

Universität Augsburg

DISSERTATION

Arbeit und Sehen

Eine interdisziplinäre Erklärung von Veränderungen des
Sehens durch Bildschirmarbeit

Zur Erlangung des akademischen Grades Dr. rer. pol.
an der wirtschaftswissenschaftlichen Fakultät

vorgelegt von

Dipl.-Kfm. (Univ.) Dipl.-Ing. (FH) Stephan Degle

Dekan: Prof. Dr. Klaus Turowski

1. Gutachter: Prof. Dr. Fritz Böhle

2. Gutachter: Prof. Dr. Martin Stengel

Prüfungsvorsitz: Prof. Dr. Anita Pfaff

Einreichung: 23. November 2005

mündliche Prüfung: 25. Januar 2006

Zusammenfassung

Im multimedialen Zeitalter ist der Arbeitsalltag zunehmend durch Bildschirmarbeit geprägt. Branchenübergreifend wächst die Zahl der Arbeitsplätze an Bildschirmgeräten und die Dauer der Bildschirmtätigkeit. Dabei werden die Informationsaufnahme auf das visuelle System gebündelt und gleichzeitig dem Individuum „unnatürliche“ Sehmodalitäten abverlangt.

Trotz einer Vielzahl geäußerter visueller Beschwerden, die mit diesem Wandel in der Arbeitswelt einhergehen, beschränken sich Untersuchungen zu deren Ursachen bzw. zu Veränderungen des Sehens zumeist auf die Sehleistung im Sinne der Sehschärfe sowie Veränderungen von statischen Größen der Konvergenz und Akkommodation. Messverfahren werden zunehmend technisiert und dabei wesentliche, auf organischer Funktion aufbauende Prozesse des Sehens, ausgegrenzt. Es liegen bislang nur sehr wenige Erkenntnisse zu den Einflüssen des Arbeitstyps Bildschirmarbeit auf andere Bereiche des Sehens vor, insbesondere wenn man sich loslöst von der rein physiologischen Disziplin. In Theorie und verschiedenen neueren Studien sind Ansätze erkennbar, die Praxis zeigt jedoch, wie auch das Beharren an den Bildschirmarbeitsplatz-Screening-Tests nach G 37 in der Arbeitsmedizin beweist, kaum Interesse.

Ausgangspunkt und Anlass dieser Arbeit sind die von Böhle, Weishaupt, Hätscher-Rosenbauer und Fritscher (1998) in „Tätigkeitsbezogene Sehschulung – Ein zukunftsweisender Ansatz zur Förderung der Gesundheit bei visueller Beanspruchung am Arbeitsplatz“ dargestellten neuen Erkenntnisse zur Vereinseitigung des Sehens aus dem vom BMBF/AuT geförderten Verbundvorhaben „Entwicklung von Methoden zur Identifikation visueller Ursachen arbeitsbedingter Gesundheitsrisiken und hierauf bezogener Präventionsstrategien im betrieblichen Gesundheitsschutz“ (Förderkennzeichen 01 HP 594/9).

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, verschiedene Beschwerden der Bildschirmarbeit auf das visuelle System aus interdisziplinärer Perspektive zu beleuchten. Berücksichtigt werden dabei der Stand praktischer Überprüfungen nach G37, physiologische Erkenntnisse, Theorien der Verhaltensoroptometrie, der Arbeitssoziologie und der Kognitionswissenschaften. Aufbauend auf diesen bestehenden Erkenntnissen und Theorien werden mögliche Veränderungen des Sehens bei Bildschirmarbeit dargestellt und in einer empirischen Querschnittsstudie (n=321) mittels schriftlicher Befragung und psychophysischen Messungen überprüft.

