

Empirische Untersuchungen zum Einsatz von Farbe bei Benutzungs- und Bedienoberflächen

Citation for published version (APA):

Rauterberg, G. W. M. (1992). Empirische Untersuchungen zum Einsatz von Farbe bei Benutzungs- und Bedienoberflächen. In D. Kroemker, & J. Roehrich (Eds.), *Farbe und Kommunikation : Fachgespräch : Tagungsband* (pp. 93-107). Fraunhofer-Institut.

Document status and date:

Published: 01/01/1992

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of Record (includes final page, issue and volume numbers)

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Empirische Untersuchungen zum Einsatz von Farbe bei Benutzungs- und Bedienoberflächen

Matthias Rauterberg*

Institut für Arbeitspsychologie (IfAP)
Eidgenössische Technische Hochschule (ETH)
Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich, Schweiz

Schlüsselbegriffe: benutzungsorientierter Benchmarktest, Farboberfläche, Softwareergonomie
Keywords: user-oriented benchmark test, color display, software ergonomics

Zusammenfassung

Die Effekte von farbigen Benutzungsoberflächen zur realitätsgerechten Objektdarstellung, zur Transparenz räumlicher Vorstellungen und zur Unterstützung handlungsorientierter Dialogstrukturen wurden mit drei benutzungsorientierten Benchmarktests getestet. Sobald Farbe zur unmittelbaren Handlungssteuerung eingesetzt wird, ergeben sich klar nachweisbare Vorteile für den Einsatz von Farbe bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen. Vollständig freie individuelle Farbwahl führt auf der Grundlage einer empirischen Vergleichsstudie zu ergonomisch nicht sinnvollen Konfigurationen. Umfrageergebnisse zeigen, daß die meisten Benutzer die Standardfarbeinstellung individuell abändern. Ein Regelsatz zur Bewertung der ergonomischen Qualität von farbigen Oberflächen wird vorgestellt. Gestaltungsvorschläge für den Farbeinsatz werden diskutiert.

1. Farbe zur Erhöhung der Transparenz

Farbe läßt sich zu verschiedenen Zwecken bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen verwenden: zur Darstellung von "realitätsgerechten" Anwendungsobjekten, zur Aufmerksamkeitssteuerung bei der Dialoggestaltung, zur Animation von "normalen" Ein/Ausgabeschnittstellen, etc. Im großen und ganzen wird "Farbe" ein hilfreiches Gestaltungselement werden, bzw. ist es schon heute. Dennoch ist abzuklären, unter welchen spezifischen Einsatzkontexten Farbe mit welchen Effekten eingesetzt werden kann.

1.1. Farbe zur realitätsgerechten Objektdarstellung bei Simulationsprogrammen

In einer experimentellen Vergleichsstudie (Baumgartner, Bauer & Messmer 1991) wurde versucht herauszufinden, welchen Einfluß die Farbgebung der Anwendungsobjekte (Häuser, Strassen, Flüsse, etc.)

* Der vorliegende Beitrag entstand im Rahmen des Forschungsprojekt BOSS - Benutzer-orientierte Softwareentwicklung und Schnittstellengestaltung (Förderkennzeichen 01 HK 706-0), das vom BMFT (AuT-Programm) gefördert wird.

beim Umgang mit dem Simulationsprogramm SIMCITY (Wright 1989) ausübt. SIMCITY ist ein Computersimulationsspiel, bei dem der Benutzer die Rolle eines Bürgermeisters einnimmt und aufgefordert ist, eine sich entwickelnde Stadt unter Echtzeitbedingungen zu regieren. Dazu stehen dem Benutzer ein begrenztes Budget zur Verfügung und eine Reihe von Einflußmöglichkeiten, deren Anwendung mit unterschiedlichen Kosten verbunden ist.

Die Untersuchung wurde auf einem Olivetti-PC durchgeführt (Olivetti M380/C, Monitor: Olivetti color Modell CDU 1431/HA21, CGA-Modus). Es wurden zwei Benutzergruppen mit je 8 Testteilnehmern gebildet. Diese 16 Benutzer wurden gebeten, innerhalb von jeweils zwei Spieldurchgängen (pro Spieldurchgang 30 min.) eine Stadt mit möglichst vielen und zufriedenen Einwohnern aufzubauen. Acht BenutzerInnen (Gruppe-MC: 2 Frauen, 6 Männer; durchschnittlich 21.6 ± 1.1 Jahre) begannen mit der monochrom Version von SIMCITY (30 min. Spieldauer) (siehe Abb. 1) und wechselten dann auf die Farbversion (30 min. Spieldauer) (siehe Abb. 2). Die anderen 8 BenutzerInnen (Gruppe-CM: 2 Frauen, 6 Männer; durchschnittlich 22.8 ± 1.0 Jahre) fingen mit der Farbversion an und wechselten dann auf die monochrom Version. Bei beiden Spieldurchgängen begannen alle Benutzer wieder bei dem gleichen Startzustand.

Zur Kontrolle wurden folgende Variablen erhoben: Alter, Geschlecht, EDV-Vorerfahrung hinsichtlich verschiedener Aspekte (Computersysteme, grafische Oberflächen, mono/color Bildschirme, Computerspiele, Simulationsprogramme, SIMCITY, Spielautomaten), sowie Farb-/Sehschwäche. Zur Erfassung der mentalen Belastung wurde die Eigenzustandsskala (Apenburg 1986) vor dem ersten Spieldurchgang, zwischen dem ersten und zweiten, sowie nach dem zweiten Spieldurchgang eingesetzt.

Als abhängige Meßgrößen wurden erhoben: der Spielzustand als Performanzmaß und die subjektive Beurteilung. Der Spielzustand wurde über das Schätzungsfenster ("evaluation window") zur Halbzeit und am Ende der beiden Spieldurchgänge abgelesen und setzt sich unter anderem aus den folgenden Parametern zusammen: Anzahl Einwohner ("population"), die öffentliche Meinung ("public opinion"), Nettoübersiedlung ("net migration"), Gesamtwert ("current score"). Der subjektive Beurteilungsbogen bestand aus 11 fünf-stufigen monopolen Ratingskalen zu unterschiedlichen Eigenschaften der Ein/Ausgabeschnittstelle, der Dialogstruktur, sowie der Anwendungskomponente und wurde nach dem ersten und nach dem zweiten Spieldurchgang vorgelegt.

