 5$, je 50 mal angeboten):

		Angebotene Zeichen					X
		1	2	3	4	5	
Gelesene Zeichen Y	1	46	2				48
	2	3	44	5			52
	3	1	4	38	7	1	51
	4			6	40	4	50
	5			1	3	45	49
Y							250

$$H(y) = \frac{1}{250} (48 \lg 48 + 52 \lg 52 + \dots) = 2,321 \text{ bit}$$

$$H(x) = \lg 5 = 2,322 \text{ bit}$$

$$H(x,y) = \lg 250 - \frac{1}{250} (46 \lg 46 + 2 \lg 2 + \dots) = 3,054 \text{ bit}$$

Transinf.betrag: $T(x,y) = H(x) + H(y) - H(x,y)$
 $= 1,589 \text{ bit}$

Ohne Verwechslung wären nur die Diagonalfelder besetzt; hierfür gilt $H(y) = H(x,y) = H(x)$ und mithin $T(x,y) = H(x) = 2,322 \text{ bit}$, also gleich dem maximal möglichen Wert.

(Anmerkung: $\lg \hat{=}$ Logarithmus zur Basis 2)

Die auf diese Weise berechneten Transinformationswerte alphanumerischer Texte bedurften, damit sie bezüglich der Farbkombinationen nicht durch ungleich mächtige Datenmengen verfälscht wurden, einer größeren Leseschrittanzahl. Folglich war hier nur die auf alle Daten zurückgreifende Rangfolge möglich. Sie wurde in Spalte A der Tab. 5, Seite 51 dargestellt.

Letztendlich würde eine Gegenüberstellung aller Rangfolgen in Tab. 5 zu einer Zusammenfassung in Form einer übergeordneten Farbkombinationsrangfolge führen. Hierbei wäre erneut eine Rang- Varianzanalyse durchzuführen und nach Annahme der Nullhypothese "Unterschiede in der zentralen Tendenz rein zufällig" eine ranggemittelte Folge zu berechnen. Diese wurde dann in Spalte E der Tab. 5, Seite 51, dargestellt.

Zu erwarten war ferner, daß die Darstellung der relativen Summenhäufigkeit der Güten G' der einzelnen Farbkombinationen über alle Sitzungen je nach Lesbarkeit der Farbkombination eine markante Lageverschiebung im Diagramm ausweisen würde. Diese Abbildung könnte zur Erhärtung der getroffenen Endaussage beitragen.

3.6.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Im Verlauf einer Sitzung zeigten die Leseschritte unterschiedliche Farben etc., so daß gewisse Frustrationseffekte unvermeidlich waren. Diese verschiedenen hohen Belastungsmomente spiegelten sich in jedem Leseschritt in Menge und Zeit wider. Hieraus durfte abgeleitet werden, daß die Bewertungsverfahren, die auf Güteüberlegungen beruhten, als höherwertige Bewertungskriterien gegenüber den Transinformationsbeträgen angenommen werden konnten. Hinzu kam, daß das Schwergewicht auf fehlerfreiem Lesen lag - mithin die Daten für den Transinformationsbetrag nur von einem geringen Prozentsatz aller produzierten Daten geprägt wurden (30%).

Die schlechte Stellung von "weiß auf schwarz" in der Gegenüberstellung der Tab. 5, Seite 51 war auf die Art der Aufgabenpräsentation zurückzuführen. Hier fehlte nämlich beim Hereinrollen des Lesetextes die Augenfälligkeit einer farbigen Hinterlegung. Es entstanden für diese Farbkombination unberechtigt lange Lesezeiten und somit auch verfälschte Rangplätze. Die abschließend vertretene Einstufung von "weiß auf schwarz" entspricht daher mehr der Transinformationsrangfolge (Tab. 6, Seite 52).

Rangfolge, dargestellt in absteigender Qualität der FK	A B C D I E					

	Gruppe 1					
	20	20	20	20	1	20
	31	30	60	30	1	30
	07	60	30	60	1	60
	30	17	06	06	1	17
	17	31	17	31	1	31
	16	06	56	17	1	06
	70	07	03	07	1	07
	06	03	12	56	1	03
	61	56	31	03	1	56
	21	12	07	12	1	47
	60	47	47	61	1	16
	47	74	61	47	1	61

	03	42	16	16	1	12
	56	16	42	74	1	42
	57	61	74	42	1	21
	42	46	21	71	1	74
	75	71	46	21	1	46
	02	13	57	46	1	71
	46	21	71	57	1	57
	71	02	13	53	1	02
	43	43	43	52	1	70
	12	57	53	02	1	43
	64	75	02	13	1	13
	53	64	52	43	1	75

	52	52	75	75	1	53
	74	53	70	70	1	52
	13	70	34	34	1	64
	34	34	24	64	1	34
	65	50	64	24	1	24
	24	24	40	40	1	65
	25	40	65	65	1	40
	35	65	05	50	1	50
	04	05	04	05	1	05
	50	04	25	25	1	25
	05	25	50	04	1	04
	40	35	35	35	1	35

	51	51	51	51	1	51
	15	15	14	15	1	15
	14	14	15	14	1	14
	41	41	41	41	1	41
	10	10	10	10	1	10
	01	37	01	01	1	01
	37	01	37	37	1	37
	36	36	27	36	1	36
	27	27	36	27	1	27
	26	26	26	26	1	26
	45	45	45	45	1	45
	54	54	54	54	1	54

Codeschlüssel

Schwarz : 0 / Blau : 1
 Grün : 2 / Cyan : 3
 Rot : 4 / Magenta : 5
 Gelb : 6 / Weiß : 7

Farbkombinationsbezeichnung:

Vorder-, Hintergrundfarbe

z.B.: FK 16 = Blau auf Gelb

Tab. 5: Rangfolgegegenüberstellung der Farbkombinationen

- A: Transinformation (über ganzen Test)
 B: Identifikationsgüte G' (VP getrennt)
 C: Identifikationsgüte G' (Schicht getrennt)
 D: Identifikationsgüte G' (über ganzen Test)
 E: Ranggemittelte Farbkombinationsfolge aus A... D

Vergleich man die Rangfolgen der Tab. 5 untereinander und stellte sie der Lage der Farbkombinationen im Diagramm (Abb. 33, Seite 53) gegenüber, so fiel die gruppenweise Übereinstimmung auf, die eine abgesicherte Aufteilung der Rangfolge E in Tab. 5 in vier gleichmächtige Gruppen erlaubte (Abb. 34, Seite 54).

In Abb. 35, Seite 55 erfolgte die Darstellung der relativen Fehlerhäufigkeit der verschiedenen Farbkombinationen anhand der zusammenfassenden Rangfolge E von Tab. 5. Insbesondere in der 4. Gruppe zeigte sich an der Ladung in der 12. Spalte (Fehleranzahl = 12) das Befolgen der auf Seite 7 dargelegten einleitenden Belehrung bezüglich der zu leistenden Anstrengung.

Die gemittelte Rangfolge E der Tab. 5, Seite 51 wurde in Tab. 6 nochmals dargestellt, und zwar zur leichteren Verständlichkeit in uncodierter Form.

Eine erst nach dem Experiment durchgeführte Befragung der Vpn entsprach bezüglich Zuordnung von Farbkombination und vorgegebenem Attribut (z.B. "gut lesbar") in hohem Maße der Gruppenaufteilung.