Es werden arbeitsbedingte Veränderungen des Kontrast- und Farbsehens,

Einschränkungen der peripheren Wahrnehmung und von flüssigen Blickbewegungen festgestellt. Weiterhin können Einflüsse der Bildschirmarbeit auf die Motilität (Anpassungsgeschwindigkeit) von Akkommodation und Konvergenz an ferne und nahe Objekte, das räumliche Sehen und Wahrnehmungspräferenzen aufgezeigt werden. Eine Korrelation der experimentellen Messungen mit erfragten subjektiven asthenopischen Beschwerden kann ebenfalls nachgewiesen werden. Wenn auch der standardisierte Screeningtest nach G 37 keine Auffälligkeiten erkennen lässt, so lassen sich trotzdem im Gruppenvergleich von Bildschirmarbeitern (SG=158) und Kontrollgruppen (KG1 „konventionelle Büroarbeit“=27; KG2 „Handwerk“=104; KG3 „Berufskraftfahrer“=32) statistisch signifikante Veränderungen des Sehens belegen. Auch die subjektive Beurteilung des Sehens bei Bildschirmarbeit weicht von der Einschätzung des Sehens bei anderen Arbeitsformen ab. Veränderungen des Sehens sind nicht nur vorübergehend – während und unmittelbar nach der Bildschirmarbeit – vorhanden: Auffälligkeiten des Sehens zeigen sich auch ohne unmittelbar vorausgehende Arbeitsbelastung.

Diese Ergebnisse stellen Sehbeschwerden bei Bildschirmarbeit in ein neues Licht und liefern Ansätze für weitere (interdisziplinäre) Forschung sowie zur Entwicklung konkreter Handlungsempfehlungen für arbeitsorganisatorische und verhaltensorientierte Prävention und Kompensation. – Besonders an der Stelle, wo klassische Untersuchungs- und Behandlungsmethoden keine Erklärung für Beschwerdesymptome liefern, müssen hier gezielt Therapien z.B. aus dem Bereich der Sehschulen und des Visualtrainings ansetzen.

Stephan Degle, geboren 1975, studierte von 1995 bis 2000 Ökonomie und Betriebswirtschaftslehre mit den Schwerpunkten Marketing, Unternehmensführung und Gesundheitsökonomie an der Universität Augsburg mit dem Abschluss als Dipl.-Kfm. (Univ.) im September 2001. Die gleichzeitige Ausbildung zum Augenoptiker, die langjährige Tätigkeit in der Augenoptik in den elterlichen Betrieben, das Studium der Augenoptik an der Hochschule Aalen von März 2001 bis Juli 2004 mit dem Abschluss als Dipl.-Ing. (FH) Augenoptik sowie das Studium zum Master of Science in Vision Science and Business (Oktober 2002 bis Juli 2004) lenkten den Schwerpunkt auf die interdisziplinäre Erforschung von Arbeitsbedingungen und Sehen.

Danksagung

An dieser Stelle bietet sich mir der Raum und die Gelegenheit, all denen meinen Dank auszusprechen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Mein besonderer Dank gilt meinem akademischen Lehrer und Doktorvater Herrn Prof. Dr. Fritz Böhle. Er hat es ermöglicht, dass diese Arbeit überhaupt entstehen konnte. Ohne seine hilfreichen Anregungen und kritischen Kommentare würde die Arbeit zudem nicht in der jetzigen Form vorliegen. Er hatte stets ein offenes Ohr für meine Probleme und hat sich regelmäßig Zeit genommen, zu deren Lösung beizutragen.

Weiterhin möchte ich Herrn Prof. Dr. Martin Stengel für die Bereitschaft zur Übernahme des Zweitgutachtens danken. Ebenso gilt mein Dank Frau Prof. Dr. Anita Pfaff für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Danken möchte ich auch allen Professoren der Hochschule Aalen, die mich während der Zeit der Erstellung dieser Arbeit begleitet haben. Den Gedankenaustausch habe ich stets als sehr fruchtbar empfunden. Namentlich bedanken möchte ich mich bei Frau Prof. Dr. Anna Nagl, Herrn Prof. Dipl.-Ing. Dietmar Kümmel und Herrn Prof. Dr. Kunibert Krause, die mir zahlreiche Anregungen lieferten, die zu dieser Arbeit beitrugen. Viele wertvolle theoretische Inputs lieferten mir auch die Dozenten des Master Of Vision Science and Business-Studiengangs, insbesondere Prof. Dr. Willard B. Bleything, Prof. Dr. Scott Cooper und Prof. Dr. Bradley Coffey von der Pacific University, Oregon (USA), die viele neue Aspekte einbrachten.

Ein besonderes Dankeschön gilt auch den Mitarbeitern in unseren Augenoptik-Geschäften, die durch ihre Einsatzbereitschaft mir die wissenschaftliche Arbeit ermöglichten.