Die Skala "Anstrengungsbereitschaft" des Eigenzustandsbogens unterteilt nach den drei Messzeitpunkten und den beiden Gruppen ergibt folgendes Bild für den Skalenmittelwert (\pm Standardabweichung):

Mittelwerte der ...	Ausgangslage	nach dem 1. Spieldurchgang	nach dem 2. Spieldurchgang
Gruppe-MC	20.4 \pm 4.3	23.5 \pm 4.7 mono	20.4 \pm 7.4 color
Gruppe-CM	23.1 \pm 6.0	23.2 \pm 5.6 color	19.6 \pm 7.9 mono

Daraus ergeben sich die folgenden Differenzwerte für die beiden Spieldurchgänge, wobei die Anstrengungsbereitschaft der Gruppe-MC nach dem ersten Spieldurchgang zunimmt, während dies für die Gruppe-CM nicht im gleichen Ausmaß zutrifft. Obwohl man zunächst annehmen könnte, daß durch die Aufgabenbearbeitung die Anstrengungsbereitschaft abnehmen müßte, läßt sich der oft beobachtbare,

umgekehrte Effekt dadurch erklären, daß die meisten Testteilnehmer vor Beginn der Testung in der Regel aufgeregt sind, weil sie nicht einschätzen können, was im einzelnen auf sie zukommt. Nach der ersten Aufgabebearbeitungsphase spiegelt sich dann die Erleichterung der Testteilnehmer in einem Anstieg der Skalenwerte des Eigenzustandsbogens wider. Nach dem zweiten Spieldurchgang nimmt dann erwartungsgemäß bei beiden Gruppen die Anstrengungsbereitschaft ab:

Differenzwerte der ...	nach dem 1. Spieldurchgang		nach dem 2. Spieldurchgang	
Gruppe-MC	3.1 ± 3.8	mono	-3.1 ± 4.1	color
Gruppe-CM	0.1 ± 2.7	color	-3.6 ± 5.4	mono

Die Varianzanalyse mit Messwiederholung auf dem Faktor "Gruppe" ergibt eine signifikante Wechselwirkung "Oberfläche x Gruppe", welche auf den praktisch fehlenden Anstieg der Anstrengungsbereitschaft nach dem ersten Spieldurchgang der Gruppe-CM rückführbar ist:

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	0.12	0.733
Gruppe (MC vs CM)	1	2.12	0.169
Oberfläche x Gruppe	1	6.24	0.027

Für die Skalen "Erholtheit" und "Selbstbewußtsein" des Eigenzustandsbogens ergibt sich ein ähnliches Bild.

Bis auf die abhängige Variable Nettoübersiedlung ergaben sich für die einzelnen Meßgrößen des Spielzustandes keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Testbedingungen. Für die Variable Nettoübersiedlung ("net migration"; positive Werte bedeuten Wachstum, negative Werte einen Rückgang der Bevölkerung) wurden folgende Werte gemessen:

Mittelwerte für "Nettoübersiedlung"	1. Spieldurchgang		2. Spieldurchgang	
	15. Minute	30. Minute	15. Minute	30. Minute
Gruppe-MC	540 ±879	1055 ±594	1540 ±1167	98 ±640
Gruppe-CM	988 ±465	478 ±997	1395 ±844	1002 ±1231

Die Mittelwerte für die Variable "Nettoübersiedlung" zusammengefaßt für die beiden Oberflächen (mono: 998 vs. color: 776; siehe die folgende Tabelle) zeigen einen statistisch als bedeutsam nicht nachweisbaren Vorteil für die monochrome Oberfläche:

Mittelwerte für ...	15. Minute	30. Minute	Insgesamt
monochrome Oberfläche	967 ±942	1029 ±934	998
color Oberfläche	1234 ±904	288 ±832	776
Insgesamt	1116	658	887

Die 3-faktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung auf den Variationsfaktoren "Gruppe" und "Zeitpunkt" ergibt nur einen signifikanten Unterschied für den Faktor "Zeitpunkt"; dies heißt, daß alle Testteil-

nehmer nach der 30. Spielminuten eine signifikant geringere Nettoübersiedlung für die von ihnen "regierte" Stadt aufweisen können als nach der 15. Spielminute.

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	0.94	0.349
Gruppe (MC vs CM)	1	0.55	0.471
Oberfläche x Gruppe	1	1.13	0.307
Zeitpunkt (15.min vs 30.min)	1	6.62	0.022
Gruppe x Zeitpunkt	1	0.00	0.972
Oberfläche x Zeitpunkt	1	3.93	0.670
Oberfläche x Gruppe x Zeitpunkt	1	3.09	0.101

Es ergibt sich somit kein statistisch nachweisbarer Vorteil bei den Performanzmaßen für eine der beiden Benutzungsoberflächen. Anders sieht es jedoch bei den Maßen für die subjektive Beurteilung aus. Wenn man die subjektiven Urteile als sehr sensible Indikatoren für die zu erwartenden Effekte ansieht, so kann man mit ihnen Effektstärken in einer Größenordnung messen, welche im Performanzbereich deutlich größere Stichproben erfordern würden. Es zeigen sich bei drei der 11 subjektiven Ratingskalen eine statistisch bedeutsame Überlegenheit zugunsten der Farboberfläche:

Skala [1=stimmt nicht ... 5=stimmt völlig]	mono	color	df	F	alpha-Fehler
"Das Spielfeld ist übersichtlich"	2.7	4.4	1	42.9	0.001
"Ich hatte keine Probleme beim Suchen"	2.9	4.3	1	15.4	0.002
"Die Zonen liessen sich klar unterscheiden"	3.5	4.5	1	6.82	0.021

Der klar nachweisbare Vorteil der Farbversion tritt also bei der subjektiven Beurteilung auf. Eine generelle Zu-, bzw. Abnahme bei der mentalen Beanspruchung bedingt durch den Faktor "Oberfläche" konnte nicht aufgezeigt werden. Eine mögliche Erklärung dafür, daß sich die subjektiv erlebten Vorteile der Farboberfläche nicht auch im Verhaltensbereich aufweisen lassen, kann darin begründet sein, daß die abhängigen Meßgrößen einer zu starken Störvarianz seitens des komplexen Simulationsprogrammes unterworfen sind. Um nun den Schwierigkeiten der Meßgenauigkeit der Performanzparameter bei einem komplexen Simulationsprogramm aus dem Wege zu gehen, wurde ein weiteres Experiment mit dem gleichen Testdesign durchgeführt; diesmal jedoch mit dem konzeptionell einfachen Geschicklichkeitsspiel TETRIS, welches primär auf der schnellen adäquaten Wahrnehmung zweidimensionaler Muster basiert.

1.2 Farbe zur Unterstützung benutzergerechter räumlicher Vorstellungen

In dieser experimentellen Vergleichsstudie (Loeliger et al. 1991) wurden die schwarz-weiß Version des Computerspiels TETRIS (Pazhitnov 1988) (siehe Abb. 3) mit der farbigen Oberfläche von TETRIS (siehe Abb. 4) verglichen. Um dem Farbeffekt ein möglichst große Chance einzuräumen, entschieden wir uns für die zweidimensionale Darstellung der einzelnen Figuren, bei der die Farbe zur Erhöhung der

Redundanz bei der Identifikation der einzelnen Spielsteine dient: 1. wird der geometrische Typ des einzelnen Spielsteins eindeutig durch seine Form codiert, 2. durch sein Muster und 3. zusätzlich bei der Farbversion eindeutig über seine Farbe.