Gruppe 1 'sehr gut lesbar'

grün	auf	schwarz
cyan	"	schwarz
gelb	"	schwarz
blau	"	weiß
cyan	"	blau
schwarz	"	gelb
schwarz	"	weiß
schwarz	"	cyan
magenta	"	gelb
rot	"	weiß
blau	"	gelb
gelb	"	blau

Gruppe 2 'gut lesbar'

blau	auf	grün
rot	"	grün
grün	"	blau
weiß	"	rot
rot	"	gelb
weiß	"	blau
magenta	"	weiß
schwarz	"	grün
weiß	"	schwarz
rot	"	cyan
blau	"	cyan
weiß	"	magenta

Gruppe 3 'lesbar'

magenta	auf	cyan
magenta	"	grün
gelb	"	rot
cyan	"	rot
grün	"	rot
gelb	"	magenta
rot	"	schwarz
magenta	"	schwarz
schwarz	"	magenta
grün	"	magenta
schwarz	"	rot
cyan	"	magenta

Gruppe 4 'schlecht lesbar'

magenta	auf	blau
blau	"	magenta
blau	"	rot
rot	"	blau
blau	"	schwarz
schwarz	"	blau
cyan	"	weiß
cyan	"	gelb
grün	"	weiß
grün	"	gelb
rot	"	magenta
magenta	"	rot

Nach Vorexperimenten ausgeklammerte Farbkombinationen :

Gruppe 5

gelb	auf	cyan
gelb	"	weiß
weiß	"	gelb
cyan	"	grün
gelb	"	grün
weiß	"	grün
weiß	"	cyan
grün	"	cyan

Tab. 6: Abschließende Farbkombinationsgruppen nach Rangfolge E der Tab.5

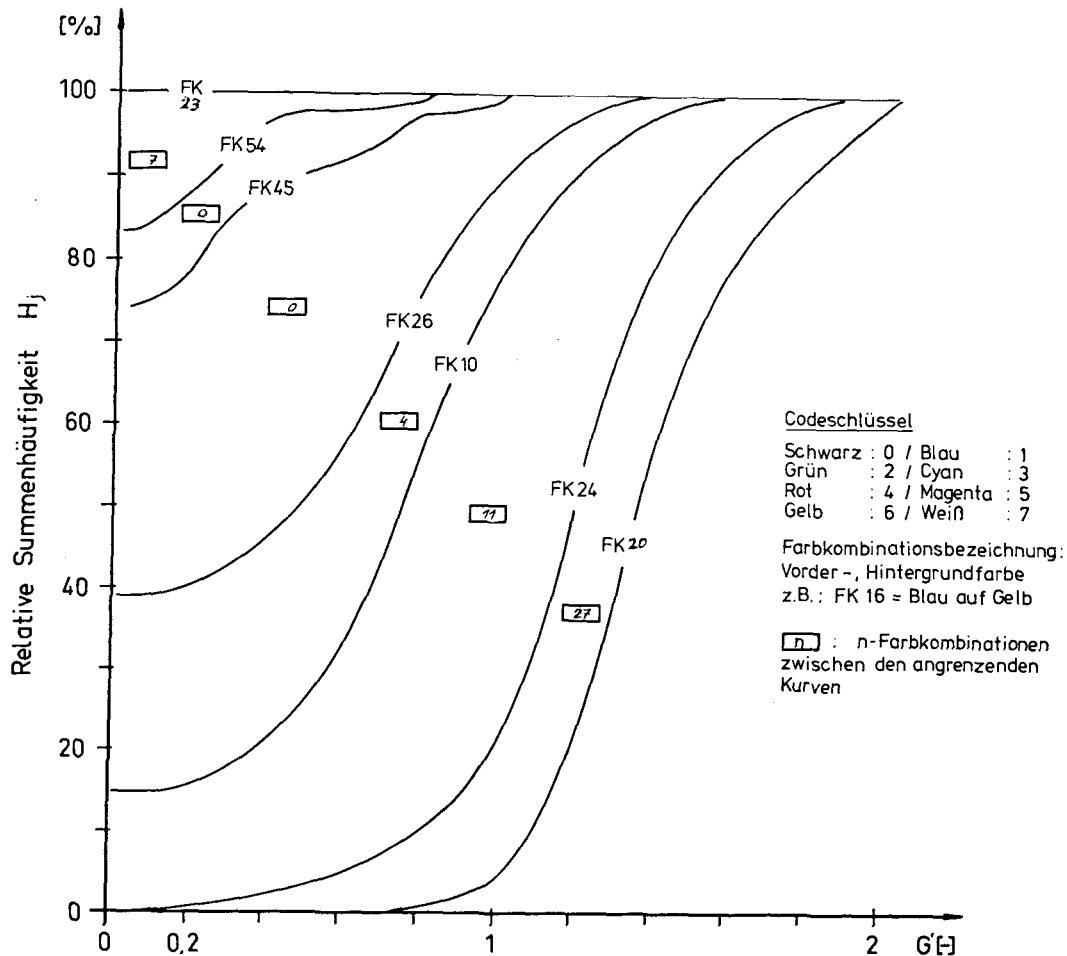


Abb. 33: Relative Summenhäufigkeit der Identifikationsgüte G' ausgewählter Farbkombinationen und Angabe der FK-Anzahl im Zwischenbereich

Allgemein sei bemerkt, daß sich die Wahl des Bewertungsverfahrens hier als schwierig darstellte, da bei der Rangeinstufung meist nur Promille-differenzen der Güten bzw. Transinformationsbeträge über die Einstufung der Farbkombinationen bestimmten. Letztendlich erhärteten die graphischen Darstellungen eine plausible Rangfolge, deren mathematische Ermittlung im Kapitel 3.6.3 aufgezeigt und schließlich in Tab. 6 (Seite 52), bzw. Abb. 36 (Seite 55) präsentiert wurde.

Anzumerken bliebe, daß, hätten farbfehlsichtige Vpn am Test teilgenommen, diese nicht unbedingt benachteiligt gewesen wären, da sie einen Vorteil aus der Kontrastbildung zwischen Vorder- und Hintergrundfarbe zögen. Die von ihnen erzeugten Daten würden sie erst nach Vergleich der Vpn-Daten untereinander als Ausreißer ausweisen. Für das durchgeführte Experiment konnte auf einem Signifikanzniveau von 1 % die Konformität des visuellen Vermögens der 12 Vpn bestätigt werden, d.h. Abweichungen der erzeugten Daten waren rein zufälliger Art.

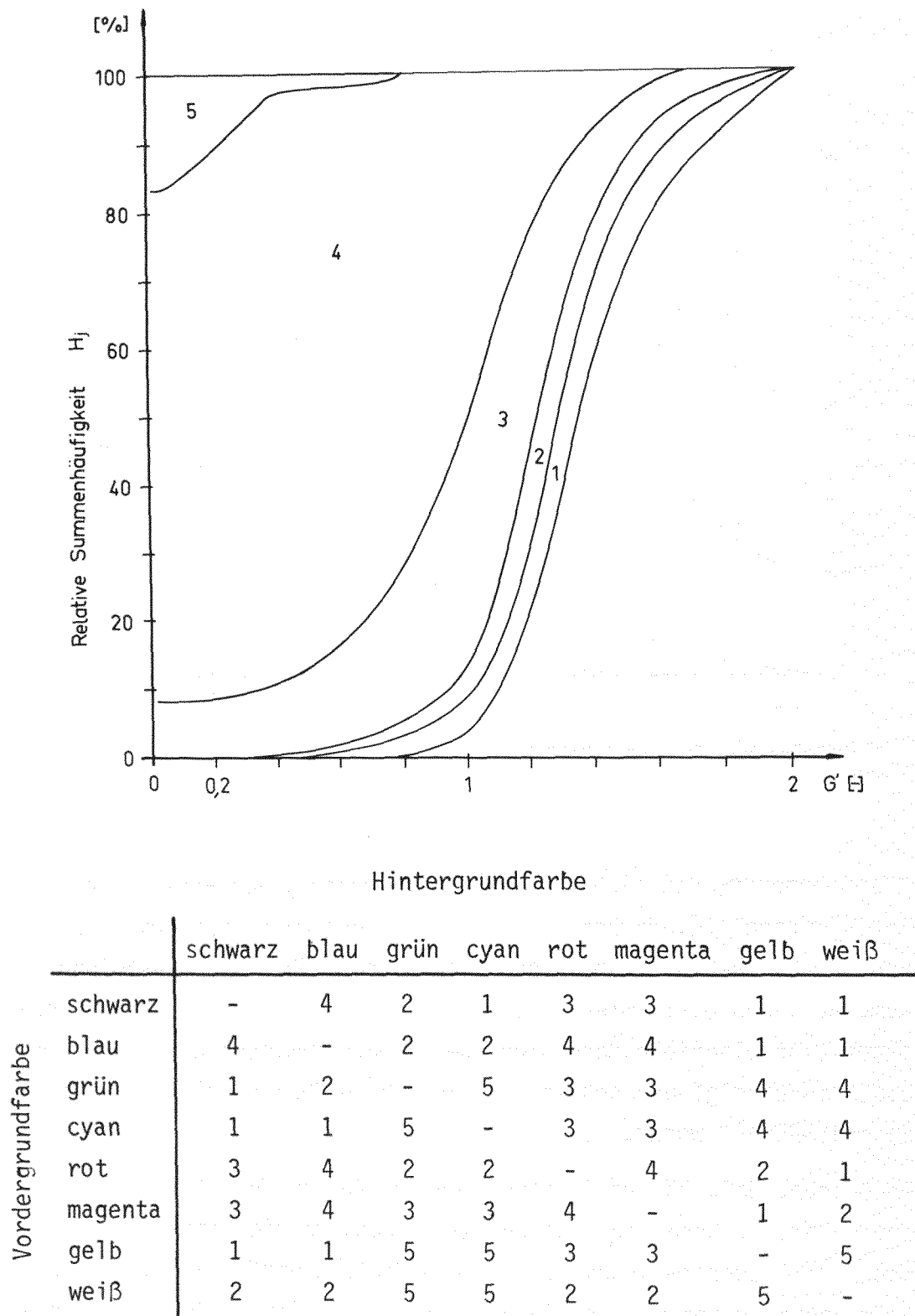


Abb. 34: Lage der Farbkombinationsgruppen 1 ... 5 und Zuweisung der einzelnen Farbkombinationen in diese Gruppen