Zu sehr großem Dank bin ich meiner Familie verpflichtet. Insbesondere danke ich meinen Eltern dafür, dass sie es mir ermöglichten, den von mir eingeschlagenen Weg zu gehen, und die mir nicht nur in fachlichen Fragen mit Rat und Tat zur Seite standen, sondern mich immer wieder motiviert haben, auch an schwierigen Stellen nicht aufzugeben.

Augsburg, im November 2005

Stephan Degle

Für Julia

Inhaltsverzeichnis

1	Problemstellung	1
1.1	Einleitung	1
1.2	Bedeutung des Sehens im Zeitalter der Bildschirmarbeit	2
1.3	Neuorientierung von Arbeitsschutz und Gesundheitsforschung	3
1.3.1	<i>Ein neues Gesundheitsverständnis</i>	3
1.3.2	<i>Ein neues Verständnis von Ergonomie</i>	4
1.4	Ein neuer Blick auf das Sehen	5
1.5	Zur Relevanz der Arbeit	7
1.6	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit	8
1.7	Festlegung und Abgrenzung grundlegender Begriffe	10
1.7.1	<i>Abgrenzung von Bildschirmarbeit</i>	11
1.7.2	<i>Sehen, Sehverhalten und visuelle Wahrnehmung</i>	13
1.7.3	<i>Belastung, Beanspruchung und (asthenopische) Beschwerden</i>	14
1.7.4	<i>Einteilung asthenopischer Beschwerden</i>	15
1.8	Untersuchung des Sehvermögens nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz „Bildschirmarbeitsplätze“ G37	16
1.8.1	<i>Allgemeine Untersuchung</i>	16
1.8.1.1	<i>Spezielle Untersuchung (Siebttest)</i>	17
2	Theorie zum Sehen bei Bildschirmarbeit	19
2.1	Die Reichweite der Theorie	19
2.2	Die physiologische Betrachtung	20
2.2.1	<i>Untersuchungsaspekte der physiologischen Betrachtung</i>	22
2.2.1.1	<i>Kontrastsehen</i>	22
2.2.1.2	<i>Farbsehen</i>	23
2.2.1.3	<i>Gesichtsfeld</i>	25
2.2.1.4	<i>Blickbewegungen</i>	26
2.2.1.5	<i>Distanz</i>	27
2.2.1.5.1	<i>Konvergenz</i>	27
2.2.1.5.2	<i>Akkommodation</i>	31
2.2.1.5.3	<i>Sehschärfe und Fehlsichtigkeit</i>	33
2.2.1.6	<i>Räumliches Sehen</i>	36
2.2.1.7	<i>Lidschlagfrequenz</i>	36
2.2.1.8	<i>Alter</i>	37
2.2.2	<i>Zwischenfazit</i>	38
2.3	Verhaltensoptometrie	40
2.4	Arbeitssoziologische Erkenntnisse	46
2.4.1	<i>Theoretisches Konzept</i>	46

2.4.1.1	Mentale Prozesse.....	46
2.4.1.2	Vorgehensweisen.....	47
2.4.1.3	Beziehung zu Gegenständen und Personen	47
2.4.1.4	Sinnliche Wahrnehmung	47
2.4.2	<i>Empirische Befunde</i>	52
2.5	Kognitionswissenschaftliche Betrachtung.....	56
2.5.1	<i>Wahrnehmungsmodell</i>	56
2.5.2	<i>Inattentional Blindness</i>	59
2.5.3	<i>Leiblichkeit</i>	60
2.6	Ein integratives Modell für Veränderungen des Sehens.....	62
2.7	Zusammenfassung der Fragestellungen und der abgeleiteten Hypothesen	65
3	Empirische Studie	67
3.1	Das Untersuchungskonzept.....	67
3.2	Entwicklung des Test-Instrumentariums.....	67
3.2.1	<i>Untersuchungen des Sehverhaltens</i>	68
3.2.1.1	Kontrastsehen	68
3.2.1.2	Farbunterscheidungsvermögen	69
3.2.1.3	Gesichtsfeld.....	71
3.2.1.4	Blickbewegungen	72
3.2.1.5	Distanz	74
3.2.1.6	Räumliches Sehen	75
3.2.1.7	Wahrnehmungspräferenz.....	76
3.2.2	<i>Fragebogen</i>	77
3.2.3	<i>Zusätzlich erforderliche Überprüfungen</i>	78
3.2.3.1	Eingangs-Test nach G37	78
3.2.3.2	Objektive Fernrefraktion.....	79
3.3	Aufbau und Ablauf der Untersuchung.....	80
3.3.1	<i>Wahl der Erhebungsmethode</i>	80
3.3.2	<i>Untersuchungszeitraum und Untersuchungszeitpunkt</i>	80
3.3.3	<i>Auswahl der Testpersonen</i>	80
3.3.4	<i>Beschreibung der Stichprobe</i>	82
3.3.4.1	Aufteilung der Stichprobe nach dem Alter	82
3.3.4.2	Aufteilung der Stichprobe nach dem Geschlecht.....	83
3.3.4.3	Aufteilung der Stichprobe nach Schulabschluss und Ausbildung.....	83
3.3.4.4	Aufteilung der Stichprobe nach der Arbeitstätigkeit	85
3.3.4.5	Subjektive ergonomische Bewertung des Arbeitsplatzes	86
3.3.4.6	Arbeitspausen bei Bildschirmarbeit.....	86
3.3.5	<i>Durchführung der Untersuchung</i>	87
3.3.6	<i>Datenanalyse</i>	87
3.4	Ergebnisse der Messungen	89