Die Untersuchung wurde auf einem Macintosh-IIx durchgeführt (Apple Color High-Resolution RGB Monitor Modell MO401Z; 256 Farben). Es wurden wiederum 16 BenutzerInnen gebeten, innerhalb von insgesamt zwei Spieldurchläufen möglichst viele "vollständige Zeilen" ("lines") herzustellen. Jede Spielphase bestand aus drei Spieldurchgängen von jeweils 5 Minuten Spieldauer, welche sich durch aufsteigend schwieriger werdende Spielstufen (Level: 1, 3 und 5) auszeichneten. Innerhalb der 5 Minuten eines Spieldurchganges konnten die TestteilnehmerInnen beliebig oft mit dem Spiel neu beginnen. Gruppe-MC bestand aus 8 BenutzerInnen (3 Frauen, 5 Männer; 22.8 ± 1.1 Jahre), welche zuerst mit der schwarz-weiß Version (3 Spieldurchgänge à 5 min.) begannen und dann auf die Farbversion (3 Spieldurchgänge à 5 min.) wechselten. Gruppe-CM bestand ebenfalls aus 8 BenutzerInnen (5 Frauen, 3 Männer; 22.0 ± 0.8 Jahre), welche mit der Farbversion anfangen und dann auf die schwarz-weiß Version wechselten. Bei allen 6 Spieldurchgängen begann jeder Benutzer wieder bei dem gleichen Startzustand.

Zur Kontrolle wurden folgende Variablen erhoben: Alter, Geschlecht, EDV-Vorerfahrung hinsichtlich verschiedener Aspekte (Computersysteme, Programmiersprachen, grafische Oberflächen, mono/color Bildschirme, Computerspiele, TETRIS), sowie Farb-/Sehschwäche. Zur Erfassung der mentalen Belastung wurde die Eigenzustandsskala (Apenburg 1986) vor der ersten Spielphase, zwischen der ersten und zweiten, sowie nach der zweiten Spielphase eingesetzt.

Als abhängige Meßgrößen wurden erhoben: der Spielzustand als Performanzmaß ("number of lines") und die subjektive Beurteilung nach jeder Spielphase. Der subjektive Beurteilungsbogen bestand aus 7 fünf-stufigen monopolen Ratingskalen zu unterschiedlichen Eigenschaften der Ein/Ausgabeschnittstelle, der Dialogstruktur, sowie der Anwendungskomponente und wurde nach der ersten und nach der zweiten Spielphase ausgefüllt.

Die Differenzwerte für die Skala "Anstrengungsbereitschaft" des Eigenzustandsbogens unterteilt nach den beiden Spielphasen und den beiden Gruppen ergeben folgendes Bild für den Skalenmittelwert (\pm Standardabweichung):

Mittelwerte der ...	nach der 1.Spielphase		nach der 2.Spielphase	
Gruppe-MC	1.0 \pm 2.1	mono	-1.6 \pm 2.0	color
Gruppe-CM	0.4 \pm 2.3	color	-0.6 \pm 2.2	mono

Die Anstrengungsbereitschaft beider Gruppen nimmt nach der ersten Spielphase zu. Die Anstrengungsbereitschaft für die Gruppe-MC nimmt nach der zweiten Spielphase ("color") jedoch stärker ab, als diejenige der Gruppe-CM unter der Testbedingung "mono". Dies bedeutet, daß sich die TestteilnehmerInnen mit dem Farbbildschirm nach der zweiten Spielphase stärker beansprucht fühlten, als diejenigen mit dem monochrom Schirm. Diese Interpretation ergibt sich aus der 2-faktoriellen Varianzanalyse, bei der sich eine signifikante Wechselwirkung "Oberfläche x Gruppe" zeigt:

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	1.10	0.310
Gruppe (MC vs CM)	1	0.06	0.810
Oberfläche x Gruppe	1	5.50	0.030

Ein recht ähnliches Bild ergibt sich auch für die beiden Skalen "Spannungslage" und "Stimmungslage" des Eigenzustandsbogens.

Bei dem Performanzmaß "Anzahl vollständige Zeilen" ergibt sich kein statistisch bedeutsamer Vorteil für eine der beiden Oberflächen. Es läßt sich jedoch eine signifikante Wechselwirkung "Oberfläche x Gruppe" finden. Diese Wechselwirkung bedeutet, daß sich zwar die beiden Gruppen (Gruppe-MC: 11.6 Zeilen bei "mono"; Gruppe-CM: 12.6 Zeilen bei "mono") während der jeweiligen Spielphase mit der monochromen Oberfläche praktisch nicht unterscheiden, sich aber die Gruppe-MC in der Spielphase mit der farbigen Oberfläche (16.0 Zeilen bei "color") deutlich von der Gruppe-CM (11.6 Zeilen bei "color") abhebt, so als ob die TestteilnehmerInnen der Gruppe-MC beim Übergang von der monochromen zur farbigen Oberfläche einen Aktivitätsschub erfahren haben. Die damit einhergehende Beanspruchung spiegelt sich dann auch in den Werten des Eigenzustandsbogens wider.

Mittelwerte für "Anzahl Zeilen"	1. Spielphase			2. Spielphase		
	Stufe-1	Stufe-3	Stufe-5	Stufe-1	Stufe-3	Stufe-5
Gruppe-MC	10.5±6.2	10.6±6.8	13.8±5.9	16.8±4.7	15.3±7.1	16.0±9.6
Gruppe-CM	9.9±7.0	11.1±8.5	13.8±8.1	12.8±7.2	13.5±7.0	12.1±7.5

In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte (\pm Standardabweichung) der Variablen "Anzahl vollständige Zeilen" zusammengefaßt nach Oberflächentyp angegeben:

Mittelwerte für ...	Stufe-1	Stufe-3	Stufe-5	Insgesamt
monochrome Oberfläche	11.6 \pm 6.6	12.1 \pm 6.8	12.9 \pm 6.6	12.2
color Oberfläche	13.3 \pm 6.8	13.2 \pm 7.8	14.9 \pm 8.7	13.8
Insgesamt	12.5	12.6	13.9	13.0

Die folgende Tabelle enthält die Ergebnisse der 3-faktoriellen Varianzanalyse mit Meßwiederholung auf den Variationsfaktoren "Oberfläche" und "Spielstufe":

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	2.64	0.126
Gruppe (MC vs CM)	1	0.29	0.598
Oberfläche x Gruppe	1	8.21	0.012
Spielstufe (1 vs 3 vs 5)	2	1.08	0.354
Gruppe x Spielstufe	2	0.34	0.714
Oberfläche x Spielstufe	2	0.08	0.927
Oberfläche x Gruppe x Spielstufe	2	2.15	0.135

Es ergab sich somit kein statistisch nachweisbarer Vorteil bei dem Performanzparameter für die Farbversion. Der nachweisbare Vorteil der Farbversion tritt jedoch wiederum bei der subjektiven Beurteilung auf.