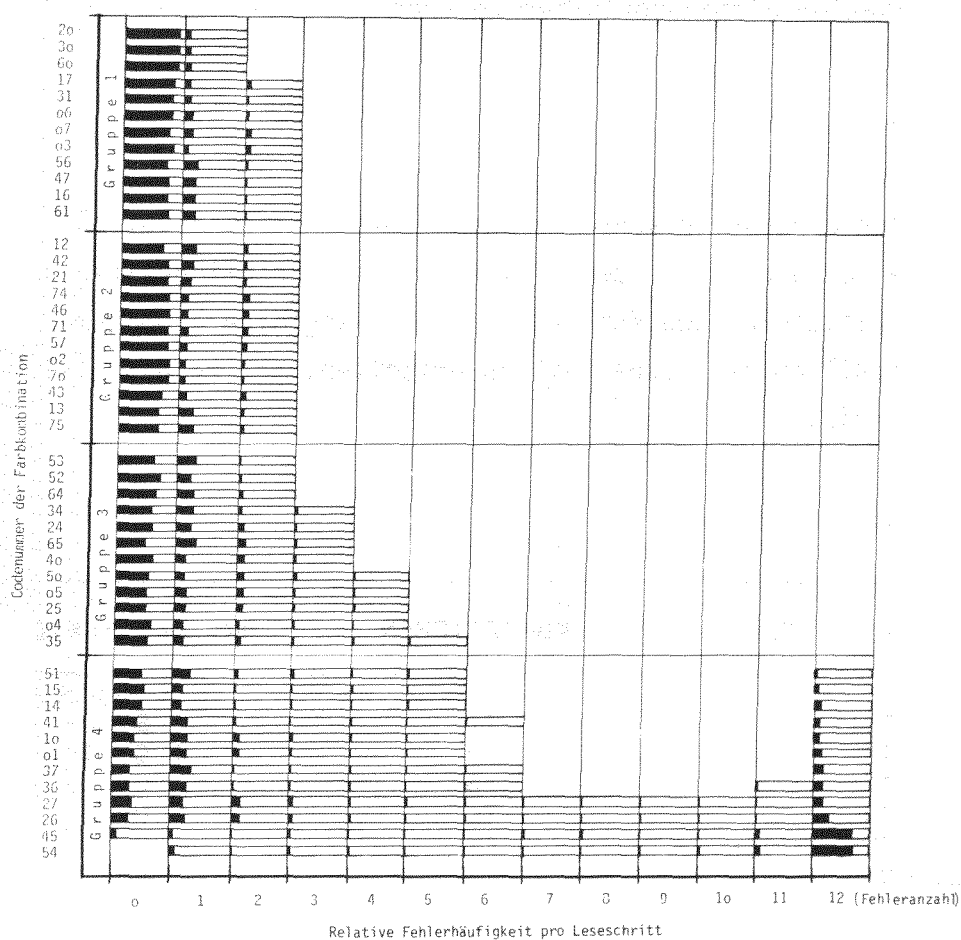


Abb. 35: Relative Fehlerhäufigkeit pro Leseschritt (dunkle Bänder) für alle Farbkombinationen im FREI-Format

(Summe der dunklen Zeilenflächen pro FK $\hat{=}$ 100%,
Spaltenbreite pro Fehleranzahl $\hat{=}$ 100%)

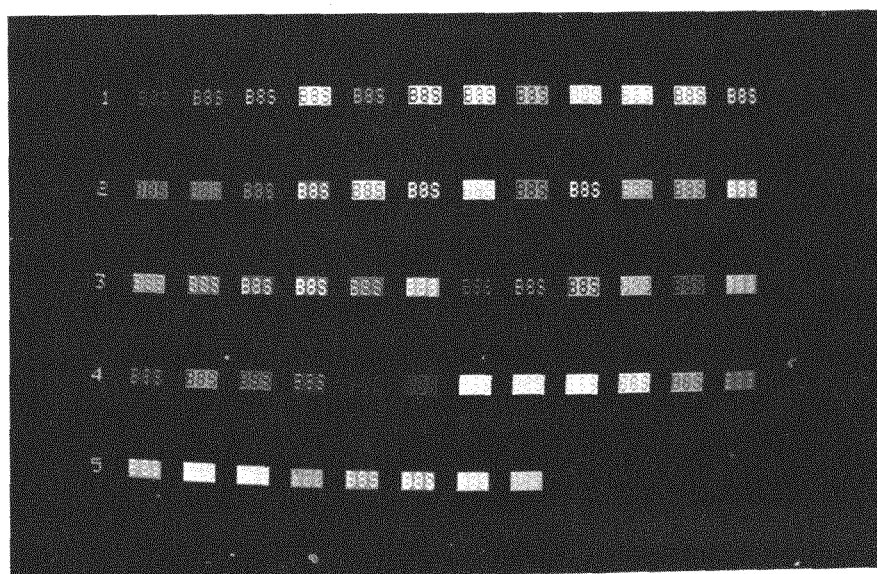


Abb. 36: Darstellbare Farbkombinationen, nach Gruppen geordnet (Abb. 34, Seite 54)

3.7 Identifikation alphanumerischer Zeichen

3.7.1 Untersuchungsziel

Die angebotenen alphanumerischen Zeichen werden unterschiedliche Verwechslungshäufigkeiten und daher Identifikationswahrscheinlichkeiten aufweisen. Diese zu quantifizieren und schließlich eine Rangfolge alphanumerischer Zeichen hinsichtlich der Lesbarkeit zu erstellen, sollte das Ziel dieser Untersuchung sein.

3.7.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	SV
BILDART	BA	(SV)
TEXTART	TA	UV
TEXTLADUNG	TL	UV
FARBKOMBINATION	FK	(SV)
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	SV
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Wie im Kapitel 2.4 bereits erwähnt, wurden in den durchgeführten Sitzungen zwei Textarten verwendet. Dies bedeutet, daß 12 hintereinanderfolgende Zeichenplätze in zufälliger (FREI) bzw. in fester, alternierender Folge (BZ) mit Buchstaben und Ziffern besetzt wurden. Als typische Beispiele hierfür sollen die Abb. 5 und 6 (Seite 11, 12) dienen. Hieraus ergaben sich beim Identifizieren (richtiges Erkennen und Artikulieren) solcher alphanumerischen Zeichenketten unterschiedliche Startbedingungen. Beim BZ-Format mußte man je nach Position des Zeichens eine Ziffer aus 10 bzw. einen Buchstaben aus 26 wählen - im Gegensatz zum FREI-Format, wo man sich aufgrund der Unsicherheit bezüglich der Platzbelegung für einen Buchstaben oder eine Ziffer aus 36 möglichen Zeichen entscheiden mußte. Der Eintrag aller vorgegebenen bzw. ausgesprochenen Zeichen der in den Untersuchungen verwendeten Sitzungen (Abb.18, Seite 27, dort für eine

Sitzung) in eine textartorientierte, für das Gesamtexperiment gültige Matrix ermöglichte qualitative Aussagen über die gemachten Zeichenverwechslungen. Formelmäßig bedeutete dies für jedes einzelne Zeichen:

$$H_{Z_{\text{angeboten}}} = H_{Z_{\text{identifiziert}}} + H_{Z_{\text{verwechselt}}} \quad \left| \begin{array}{l} H_Z \hat{=} \text{Häufigkeit} \\ \text{eines Zeichens} \end{array} \right.$$

Die identifizierten Werte lagen dabei in der Hauptdiagonale der Matrix. Bezog man diese Teilmenge ($H_{Z_{\text{identif.}}}$) auf die Gesamtheit ($H_{Z_{\text{angeboten}}}$), so ergab sich die zeichentypische, relative Identifikationshäufigkeit. Da die zweite Teilmenge ($H_{Z_{\text{verw.}}}$) erst die Verwechslungsmöglichkeiten aufgrund bestimmter Verwandtschaften der Zeichen untereinander aufzeigt, war hier ebenfalls eine deskriptive Statistik zu erstellen, die die relativen Einzel-Verwechslungshäufigkeiten genauer spezifizieren sollte.