Skala [1=stimmt nicht ... 5=stimmt völlig]	mono	color	df	F	alpha-Fehler
"Das Spielfeld ist übersichtlich"	4.2±0.7	4.5±0.5	1	4.1	0.063
"Form der Spielsteine ist schnell erkennbar"	4.1±0.7	4.6±0.5	1	5.4	0.035

Offenbar ist der Vorteil von Farbe im Performanzbereich so klein, daß er mit einer Stichprobengröße von 16 Benutzern nicht gemessen werden kann. Eine andere Interpretation der Ergebnisse kann darin gesehen werden, daß die Verwendung von Farbe bei den beiden bisher vorgestellten Untersuchungen nicht unmittelbar die Benutzbarkeit in einem handlungstheoretischen Sinne beeinflusst. Um diesem Aspekt nachgehen zu können, wurde das folgende Experiment durchgeführt.

1.3 Farbe zur Unterstützung handlungsorientierter Dialogstrukturen

Ein HyperCard-Stack (HyperCard 1.01) über "ornitologisches Wissen" (Lynch 1988; englische Fassung) wurde nach SuperCard 1.5 portiert, um ihn mit Farbe ausstatten zu können (Cotting & Kohli 1991). Dieser Stack hat eine HyperText-Benutzungsoberfläche. Alle maus-sensitiven Buttons lassen sich bei der monochrom Version (HyperCard) mit der Tastenkombination "command+option" sichtbar machen. Bei der color Version (SuperCard) wurden dagegen alle zusammengehörigen maussensitiven Bereiche mit demselben, transparenten Farbton und nicht zusammengehörende Bereiche mit unterschiedlichen Farben versehen. Hierdurch wurde erreicht, daß der Benutzer unmittelbar alle möglichen, handlungsleitenden Dialogfortsetzungen wahrnehmen konnte.

In dieser experimentellen Untersuchung wurden 12 Benutzer gebeten, innerhalb von insgesamt zwei Aufgabenserien mit jeweils maximal 20 Fragen möglichst viele dieser Fragen über das ornitologische Wissensgebiet zu beantworten. Für jede Aufgabenserie standen den TestteilnehmerInnen maximal 20 Minuten zur Verfügung. Die 6 Benutzer der Gruppe-MC (0 Frauen, 6 Männer; 24.0 ± 2.4 Jahre) begannen mit der monochrom Version und wechselten dann auf die Farbversion. Die anderen 6 Benutzer der Gruppe-CM (1 Frau, 5 Männer; 24.0 ± 2.1 Jahre) fingen mit der Farbversion an und wechselten dann auf die monochrom Version. Um den Lerneffekt bei der wiederholten Bearbeitung zu verringern, wurden zwei parallele, d.h. möglichst ähnliche Aufgabenserien zusammengestellt.

Zur Kontrolle wurden folgende Variablen erhoben: Alter, Geschlecht, EDV-Vorerfahrung hinsichtlich verschiedener Aspekte (Computersysteme, Programmiersprachen, grafische Oberflächen, mono/color Bildschirme), Englischkenntnisse, ornitologisches Wissen, sowie Farb-/Sehschwäche. Zur Erfassung der mentalen Belastung wurde die Eigenzustandsskala (Apenburg 1986) vor der ersten Aufgabenserie, zwischen der ersten und zweiten, sowie nach der zweiten Aufgabenserie eingesetzt.

Als abhängige Meßgrößen wurden erhoben: die Anzahl der gelösten Aufgaben (= richtig beantwortete Wissensfragen) als Performanzmaß und die subjektive Beurteilung nach jeder Aufgabenserie mittels eines Fragebogens, welcher aus 11 bipolaren Ratingskalen in Form eines semantische Differentials

bestand (z.B. "übersichtlich": -2, -1, 0, +1, +2 : "unübersichtlich", "verwirrend": -2, -1, 0, +1, +2 : "eindeutig", etc.; Rauterberg 1991).

Die Differenzwerte für die Skala "Erholtheit" des Eigenzustandsbogens unterteilt nach den beiden Aufgabenserien und den beiden Gruppen ergeben folgendes Bild für den Skalenmittelwert (\pm Standardabweichung):

Mittelwerte der ...	nach der 1.Aufgabenserie	nach der 2.Aufgabenserie
Gruppe-MC	1.2 \pm 3.7 mono	-1.2 \pm 3.5 color
Gruppe-CM	2.5 \pm 2.5 color	-2.8 \pm 2.3 mono

Die Erholtheit beider Gruppen nimmt nach der ersten Spielphase zu. Die Erholtheit für die Gruppe-CM nimmt jedoch nach der zweiten Spielphase ("mono") stärker ab, als diejenige der Gruppe-MC unter der Testbedingung "color". Dies bedeutet, daß sich die TestteilnehmerInnen nach dem Wechsel vom Farbbildschirm auf den monochromen Bildschirm stärker beansprucht fühlten als umgekehrt. Diese Interpretation ergibt sich aus der 2-faktoriellen Varianzanalyse, bei der sich eine signifikante Wechselwirkung "Oberfläche x Gruppe" zeigt:

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	0.03	0.866
Gruppe (MC vs CM)	1	0.06	0.810
Oberfläche x Gruppe	1	6.66	0.027

Bei allen anderen sieben Skalen des Eigenzustandsbogens ergeben sich statistisch keinerlei Unterschiede zwischen den Testbedingungen.

Bei dem Performanzmaß "Anzahl gelöster Aufgaben" ergibt sich ein Mittelwertsunterschied zugunsten der farbigen Benutzungsoberfläche:

Mittelwerte für ...	Gruppe-MC	Gruppe-CM	Insgesamt
monochrome Oberfläche	9.3 \pm 2.1	18.2 \pm 2.8	13.7 \pm 5.2
color Oberfläche	13.2 \pm 4.0	18.0 \pm 3.2	15.7 \pm 4.2

Dieser Mittelwertsunterschied ist statistisch bedeutsam zugunsten der farbigen Benutzungsoberfläche:

Variationsfaktor ...	df	F	alpha-Fehler
Oberfläche (mono vs color)	1	8.04	0.018
Gruppe (MC vs CM)	1	1.27	0.287
Oberfläche x Gruppe	1	93.91	0.001

Zusätzlich zu diesem Mittelwertsunterschied ergibt eine hoch signifikante Wechselwirkung "Oberfläche x Gruppe", welche darauf zurückzuführen ist, daß die Gruppe-CM bei der ersten Aufgabenserie ("color"

Bedingung mit durchschnittlich 18.0 gelösten Aufgaben) der Gruppe-MC ("mono" Bedingung mit durchschnittlich 9.3 gelösten Aufgaben) deutlich überlegen ist.