3.7.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der hier betrachteten Untersuchung beschränkten sich

auf beschreibende Statistiken. Die nachfolgende Tab. 7 (Seite 58) weist die auf die Gesamtheit ($H_{Z_{\text{angeboten}}}$) bezogenen relativen Verwechslungshäufigkeiten aller alphanumerischen Zeichen mit maximal 3% Auflösung auf. Die tabellenfüllenden Buchstaben und Ziffern sind Zeichen, mit denen das Bezugszeichen verwechselt wurde. Um sich einen allgemeinen Überblick zu verschaffen, dient die Abb. 37 (Seite 59), in der die relativen Verwechslungshäufigkeiten pro Zeichen zusammen mit dem dominanten Verwechsler angegeben sind. Um einen Vergleich der alphanumerischen Zeichen, orientiert am Prozentanteil richtig identifizierter Zeichen, zu ermöglichen, weist Abb. 38 (Seite 60) graphisch die Stellung der Zeichen in einer Rangfolge aus. Der Grund für die gute Lage des Feldes der relativen Identifikationshäufigkeiten zwischen 85 bzw. 90 bis 100% ist erklärlich aus der Tatsache, daß nur ca. 30% aller Leseschritte fehlerhaft gelesen wurden.

Die Gegenüberstellung relativer Verwechslungshäufigkeiten der verwendeten alphanumerischen Zeichen zeigt, wie manche Zeichen zur Verwechslung prädestiniert erschienen. In diesem Zusammenhang sei auf Kapitel 2.4 hingewiesen, wo die Alphazeichen in der Matrixschreibweise gegenübergestellt werden.

A	B	C	D	E	F	G	H	I
H: 1.7 Q: 1.2 R: 0.7 B: 0.4 N: 0.3 DIV:0.7	S: 0.8 G: 0.7 H: 0.5 DIV:0.6	O: 2.9 G: 1.8 D: 0.4 Z: 0.3 Ø: 0.3 DIV:0.3	O: 8.0 B: 0.4 Q: 0.4 DIV:0.4	F: 0.8 G: 0.4 B: 0.3 DIV:0.5	P: 0.6 R: 0.4 DIV:0.6	C: 0.4 D: 0.3 DIV:0.5	N: 0.8 M: 0.4 DIV:0.3	T: 2.5 I: 0.4 L: 0.3 DIV:0.0
H: 0.6 4: 0.3 DIV:0.7	8: 3.7 S: 0.9 E: 0.5 O: 0.3 DIV:0.7	O: 0.5 D: 0.3 Z: 0.3 DIV:0.7	O: 5.1 Ø: 0.9 Q: 0.3 G: 0.3 DIV:0.4	F: 0.6 DIV:0.5	P: 0.3 DIV:0.6	C: 0.8 6: 0.4 DIV:0.4	N: 0.3 DIV:0.5	1: 3.2 T: 2.2 DIV:0.3

J	K	L	M	N	O	P	Q	R
I: 0.3 DIV:0.1	X: 0.4 DIV:0.3	I: 1.0 DIV:0.5	N: 2.8 H: 1.1 K: 0.3 W: 0.3 DIV:0.0	H: 3.3 M: 2.0 W: 0.3 DIV:0.1	D: 4.4 Q: 1.2 Ø: 0.5 U: 0.4 DIV:0.5	F: 2.1 DIV:0.4	O: 9.3 D: 2.3 G: 1.9 W: 0.3 Ø: 0.3 DIV:0.5	P: 0.8 K: 0.7 DIV:0.7
I: 0.6 DIV:0.6	X: 0.9 N: 0.3 DIV:0.4	1: 0.6 I: 0.4 J: 0.3 DIV:0.2	N: 5.8 DIV:0.6	H: 1.5 M: 1.4 DIV:0.5	D: 3.9 Ø: 1.6 Q: 1.4 U: 0.3 DIV:0.4	F: 0.3 DIV:0.3	O: 6.0 G: 1.9 Ø: 1.7 D: 0.3 DIV:0.7	P: 0.7 F: 0.3 DIV:0.3

S	T	U	V	W	X	Y	Z
B: 2.6 G: 1.0 DIV:0.9	I: 4.2 DIV:0.4	D: 1.5 W: 0.5 D: 0.3 DIV:0.4	Y: 5.8 DIV:0.4	M: 3.6 B: 1.3 U: 0.3 Ø: 0.3 8: 0.3 DIV:0.3	K: 1.4 N: 0.4 DIV:0.6	V: 3.1 DIV:0.4	C: 0.5 DIV:0.3
8: 2.9 9: 2.0 6: 1.8 5: 0.5 3: 0.4 B: 0.3 DIV:0.3	I: 0.8 1: 0.3 7: 0.3 DIV:0.0	O: 1.2 DIV:0.7	Y: 3.3 W: 0.3 DIV:0.3	M: 2.7 B: 1.1 DIV:0.9	N: 0.9 K: 0.5 DIV:0.5	V: 2.3 DIV:0.5	2: 1.2 O: 0.4 7: 0.3 DIV:0.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	Ø
DIV:0.4	3: 0.3 DIV:0.7	4: 0.4 DIV:0.5	DIV:0.5	9: 1.2 3: 0.3 DIV:0.2	8: 0.3 DIV:0.5	2: 0.6 DIV:0.2	Ø: 4.5 9: 1.6 6: 1.0 3: 1.0 5: 0.3 DIV:0.5	5: 0.4 3: 0.4 2: 0.3 DIV:0.3	8: 2.6 6: 0.3 DIV:0.5
I: 1.9 DIV:0.3	P: 0.7 E: 0.4 B: 0.4 DIV:0.6	R: 0.5 J: 0.3 7: 0.3 DIV:0.4	DIV:0.4	S: 0.3 DIV:0.4	G: 3.1 DIV:0.2	Z: 0.8 DIV:0.3	B: 3.6 Ø: 3.0 S: 2.5 9: 0.3 3: 0.3 G: 0.3 DIV:0.8	S: 0.7 DIV:0.5	8: 1.3 Q: 0.9 B: 0.7 DIV:0.9

Tab. 7: Relative Verwechslungshäufigkeiten alphanumerischer

Zeichen in Abhängigkeit von der Textart

-jeweils obere Zeile: BZ -Format

-jeweils untere Zeile: FREI-Format

PS:DIV= Summe der relativen Verwechslungshäufigkeiten mit

 $p_v < 0,3 \%$ je verwechseltes Zeichen;