Zusätzlich ergeben sich auch nachweisbare Vorteile zugunsten der Farbversion bei der subjektiven Beurteilung:

Skala [-2=trifft zu ... 0=teils/teils ... +2=trifft zu]	mono	color	df	F	alpha-Fehler
"verwirrend" <-> "eindeutig"	0.1 ± 0.8	0.9 ± 0.8	1	14.7	0.003
"übersichtlich" <-> "unübersichtlich"	0.2 ± 1.2	-0.6 ± 1.2	1	3.7	0.083
"frei" <-> "vorgeschrieben"	0.4 ± 1.2	-0.3 ± 1.2	1	3.7	0.083

Die farbige Benutzungsoberfläche wurde von allen TestteilnehmerInnen unabhängig vom Zeitpunkt der Testung als eher "eindeutig", tendenziell "übersichtlicher" und weniger "vorgeschrieben" beurteilt. Sobald also die Farbe zur unmittelbaren Handlungssteuerung eingesetzt wird, ergeben sich klar nachweisbare Vorteile für den Einsatz von Farbe bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen auch im Performanzbereich.

2. Farbe und individuelle Systemanpassung

Um herauszufinden, wie die individuelle Farbauswahl sich auf die Benutzbarkeit auswirkt, wurden zwei empirische Untersuchungen durchgeführt: eine experimentelle Vergleichsstudie und eine elektronische Umfrage. Die Bedeutung des Konzeptes der Individualisierbarkeit wird von Ulich (1978, 1985, 1991) und Ackermann (1987) besonders hervorgehoben.

2.1 Ergebnisse einer experimentellen Vergleichsstudie

In dem Aufgabenkontext von Textverarbeitung (Write unter Windows 3.0) wurde Benutzern die Möglichkeit gegeben, sich die ihnen jeweils individuell zusagende Farbkonfiguration einstellen zu können (Haller et al. 1991). Wir waren daran interessiert, herauszufinden, ob sich die individuellen Konfigurationen in Abhängigkeit von der Ausgangssituation ("monochrom" oder "color") systematisch hinsichtlich ihrer ergonomischen Qualität unterscheiden würden. In der Ausgangssituation wurde eine monochrom ("schwarz-weiß") Vorgabe (siehe Abb. 5) einer nach heutigen ergonomischen Erkenntnissen zulässigen Farbkonfiguration (siehe Abb. 6) gegenübergestellt.

Aus der Literatur (Kokoschka 1981; Murch 1985; van Nes et al. 1987; DIN 66 234 Teil 5 Beiblatt 2 1988) wurden zunächst alle bekannten Vor- und Nachteile von Farbkombinationen für verschiedene Typen von Bildelementen zu einem Bewertungsraster verdichtet (siehe Anhang). Zwei Arten von Belastungsquellen sind dabei zu berücksichtigen: physiologische Bedingungen und psychologische, bzw. kognitive Bedingungen. Es konnten 6 spezifische und 6 allgemeine Regeln abgeleitet werden, welche **nicht** zur Anwendung kommen dürfen, um eine ergonomisch verträgliche Farbkonfiguration zuzulassen.

Je nach Schweregrad des Verstoßes werden die einzelnen Regeln noch mit Gewichtungskoeffizienten versehen; ein schwerer Verstoß ist dadurch gekennzeichnet, daß dieser Aspekt in der Literatur besonders hervorgehoben wurde oder einfach öfters erwähnt wurde. Diese 12 Regeln legen in dem mehrdimensionalen Gestaltungsraum die "verbotenen" Bereiche fest. Alle nicht von den Regeln erfassten Bereiche können zur Zeit als zulässige Konfigurationen gelten.

In der experimentellen Untersuchung wurden 17 BenutzerInnen gebeten, innerhalb von einem Aufgabenblock einen vorgegebenen Text zu überarbeiten. 8 Benutzer (2 Frauen, 6 Männer; 29.6 ± 11.8 Jahre) begannen mit der schwarz-weiß Vorgabe (Mono-Gruppe). Die anderen 9 Benutzer (6 Männer, 3 Frauen; 29.0 ± 13.5 Jahre) fingen mit der Farbvorgabe an (Color-Gruppe). Zur Kontrolle wurden folgende Variablen erhoben: Alter, Geschlecht, Farb-/Sehschwäche, Vorerfahrung mit Computersystemen allgemein, mit Textverarbeitungsprogrammen, mit farbigen Fenster-Oberflächen und mit sonstigen farbigen Oberflächen, insbesondere mit der Windows 3.0-Umgebung, Häufigkeit der Farbänderungen während der Untersuchung, sowie Gründe für diese Änderungen. Vor und nach der Textbearbeitung wurde das subjektive Befinden des Augenzustandes mit einem Augenzustandsbogen erfaßt. Zum Schluß wurde der subjektive Grad der Zufriedenheit mit der letzten Farbeinstellung erfragt.

Während der Textbearbeitung wurden die Benutzer angehalten, eine ihnen jeweils zusagende Farbeinstellung vorzunehmen. Nach Ablauf von ca. 15 Minuten wurde die Aufgabenbearbeitung abgebrochen und die eingestellte Farbkonfiguration mit Hilfe der 12 Regeln des Bewertungsrasters beurteilt. Nur zwei BenutzerInnen der Color-Gruppe wurden mit Null-Fehlerpunkten bewertet, weil sie keine, bzw., nur eine unkritische Farbänderung vorgenommen hatten. Die Mono-Gruppe erreichte eine mittlere Fehlerpunktzahl von 4.1 (± 1.2 std.), die Color-Gruppe von 3.3 (± 3.0 std.); dieser Mittelwertsunterschied ist statistisch jedoch nicht bedeutsam (t-Test: t-Wert=0.69, df=15, alpha-Fehler \leq 0.484)¹. Je mehr Einstellungsänderungen vorgenommen wurden, desto ergonomisch ungünstiger fiel die individuell eingestellte Farbkonfiguration aus (Produkt-Moment-Korrelation: R=0.583, alpha-Fehler \leq 0.023). Die Mono-Gruppe erreichte eine mittlere Änderungsrate von 6.9 (± 2.1 std.), die Color-Gruppe von 4.6 (± 3.1 std.); dieser Mittelwertsunterschied ist statistisch jedoch nicht bedeutsam (t-Test: t-Wert=1.81, df=14, alpha-Fehler \leq 0.091). Diese Änderungsrate ist aber abhängig von der Vorerfahrung mit farbigen Fensteroberflächen (Produkt-Moment-Korrelation: R=0.526, alpha-Fehler \leq 0.044), insbesondere mit der Windows-Umgebung (Produkt-Moment-Korrelation: R=0.566, alpha-Fehler \leq 0.028), sowie allgemein mit anderen farbigen Oberflächen (Produkt-Moment-Korrelation: R=0.577, alpha-Fehler \leq 0.024). Hinsichtlich des Augenzustandes ergaben sich keine Unterschiede im Sinne einer Belastung weder zwischen den beiden Gruppen, noch zwischen Beginn und Ende der Aufgabenbearbeitung. Zum Abschluß antworteten die beiden Gruppen auf die Frage "Wie sind Sie mit Ihrer gefundenen Farbkonfiguration zufrieden?" auf einer Skale von 0% bis 100%: Mono-Gruppe 83.4% ($\pm 17.2\%$ std.) und Color-Gruppe 84.7% ($\pm 12.2\%$ std.); dieser Mittelwertsunterschied ist nicht signifikant (t-Test: t-Wert=-0.18, df=15, alpha-Fehler \leq 0.859); beide Gruppe sind gleichermaßen mit ihrer jeweils erreichten Konfiguration zufrieden.

¹ Um den rein quantitativ vorhandenen Unterschied zugunsten der Color-Gruppe auch gegebenenfalls inferenzstatistisch nachweisen zu können, wäre eine Stichprobengröße von 70 BenutzerInnen pro Gruppe notwendig (siehe Bortz 1984 S. 507).

Da die BenutzerInnen offenbar keinerlei Wissen über ergonomisch sinnvolle Farbkombinationen haben, ist es leicht erklärlich, daß sich die aktuelle Farbkonfiguration mit zunehmenden Farbeinstellungsänderungen von einer ergonomisch sinnvollen Einstellung entfernt.

2.2 Ergebnisse einer Umfrage unter ETH-Mitarbeitern

Wie aus den Ergebnissen zu den experimentellen Untersuchungen hervorging, scheinen die Effekte der Farbgestaltung so gering zu sein, daß man sie nur mit einer entsprechend großen Stichprobe messen kann. Daher entschieden wir uns, eine Umfrage unter ETH-MitarbeiterInnen durchzuführen (Hegner et al. 1991). Um den Aufwand für die edv-mäßige Erfassung der Daten gering zu halten, wurde ein elektronischer Fragebogen entwickelt, welcher die Antworten gleich in einem für das vorgesehene statistische Auswertungsprogramm (Macintosh, SYSTAT) geeigneten Datenformat anlieferte. Der elektronische Fragebogen konnte von allen ETH-MitarbeiterInnen, welche über einen email-Anschluß verfügen, aufgerufen und über eine VT-100 Terminalemulation innerhalb von vier Wochen im Zeitraum vom 7.Juni bis 7.Juli 1991 beantwortet werden.

Es wurden 202 elektronische Fragebögen ausgefüllt, davon blieben wegen vorzeitigen Abbruchs noch 181 auswertbare Fragebögen übrig. Der Fragebogen bestand aus 20 Fragekomplexen zu folgenden Themenbereichen: (a) Fragen zur Person, (b) Fragen zur EDV-Vorerfahrung (Anzahl Jahre, Kenntnisse verschiedener Computertypen [Sun-Workstations, IBM-PCs, Macintosh-PCs, Host-Terminals, sonstige] und Bildschirmmonitore [monochrom vs. color] , Nutzung verschiedener Softwareprogramme, etc.), (c) allgemeine Einschätzungen zur Verwendung von Farbe, (d) Gründe für, bzw. gegen Farbmonitore, -software, etc., (e) individuelle Konfiguration von Farboberflächen.

Ca. 70% würden sich bei freier Wahl für einen Farbbildschirm entscheiden, obwohl nur ca. 50% ihre Effizienz beim Arbeiten mit "color" Bildschirmen besser einschätzen als mit "monochrom". Auf die Frage: "Ist die Belastung bei color oder monochrom größer ?" antworteten 40% "gleich groß" und 30% "größer bei color". Ca. 93% aller Benutzer von Color-Monitoren [N=136] ändern die vorgegebene Farbeinstellung; 68% tun dies, weil die "Vorgabe nicht ihrem Geschmack" entspricht; 33% tun dies aus "Neugierde" und 30%, weil der "Kontrast zu schwach" war, 10% ändern die Voreinstellung, um eine "individuell einzigartige Einstellung" zu erhalten [Mehrfachantworten waren möglich]. Personen (N=41), die aus Neugierde ihre Farbeinstellung ändern, tun dies signifikant häufiger als alle anderen Gruppen [Chi²-Test, alpha-Fehler≤0.037]; Personen (N=38), die durch eine Änderung der Farbeinstellung den Kontrast verbessern wollen, tun dies signifikant seltener als alle anderen Gruppen [Chi²-Test, alpha-Fehler≤0.019]. Personen (N=13), die eine einzigartige Farbeinstellung wünschen, ändern signifikant häufiger als alle anderen Gruppen [Chi²-Test, alpha-Fehler≤0.058]. Benutzer von Macintosh-Farbbildschirmen (N=80) ändern die Farbeinstellungen signifikant häufiger als die Benutzer anderer Systeme [Chi²-Test, alpha-Fehler≤0.001]. Auf der anderen Seite ändern die Benutzer von IBM-PC Farbbildschirmsystemen (N=46) die Farbeinstellungen signifikant seltener als die Benutzer anderer Systeme [Chi²-Test, alpha-Fehler≤0.001].

2.3 Konsequenzen für die individuelle Farbgestaltung

Aus den beiden empirischen Untersuchungen geht klar hervor, daß erstens ein hoher Prozentsatz der BenutzerInnen eine Änderung der voreingestellten Farbkonfiguration vornehmen und, daß zweitens diese BenutzerInnen sehr wenig, bis gar kein Wissen über ergonomisch sinnvolle Farbkombinationen haben. Um dieses Problem zu lösen, gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten: erstens, die BenutzerInnen zu qualifizieren, und zweitens, die Gestaltungsmöglichkeiten einzuschränken. Die Qualifizierung könnte über ein Tutorial, ein entsprechend gestaltetes Hilfesystem oder über ein mit regelbasiertem Wissen ausgestattetes Konfigurierungsprogramm erfolgen. Die zweite, eher pragmatische Möglichkeit besteht darin, dem Benutzer eine ausreichend große Menge an vorgegebenen Farbkonfigurationen ("configuration sets") zur Auswahl zur Verfügung zu stellen.