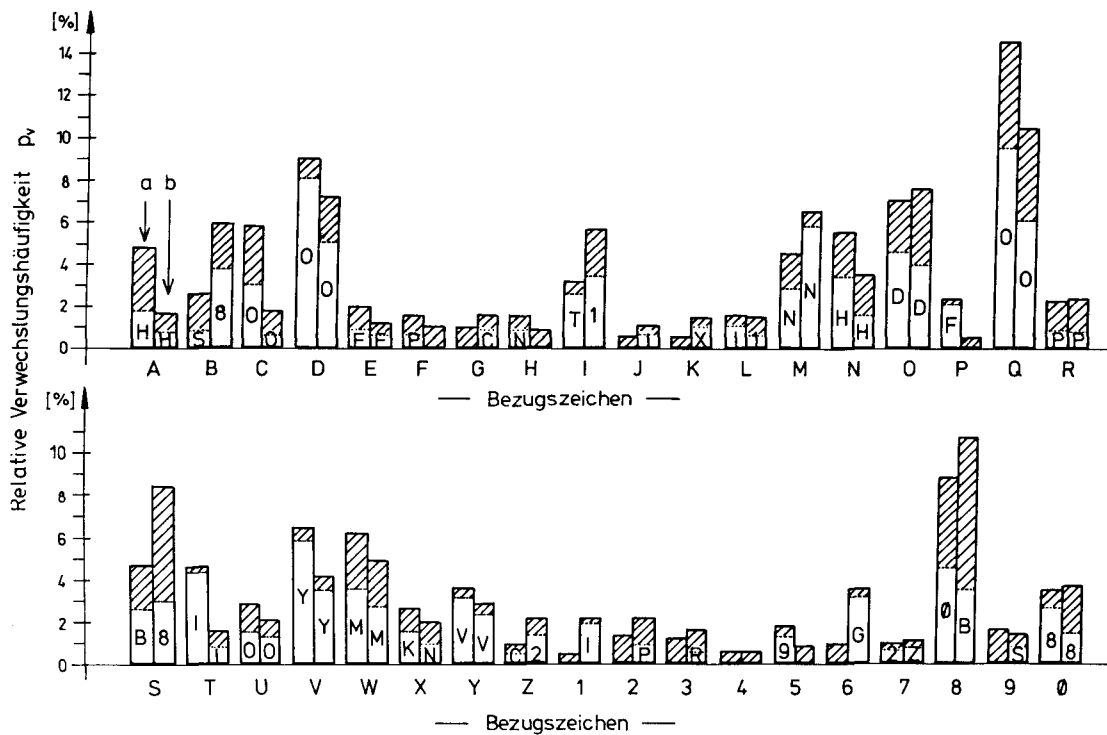


Abb. 37: Vergleich der relativen Verwechslungshäufigkeiten p_v
 alphanumerischer Zeichen in Abhängigkeit von der Textart
 -nicht schraffierte Bereiche markieren die dominanten Verwechslungsanteile
 a: BZ -Format
 b: FREI-Format

Ein Vergleich der Textformate ist aufgrund unterschiedlicher Merkmale der Vpn-Gruppen, insbesondere dem Bewertungsmerkmal "Zeitbedarf für Aussprache", schwierig. Teilweise zeigten sich Zeichen im BZ-Format ungünstiger als im FREI-Format, z.B. das Zeichen "Q". Demgegenüber erscheint jedoch das nachfolgende Beispiel, in dem die Ziffer "8" als Bezugszeichen ausgewählt wurde, plausibel für einen erhöhten Schwierigkeitsgrad des FREI-Formates:

Bezugs-zeichen	Format	Bemerkung	dominanter Verwechsler	Begründung
8	BZ	Gewißheit, daß nur Ziffer möglich	∅	größte Ähnlichkeit unter den 10 möglichen Zeichen
8	FREI	Ungewißheit, jedes Zeichen möglich	B	größte Ähnlichkeit unter den 36 möglichen Zeichen

Anmerkung: Ein Vergleich mit den Bezugszeichen "B", "S" und "∅" führt zu ähnlichen Aussagen.

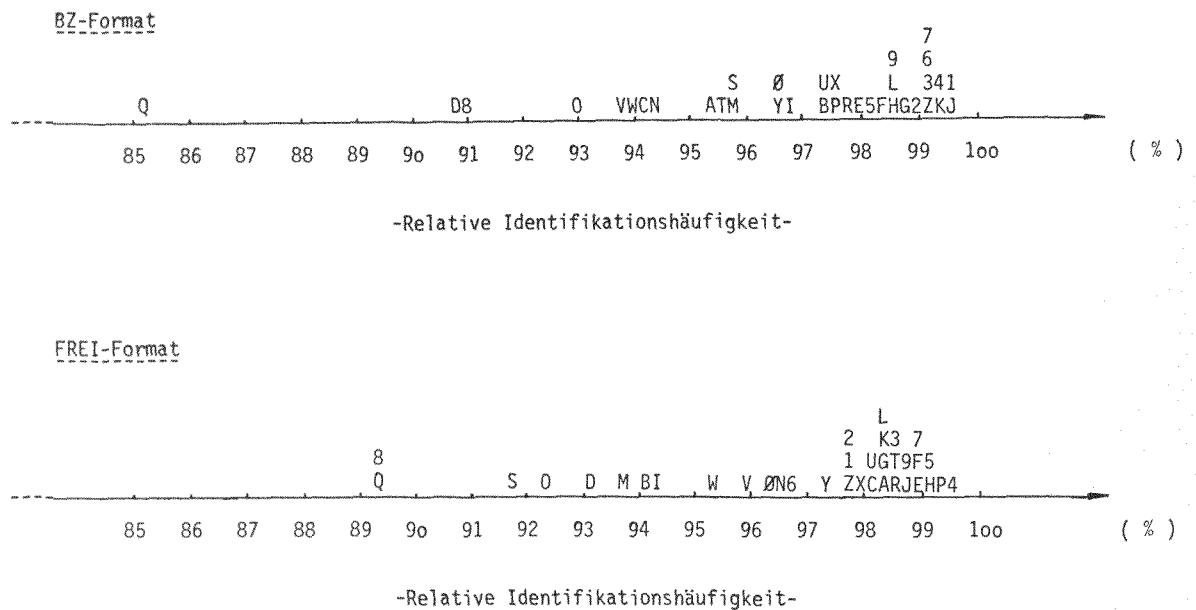


Abb. 38: Vergleich der relativen Identifikationshäufigkeiten alphanumerischer Zeichen in Abhängigkeit von der Textart

Es sei noch einmal darauf hingewiesen, daß nur ein geringer prozentualer Anteil aller angebotenen alphanumerischen Zeichen verwechselt wurde. Eine Übersichtsmatrix der 1260 Verwechslungsmöglichkeiten war in den Feldern außerhalb der Hauptdiagonale nur schwach besetzt (zu 30%). Die Häufung in diesen Feldern wiederum war sehr konzentriert, so daß es nur 49 Verwechslungsmöglichkeiten gab, in denen der Verwechslungsanteil nennenswert war (größer oder gleich 0,5%).

Anmerkung: Eine weiterführende theoretische Untersuchung der in Abb.38 dargestellten Rangfolge wäre in folgender Weise denkbar:

Eine Gegenüberstellung des zu lesenden Zeichens und des damit verwechselten Zeichens müßte in einem mathematischen Ausdruck münden, der die Punktverschiedenheit (mehr oder weniger Punkte zum Generieren des "Istzeichens") sowie eine Formverschiedenheit berücksichtigt (Punkte, die neu gesetzt werden müßten, ergeben einen Linienzug, der nah oder fern vom alten Linienzug des Sollzeichens entfernt liegt). Generell ließ sich feststellen, daß eine größere Formverwandtheit eine größere Verwechslungsrate bedingt. So z.B.:

Verwechslungs- häufigkeit (%) (FREI-Format)	Verwandschaftsgrad	Soll - Istzeichen	
0	mittel	6	B
0,2	"	B	6
0,4	groß	G	6
3,1	"	6	G

Gut nachvollziehbar war diese Überlegung mit Verwechslungshäufigkeiten größer oder gleich 0,8%. Da eine alles abdeckende Endaussage nicht gefunden werden konnte, muß davon ausgegangen werden, daß erst eine detailliertere Untersuchung unter Verwendung von Methoden der Mustererkennung z.B. im Rahmen eines Zeichensatzvergleiches zu den gewünschten Ergebnissen führen würde.

Ergänzt sei noch, daß manche Verwechslungen aufgrund einer Lautverfälschung protokolliert wurden, wie sie sich von Vp zu Vp allein schon durch die Mundart ergibt. Diese Unsicherheit blieb meist auch bei mehrmaligem Abhören des besprochenen Tonbandes. Es wurde dann von Fall zu Fall durch Vergleich mit weiteren Passagen aus dieser Sitzung entschieden.

3.8 Textlänge

3.8.1 Untersuchungsziel

Bot man den Vpn Texte verschiedener Länge an, so war anzunehmen, daß eine gegenseitige Beeinflussung der alphanumerischen Zeichen zu verschieden hohen Fehlerzahlen führen würde. Diese Fehlerhäufung hinsichtlich der Textlänge zu quantifizieren und bestimmte Verläufe darzustellen, sollte Aufgabe dieser Untersuchung sein.

3.8.2 Untersuchungsmethodik

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	(SV)
BILDART	BA	SV
TEXTART	TA	UV
TEXTLADUNG	TL	UV
FARBKOMBINATION	FK	SV
REIHENFOLGE	RF	SV
BELEUCHTUNG	BE	(SV)
LANGZEIT-KONDITION	LK	(SV)
KURZZEIT-KONDITION	KK	(SV)
AUSSPRACHE	AS	SV

ZUSAMMENSTELLUNG DER EINGANGSFAKTOREN DIESER UNTERSUCHUNG

Wie in Kapitel 2.4 bereits beschrieben, wurden in den durchgeführten Sitzungen zwei Textarten verwendet. Dies bedeutete, daß 12 hintereinanderfolgende Zeichenplätze in zufälliger (FREI) bzw. fester, alternierender (BZ) Folge mit Buchstaben und Ziffern besetzt waren. Als Beispiele hierfür dienen die Abb. 5 und 6 (Seite 11, 12).