3. Zusammenfassung

Die Effekte von Farbe bei der Gestaltung von Benutzungsoberflächen liegen offenbar in einer Größenordnung, welche sich im Rahmen eines benutzungsorientierten Benchmarktests mit einer Testteilnehmerzahl von 10 bis 20 Testern nicht in jedem Falle messen lassen. Man unterscheidet daher auch in der angewandten Statistik zwischen einem statistisch bedeutsamen und einem praktisch relevanten Unterschied. Im Rahmen der hier vorgestellten Untersuchungen werden daher nur Unterschiede mit einer Effektgröße von 0.5 und darüber als praktisch relevant nachgewiesen (siehe hierzu Bortz 1984 S.508ff). Interpretiert man jedoch die subjektiven Beurteilungen als sehr sensitive Meßgrößen, so kann man aus den gefundenen Ergebnissen eine generelle Überlegenheit von farbigen Benutzungsoberflächen ableiten. Im Performanzbereich läßt sich eine Überlegenheit durch Farbeinsatz insbesondere dann nachweisen, wenn die Farbgebung handlungsleitend zur Erhöhung der Transparenz der Dialogstruktur eingesetzt wird.

Für die individuelle Konfigurierbarkeit von farbigen Oberflächen konnte insofern ein wichtiger Befund erhoben werden, als daß offenbar keiner der TestteilnehmerInnen ein hinreichendes Wissen über eine sinnvolle Farbgebung besaß. Daher sollte der Gestaltungsspielraum auf eine Menge von vorgegebenen, ergonomisch vertretbaren Einstellungen beschränkt bleiben. Viele Farbbildschirme lassen oftmals die ergonomisch erforderliche Kontrastgüte vermissen, sodaß die Benutzer versuchen, über eine Änderung der Farbgebung den Kontrast zu erhöhen.

4. Literatur

- Ackermann D.: Handlungsspielraum, mentale Repräsentation und Handlungsregulation am Beispiel der Mensch-Computer-Interaktion. veröffentlichte Dissertation. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1987)
- Apenburg E.: Befindlichkeitsbeschreibung als Methode der Beanspruchungsmessung. Psychologie und Praxis, Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie, 30 (N.F.4) (1986) 1 S. 3-14

- Baumgartner M., Bauer D. & Messmer B.: Erhöhung der Transparenz durch farbige Benutzungsoberflächen bei Simulationsprogrammen. unveröffentlichte Gruppensemesterarbeit. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1991)
- Bortz J.: Lehrbuch der empirischen Forschung. Berlin Heidelberg New York, Springer (1984)
- Cotting S. & Kohli D.: Erhöhung der Transparenz durch farbige Benutzungsoberflächen bei Hypertextsystemen. unveröffentlichte Gruppensemesterarbeit. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1991)
- DIN 66 234 Teil 5: Bildschirmarbeitsplätze - Codierung von Information. Beiblatt 2 "Farbkombinationen", (1988) 5
- Haller S., Perjes B., Stoll D. & Züger P.: Farbgestaltung von Bildschirmoberflächen: Einfluß von unterschiedlichen Startbedingungen auf die Güte der individuellen Farbauswahl. unveröffentlichte Gruppensemesterarbeit. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1991)
- Hegner D., Hüppin R., Kälin A. & Lerch S.: Nutzen und Benutzbarkeit von Farbe bei Computeranwendungen. unveröffentlichte Gruppensemesterarbeit. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1991)
- Kokoschka S.: Visuelle Leistung am Bildschirmarbeitsplatz in Abhängigkeit von der Zeichenfarbe. Die Farbe, 29 (1981) 1 S. 8-16
- Loeliger T., Uster M., Spiniello C. & Salvatore A. Erhöhung der Transparenz durch farbige Benutzungsoberflächen bei Spielprogrammen. unveröffentlichte Gruppensemesterarbeit. Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule, Nelkenstr. 11, CH-8092 Zürich (1991)
- Lynch P.J.: The surface anatomy of birds, version 1.2. Biomedical Communications - Yale Center for Advanced Instructional Media, Yale University School of Medicine USA (1988)
- McDonald J.E., Molander M.E. & Noel R.W.: Color-coding categories in menus. Proceedings of the Conference CHI'88 "Human Factors in Computing Systems", (E. Soloway, D. Frye & S.B. Sheppard; eds.) Washington, ACM Press (1988) pp.101-106
- Murch G.M.: Colour Graphics - Blessing or Ballyhoo? Computer Graphics Forum, 4 (1985) pp.127-135
- Pazhitnov A.: Tetris. Spectrum HoloByte Inc., 2061 Challenger Dr. Alameda CA. 94501, USA (1988)
- Rauterberg M.: Benutzungsorientierte Benchmark-Tests: eine Methode zur Benutzerbeteiligung bei der Entwicklung von Standardsoftware. BOSS-Projektbericht Nr. 6, (P. Spinax, M. Rauterberg, O. Strohm, D. Waeber & E. Ulich; Hrsg) Zürich, Institut für Arbeitspsychologie, Eidgenössische Technische Hochschule (1991)
- Ulich E.: Über das Prinzip der differentiellen Arbeitsgestaltung. Industrielle Organisation, 47 (1978) S. 566-568
- Ulich E.: Einige Anmerkungen zur Software-Psychologie. Sysdata, 10 (1985) S. 53-55
- Ulich E.: Arbeitspsychologie. Stuttgart, Poeschel (1991)
- van Nes F.L., Juola J.F. & Moonen R.J.A.M.: Attraction and distraction by text colours on displays. Proceedings of the Conference INTERACT'87 "Human-Computer Interaction", (H-J. Bullinger & B. Shackel; eds.) Amsterdam, North-Holland (1987) pp. 625-630
- Wright W.: SimCity - Gebrauchsanweisung für PC und Kompatible. Infogrames (1989)

5. Anhang

Bewertungsraster für Farbkombinationen bei Windows 3.0

Spezifische Regeln für die zu bewertenden Bildelemente, bzw. -kombinationen:

Regel 1: Bewertungsraster für Text/Hintergrundkombination.

[Bewertungspunkte: 0 = keine negativen Auswirkungen, 1 = schlechte Kombination, 3 = sehr schlechte Kombination]

Text- farbe	Hintergrundfarbe							
	schwarz	weiss	purpur	blau	cyan	grün	gelb	rot
schwarz	3	0	0	1	0	0	0	1
weiss	0	3	0	0	1	1	1	0
purpur	0	0	3	1	1	3	1	1
blau	1	0	1	3	0	1	0	3
cyan	0	1	1	0	3	1	1	3
grün	0	1	3	1	1	3	1	3
gelb	0	1	1	0	1	1	3	0
rot	1	0	1	3	3	3	0	3

Regel 2: Reines Blau wurde für Text, dünne Linien und feine Bildelemente eingesetzt.

Regel 3: Es gibt nebeneinanderliegenden Farben, die sich nur im Blauanteil unterscheiden.

Regel 4: Bildelemente, die eine sofortige Aufmerksamkeit hervorrufen sollen, sind weder durch starke Sättigung, noch durch große Helligkeit hervorgehoben.

Regel 5: Bildelemente, die primär für Aktionen oder Aufforderung zur Reaktion, bzw. Eingabe vorgesehen sind, sind nicht durch warme Farben dargestellt. Bildelemente, die für die Ausgabe von Zuständen oder Hintergrundinformationen vorgesehen sind, sind nicht durch kalte Farben dargestellt.

Regel 6: Nebeneinanderliegende Flächen unterscheiden sich weder in ihrer Farbe, noch in ihrer Helligkeit. Eine achromatische Trennlinie ist auch nicht vorhanden.

Die jeweils zutreffende Regel 1 bis 6 ist in der folgenden Tabelle mit dem entsprechenden Gewichtungsfaktor zu multiplizieren und der sich ergebende Wert als Fehlerpunkt einzutragen.

Regel Nr.

[in der Tabelle stehen Gewichtungsfaktoren]

Bildelemente	1	2	3	4	5	6	Fehlerpunkte
Text / Fensterhintergrund	2	1	0	0	0	0	1)
Text / Menüleiste	1	1	0	0	0	0	2)
Text / aktive Titelleiste	1	1	0	0	0	0	3)
Text / inaktive Titelleiste	1	1	0	0	0	0	4)
Desktop-Fläche	0	0	1	1	1	1	5)
Programmarbeitsbereich	0	0	1	1	1	1	6)
Fensterhintergrund	0	0	1	1	1	1	7)
Menüleiste	0	0	1	1	1	1	8)
aktive Titelleiste	0	0	1	1	0	1	9)
inaktive Titelleiste	0	0	1	1	1	1	10)
aktiver Rahmen	0	0	1	1	0	1	11)
inaktiver Rahmen	0	0	1	1	1	1	12)
Fensterrahmen	0	1	1	1	1	1	13)
Bildlaufleisten	0	0	1	0	0	1	14)

Allgemeine Regeln für den gesamten Bildschirmaufbau:

- Regel 7: Bei einfachen Bildern werden keine Komplementärfarben verwendet (z.B. rot mit gelb, grün mit blau).
- Regel 8: Bei großflächigen Symbolen, bzw. dicklinigen Zeichen sind die Kombinationen blau/schwarz, weiss/gelb, grün/cyan, rot/purpur verwendet worden; bei dünnlinigen Zeichen kommen Kombinationen mit weiss/..., gelb/..., grün/... und cyan/... vor.
- Regel 9: Es werden gleichzeitig stark gesättigte, spektral extreme Farben nebeneinander verwendet (z.B. cyan, bzw. blau mit rot, gelb mit purpur, etc.).
- Regel 10: Es werden viele verschiedene Farben (mehr als 6) eingesetzt [als Ausnahme können eventuell alle nach ihrem Spektrum geordneten Farben gelten].
- Regel 11: Grüne oder rote Farben werden in der Peripherie des Bildschirmes verwendet.
- Regel 12: Zusammengehörende Bildteile sind mit unterschiedlichen, bzw. nicht zusammengehörende Bildteile mit gleichen oder sehr ähnlichen Farben codiert.

[Gewichtung: 1=geringer Verstoß, 3=schwerer Verstoß]	Anzahl Regelanwendungen	Gewichtung	Fehlerpunkte
Regel 7		* 1	15)
Regel 8		* 1	16)
Regel 9		* 3	17)
Regel 10		* 3	18)
Regel 11		* 1	19)
Regel 12		* 1	20)

Zur Berechnung der Fehlerpunktzahl insgesamt sind die einzelnen Fehlerpunkte 1) bis 20) aufzuaddieren. Je kleiner dieser Wert ist, desto besser ist die Farbgebung der jeweiligen Oberfläche. Im folgenden werden die 17 empirisch gefundenen Farbeinstellungen (StartMono: colconfP1 .. P8; StartColor: colconP9 ... P17) aus der Vergleichsstudie mit Write unter Windows 3.0 aufgelistet.

INHALT der CONTROL.INI Datei:

```
[current]
color schemes=StartColor
[color schemes]
StartColor=FF8080,E8FFFF,FFFFFF,0,8080,0,808000,C0C0C0,FFFFFF,80FFFF,808080,0,C0C0C0
StartMono=FFFFFF,FFFFFF,FFFFFF,0,FFFFFF,0,0,FFFFFF,FFFFFF,0,FFFFFF,0,FFFFFF
colconfP1=808040,FFFFFF,FFFFFF,0,808080,800000,828282,FFFF80,800000,FFFF80,828282,0,808040
colconfP2=400040,FFFF80,FFFFFF,0,800080,0,FF80FF,FF80FF,0,FFFF80,FF8080,0,FFFFFF
colconfP3=8000,FFFFFF,8000,FFFFFF,C0C0C0,0,828282,FFFFFF,FFFFFF,0,800040,0,FFFFFF
colconfP4=C0C0C0,808040,C0C0C0,0,808080,0,C0C0C0,808040,0,FFFFFF,828282,0,808040
colconfP5=FFFF80,FFFFFF,FF00FF,0,FFFFFF,0,0,FFFF00,FFFFFF,80FF00,FFFFFF,0,FFFFFF
colconfP6=828282,E8FFFF,FFFFFF,8000,FFFFFF,80,8000,FFFFFF,FFFFFF,4000,FFFFFF,8080,FFFFFF
colconfP7=FFFFFF,FF,FF00,0,FFFF,0,FFFF80,FFFFFF,FF0000,0,FFFFFF,0,FFFFFF
colconfP8=FFFFFF,E8FFFF,FFFFFF,80,808080,80,808080,408080,FFFFFF,408080,FFFFFF,0,FFFFFF
colconfP9=FF8080,E8FFFF,FFFFFF,0,FF00FF,0,808000,C0C0C0,FFFFFF,400000,FF80FF,0,C0C0C0
colconfP10=40,828282,FFFFFF,0,FFFFFF,0,8080FF,C0C0C0,0,80,808080,0,C0C0C0
colconfP11=FF8080,E8FFFF,FFFFFF,0,8080,0,800040,C0C0C0,FFFFFF,80FFFF,808080,0,C0C0C0
colconfP12=FF8080,E8FFFF,FFFFFF,0,8080,0,808000,C0C0C0,FFFFFF,80FFFF,808080,0,C0C0C0
colconfP13=FF8080,80FFFF,0,FFFFFF,FFFFFF,0,8080FF,C0C0C0,0,80FFFF,0,0,80FF
colconfP14=0,E8FFFF,FFFFFF,0,FF00FF,FFFFFF,FFFF80,C0C0C0,0,80FFFF,808080,0,C0C0C0
colconfP15=80FF,8080FF,FFFF00,0,808080,0,808000,C0C0C0,FFFFFF,80FFFF,808080,0,C0C0C0
colconfP16=FF8080,FFFFFF,FFFFFF,0,8080,0,A00000,FFFF,FFFFFF,80FFFF,808080,0,C0C0C0
colconfP17=400080,408080,FF0000,FFFF,C0C0C0,0,FF0080,FFFF00,FFFFFF,8000FF,FF0000,0,C0C0C0
```