Die gesamte Textlänge eines Leseschrittes war durch Punkte in drei Gruppen unterteilt, und zwar in eine Gruppe mit zwei Zeichen, sechs Zeichen und vier Zeichen.

Der Text der Leseschritte wurde im Rahmen dieser Untersuchung daraufhin bewertet, an welcher Stelle in Gesamtlänge bzw. Gruppe eine Verwechslung erfolgte.

Dazu wurde das Bezugszeichen dem ausgesprochenen Zeichen gegenübergestellt und ging bei Nichtübereinstimmung als ein Verwechslungsdatum in die beschreibende Statistik mit der Anmerkung, auf welchem Zeichenplatz es stand, ein. Wegen der unterschiedlichen Bewertung beider Textformate war hierbei nach BZ und FREI getrennt zu verfahren. Zur Datenaufstockung wurde der vierte Sitzungsteil vollständig einbezogen.

3.8.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

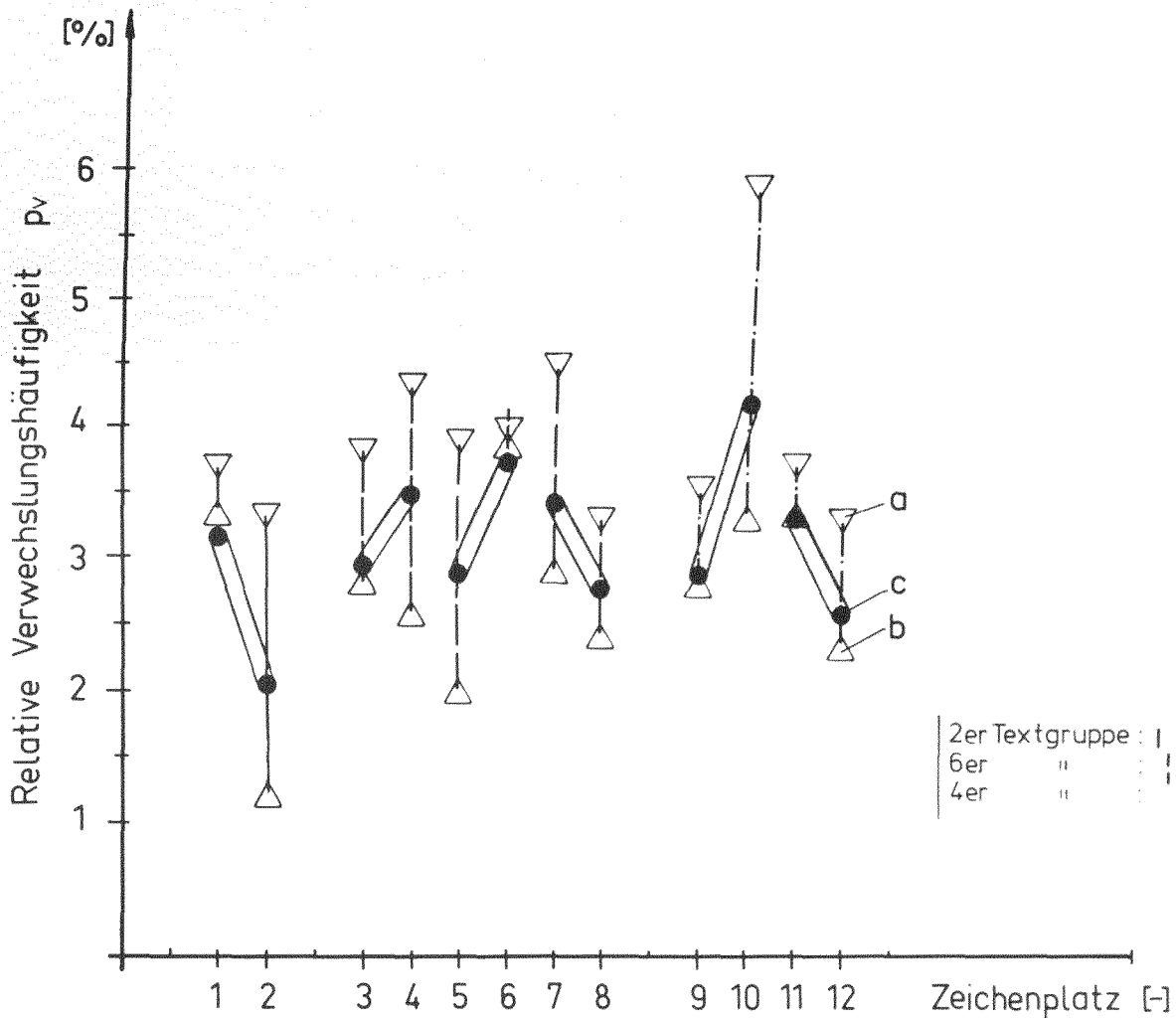


Abb. 39: Relative Verwechslungshäufigkeit im FREI-Format in Abhängigkeit vom Zeichenplatz für:

- a: die ersten (24) Sitzungen
- b: die letzten (24) Sitzungen
- c: alle Sitzungen (ca. 60 Sitzungen)

Erwartungsgemäß war die durchschnittliche Fehleranzahl beim FREI-Format größer als beim BZ-Format, da hier die Platzzuweisung an eine bestimmte Zeichenart, also Buchstabe oder Ziffer, den Wahlvorrat beschränkte.

Ebenfalls angebotsspezifisch ist das Ergebnis zu nennen, daß beim BZ-Format ein relativ hoher Verwechslungsanteil der Buchstaben vorlag. Um eine Vorstellung über die Verwechslungshäufigkeiten der alphanumerischen Zeichen zu geben, ist in Abb. 39 eine Darstellung für das FREI-Format gegeben, da es für die Praxis relevanter erscheint.

Sowohl beim Lese- als auch beim Sprechvorgang erfolgt der Informationsfluß sprunghaft in Schrittweiten von mehreren Elementen. Bereits in Vorversuchen zeigte sich der Vorteil einer Textgruppierung mit gerader Anzahl von Zeichen. Hierbei ist das Springen von einem Zeichen über den unmittelbaren Nachbarn hinaus durch Beibehaltung einer konstanten Sprungweite begünstigt. Bei BZ-Texten wurde das Springen zudem noch vom Textformat her unterstützt.

Die für die Aussprache gültige Sprungweite ist leicht meßbar und stellte sich in den Einführungssitzungen sehr bald auf zwei Zeichen ein, bei gut lesbaren Texten verschliffen zur 12er-Kette, bei schwer lesbaren Texten aufgelöst zum Einzelzeichen. Obwohl noch Vp-spezifische Aspekte prägend hinzukommen, gilt diese Aussage durchgängig für das gesamte Experiment.

Abb.39 zeigt hinsichtlich der platzbezogenen Verwechslungshäufigkeiten drei gutweisende Endgruppen, die beste am Textanfang, und drei schlechtweisende Anfangs- bzw. Mittelgruppen, die schlechteste am Textende. Obwohl hieraus Schlußfolgerungen für die Praxis denkbar wären, ist eine detailliertere Untersuchung hier nicht möglich, sie kann im Rahmen eines weiteren Experimentes nur im Vergleich mit anderen Textformaten erfolgen.

3.9 Beleuchtung

3.9.1 Untersuchungsziel

Das Ziel der Untersuchung "Beleuchtung" bestand in der Bewertung der von den Vpn im Versuchsraum gewählten Beleuchtungsverhältnisse und der Abklärung der Frage, ob hierbei ein tageszeitlicher Einfluß mitwirkte.

3.9.2 Untersuchungsmethodik

Bei der Versuchsdurchführung war es der Versuchsperson überlassen, die Versuchsraumbeleuchtung nach ihrem Empfinden einzustellen. Vor Beginn einer jeden Sitzung befanden sich die Lichtsteller in Mittel - bzw. als Erfahrungswerte vorlagen - in einer Vp-untypischen Stellung.

FAKTORBEZEICHNUNG	KURZZEICHEN	ART DES FAKTORS
TAGESZEIT	TZ	UV
BILDART	BA	(SV)
TEXTART	TA	(SV)
TEXTLADUNG	TL	(SV)
FARBKOMBINATION	FK	(SV)
REIHENFOLGE	RF	(SV)
BELEUCHTUNG	BE	UV
LANGZEIT-KONDITION	LK	SV
KURZZEIT-KONDITION	KK	SV
AUSSPRACHE	AS	(SV)

Es war zu erwarten, daß bei optimaler Beleuchtungseinstellung für die Vp in der Einleitungsphase Veränderungen während der Sitzung kaum vorgenommen wurden. Der die längste Zeit über eingestellte Beleuchtungsstärkewert wurde protokolliert und erschien in der beschreibenden Statistik. Die so erstellte deskriptive Statistik wies dann das Beleuchtungsprofil des Raumes einer jeden Sitzung nach Versuchspersonen aufgeschlüsselt aus und war auf obige Zielsetzung hin zu untersuchen.

Für die Teiluntersuchung, ob eine tageszeitliche Beeinflussung des Einstellverhaltens erkennbar war, bedienten wir uns der Zuordnung der auf den Beleuchtungsstärkemittelwert relativierten Beleuchtungsstärken zu der Tageszeit, in der die Sitzung stattfand. Um eine interpretierbare Kurve zu erhalten, wurde ein Mittlungsprogramm (Kap. 3.4.2 , gleitender arithm. Mittelwert; Pfanzagl /4/) mit anschließender Glättung auf diese Daten angewandt.

Zu den Versuchsraumgegebenheiten sei auf Kapitel 2.1 hingewiesen und ergänzt, daß der um ca. 5° angehobene Monitor eine Blende gegen einfallendes Licht der Raumbeleuchtung besaß, welches sonst auf der nichtentspiegelten Bildschirmfläche sehr gestört hätte. Ferner war das Pult in mattschwarz und die Tischfläche in "sepiabraun" gestrichen, um eine Störung der Versuchsperson durch Reflexionen zu verhindern. Der ansonsten in Grau gehaltene fensterlose Versuchsraum kam dieser Bestrebung entgegen.

Die Helligkeits-, Chroma- und Kontrastwerte des Farbmonitors wurden zu allen Sitzungen fest vorgegeben.

Abb.40 (Seite 66) zeigt die maximal einstellbaren Beleuchtungsstärkeprofile des Versuchsraumes je nach Leuchtenzuschaltung .

3.9.3 Untersuchungsergebnisse und Diskussion

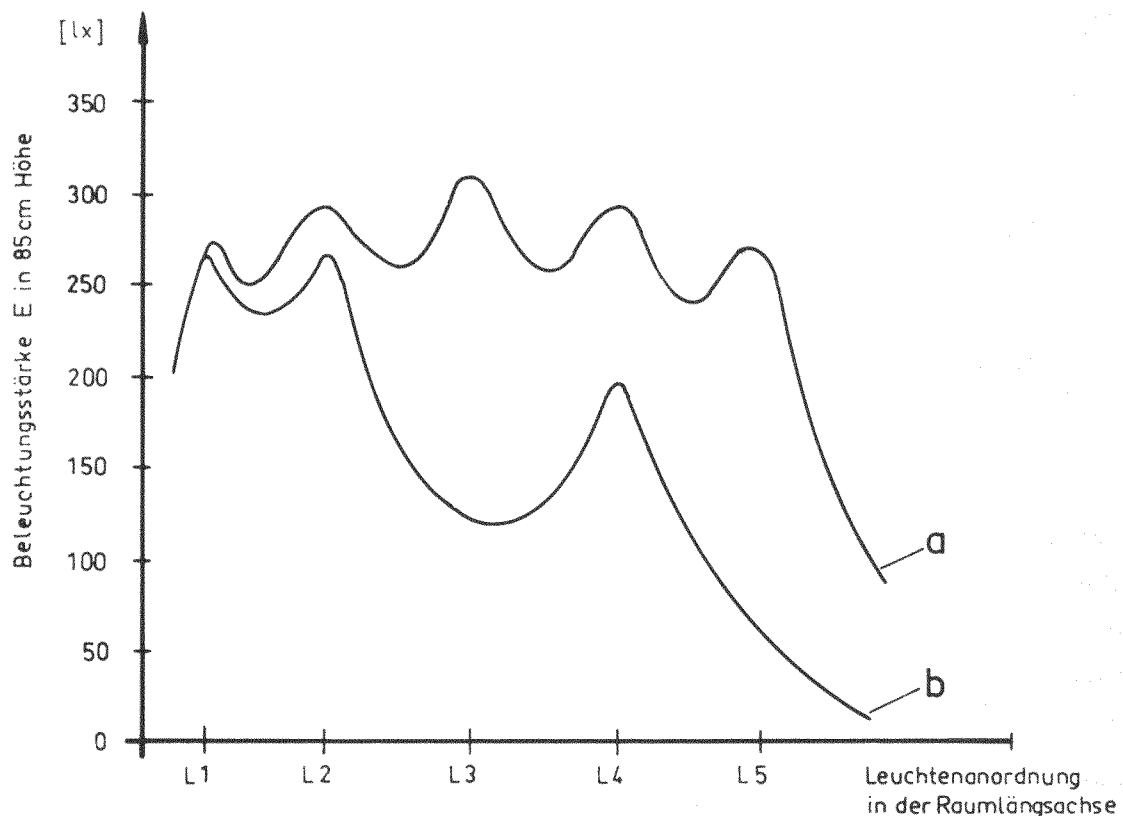


Abb. 40: Maximal einstellbare Profile der Beleuchtungsstärke in der Längsachse des Versuchsraumes

- a: bei fünf eingeschalteten Leuchten
- b: bei drei eingeschalteten Leuchten

Die Auswertung der deskriptiven Statistik der gewählten Beleuchtungsstärkewerte ergab das in Abb. 41 (Seite 67) dargestellte gemittelte Profil. Interessant erscheinen hier besonders die zwischen ihren Grenzen tatsächlich gewählten Einstellbereiche.

Aus Abb. 41 ist entnehmbar, daß die Vpn bei der Erfüllung der Aufgabe "Lesen von Displayinformationen in Farbe auf ca. 2 m Distanz" mit im Mittel fast gleichen Beleuchtungsstärkewerten an Pult und Display arbeiteten.

Nach DIN 5035 (Blatt 1) /12/ sollen die Flächenhelligkeiten (Leuchtdichten) im Blickfeld ein Verhältnis zwischen 3:1 bis 1:3 bilden. Diese, im Verlauf des Experimentes sich bestätigende Aussage, führte durch einen gleitenden Leuchtdichteübergang vom Zielort Monitor zu den benachbarten Gesichtsfeldzonen zu einer leichteren Adaption der Vpn.

Die Darstellung der tageszeitlich abhängigen Beleuchtungswerte erfolgt in Abb. 42 (Seite 67), überlagert mit der zeitlich geprägten Gütekurve aus Abb. 30 (Seite 42).

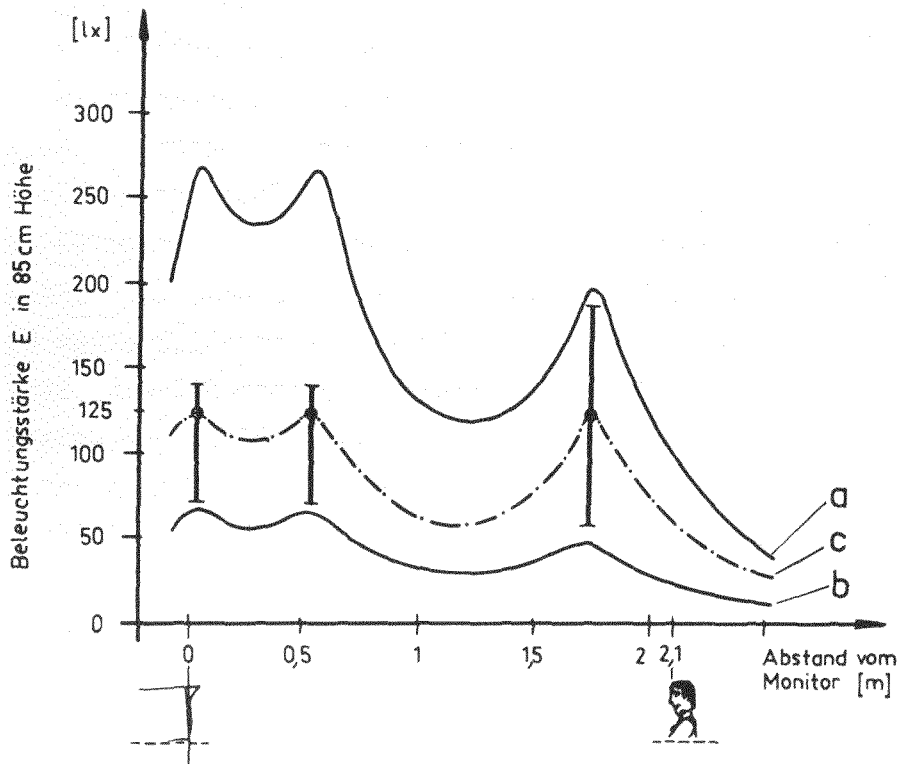


Abb. 41: Beleuchtungsstärkeprofil in der Längsachse des Versuchsraumes bei drei eingeschalteten Leuchten
 a: maximale Einstellmöglichkeit
 b: minimale Einstellmöglichkeit
 c: mittlere Einstellung mit Angabe des tatsächlichen Einstellbereichs über alle Sitzungen ($\bar{E}$)

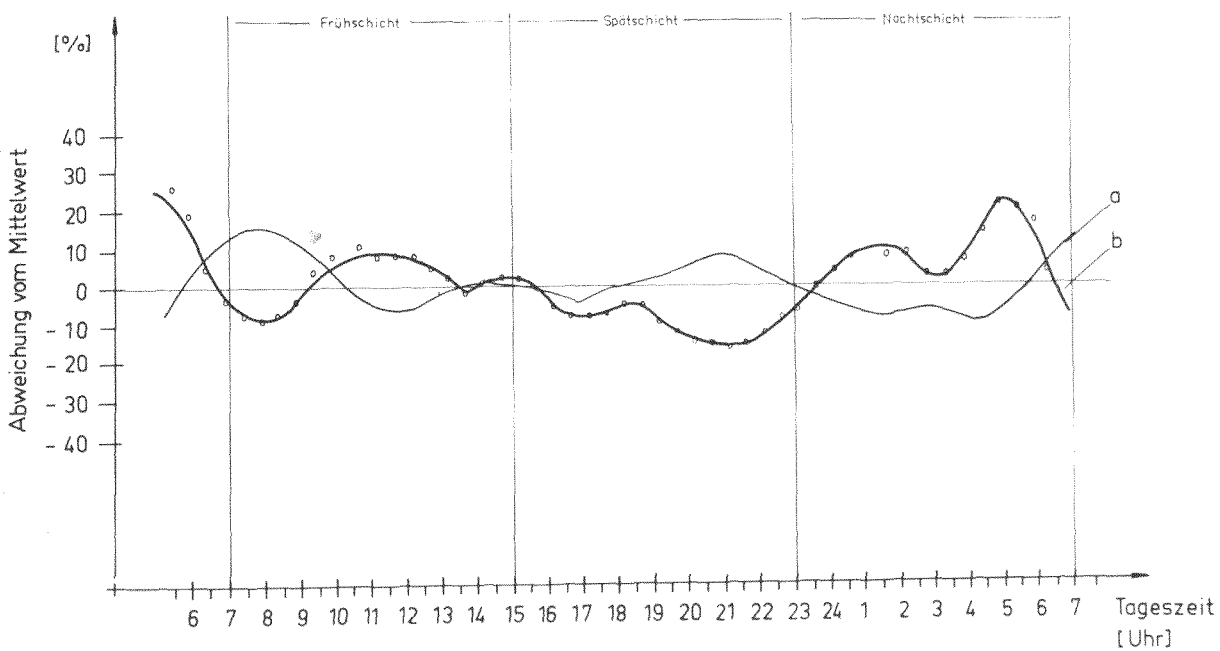


Abb. 42: Gegenüberstellung biorhythmisch geprägter Experimentergebnisse, jeweils mit Ausgleichspolynom 3. Grades geglättet
 a: Gemittelte Identifikationsgüte nach Abb.30, Seite 42
 b: Relative Beleuchtungsstärke $E_r = (E / \bar{E}) - 1$

Die Gegenüberstellung der gewählten Beleuchtungsstärke und der Identifikationsgütekurve aus der vorgelagerten Untersuchung "Biorhythmik" in Abb. 42 (Seite 67) ließ eine Gegenläufigkeit der Kurven erkennen, welche sich in mancher Beziehung mit Angaben aus der Literatur deckt. So wurde z.B. durch W. Riemenschneider in /10/ ein reziproker Zusammenhang zwischen eingestellter Beleuchtungsstärke und physiologischer Leistungsbereitschaft nachgewiesen. Es muß jedoch bei genauerer Betrachtung beachtet werden, daß während der Sitzungen keine Sehaufgaben am Pult oder im allgemeinen Raumbereich zu erfüllen waren, die Raumbeleuchtung also eher als eine Störvariable anzusehen war. Diese "Störung" wurde in vielschichtiger Weise subjektiv empfunden, sie kann also auch nicht direkt mit der Motivation korrelieren. Somit ist die nicht vollständige Deckung mit den über die Auswertung der Pausenlängen gefundenen Schlußfolgerungen (Seite 43, zu Abb.27) erklärlich.

Zu den ermittelten Beleuchtungsstärkewerten sei noch gesagt, daß ihre relativ niedrigen Luxwerte auf die spezielle Aufgabenstellung (Lesen einer selbstleuchtenden Schrift) zurückzuführen sind. Die Alleinigkeit dieser Aufgabe steht teilweise im Gegensatz zur Wartentätigkeit, wo z.B. das handschriftliche Protokollieren, das Ablesen kleiner Zeigerinstrumente, das Lesen von Protokollen und vieles andere mehr die Notwendigkeit eines hohen Beleuchtungslevels rechtfertigen.

4. Literaturhinweis

- /1/ W. D. Keidel:
Sinnesphysiologie, Teil 1
Springer Verlag Berlin, Heidelberg, New York 1971

- /2/ M. Häusing:
Gestaltungsrichtlinien für Bildschirmarbeitsplätze mit
Rastersichtgeräten
Bericht Nr. 26 1975
Forschungsinstitut für Anthropotechnik, Meckenheim/Bonn

- /3/ E. Kreyszig:
Statistische Methoden und ihre Anwendungen
4. Auflage 1972
Vandenhoeck und Ruprecht, Göttingen

- /4/ J. Pfanzagl:
Allgemeine Methodenlehre der Statistik I
Sammlung Götschen Bd. 5746
W. de Gruyter, Berlin, New York 1972

- /5/ O. Graf; R. Pirtkien; J. Rutenfranz; E. Ulrich:
Nervöse Belastung im Betrieb
1. Teil: Nachtarbeit und nervöse Belastung
Bericht Nr. 530 1958
Forschungsbericht des WuV-Ministeriums Nordrhein-Westfalen
Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen

- /6/ W. J. Mc Kinnon:
Table for the sign test and distribution-free confidence
intervals of the median for sample sizes to 1,000
University of Arizona
American Statistical Association Journal, Sept. 1964

- /7/ R. Kaiser; G. Gottschalk:
Elementare Tests zur Beurteilung von Meßdaten
1972
Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich
- /8/ J. M. Diehl; H. U. Kohr:
Durchführungsanleitungen für statistische Tests
Beltz-Monographien: Psychologie (1977)
Beltz Verlag Weinheim, Basel
- /9/ F. Attneave:
Informationstheorie in der Psychologie
3. Auflagen 1974
Verlag H. Huber Bern, Stuttgart, Wien
- /10/ W. Riemenschneider:
Beleuchtungsstärken für Arbeitsräume
Bulletin des Schweiz. E-techn. Vereins (SEV)
58 (1967) H. 1, S. 19-25
- /11/ K. Küpfmüller:
Informationsverarbeitung durch den Menschen
NTZ, Heft 2 - 1959 DK 621.391
- zitiert in rtp, Heft 7 - 1974 : K. Etschberger
und R. Zimmermann : Eigenschaften und Fähigkeiten
des Menschen für seinen Einsatz in Prozeßwarten
- /12/ DIN 5035 Blatt 1
Innenraumbeleuchtung mit künstlichem Licht
-allgemeine Richtlinien-
Januar 1972
- /13/ K. Küpfmüller:
Grundlagen der Informationstheorie und der Kybernetik
(in "Allgemeine Neurophysiologie", Verlag Urban & Schwarzenberg, 1974)