3.4.1	<i>Kontrastsehen</i>	89
3.4.2	<i>Farbunterscheidungsvermögen</i>	90
3.4.3	<i>Gesichtsfeld</i>	92
3.4.4	<i>Blickbewegungen</i>	93
3.4.5	<i>Distanz</i>	93
3.4.5.1	<i>Motilität der Akkommodation und Konvergenz</i>	93
3.4.5.2	<i>Objektive Fernrefraktion</i>	94
3.4.6	<i>Räumliches Sehen</i>	96
3.4.7	<i>Wahrnehmungspräferenz</i>	99
3.4.8	<i>Diskussion der Messergebnisse</i>	102
3.5	<i>Ergebnisse der Befragung</i>	106
3.5.1	<i>Beschwerdehäufigkeiten</i>	106
3.5.1.1	<i>Vergleich der Beschwerdeanzahl der einzelnen Gruppen</i>	106
3.5.1.2	<i>Beschwerdearten im Intergruppenvergleich</i>	106
3.5.1.2.1	<i>Blendung</i>	107
3.5.1.2.2	<i>Reflexionen</i>	107
3.5.1.2.3	<i>Flimmerndes Bild</i>	108
3.5.1.2.4	<i>Kontrastarmes Bild</i>	108
3.5.1.2.5	<i>Blendempfindlichkeit</i>	109
3.5.1.2.6	<i>Probleme beim Nachtsehen</i>	109
3.5.1.2.7	<i>Schaukelndes Bild</i>	110
3.5.1.2.8	<i>Doppelbilder</i>	110
3.5.1.2.9	<i>Brennen/Jucken</i>	111
3.5.1.2.10	<i>Trockene Augen</i>	111
3.5.1.2.11	<i>Tränen der Augen</i>	112
3.5.1.2.12	<i>Rötung der Augen</i>	112
3.5.1.2.13	<i>Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen</i>	113
3.5.1.2.14	<i>Unschärfe/Verschwommen Sehen</i>	113
3.5.1.2.15	<i>Ermüdung der Augen</i>	114
3.5.1.2.16	<i>Kopfschmerzen</i>	114
3.5.2	<i>Psychografisches Sehprofil der verschiedenen Arbeitsformen</i>	115
3.5.3	<i>Diskussion der Ergebnisse der Befragung</i>	118
3.6	<i>Korrelationen der Messergebnisse und der Ergebnisse der Befragungen</i>	119
3.6.1	<i>Korrelation der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren mit einzelnen Messergebnissen</i>	119
3.6.2	<i>Abhängigkeit der Messergebnisse vom Alter</i>	120
3.6.3	<i>Korrelationen der Bildschirmarbeit in Stunden pro Woche mit einzelnen Messergebnissen</i>	120
3.6.4	<i>Abhängigkeit der Messergebnisse vom Arbeitstyp bei Bildschirmarbeit</i>	121
3.6.5	<i>Abhängigkeit der Messergebnisse vom Geschlecht</i>	122
3.6.6	<i>Abhängigkeit der Messergebnisse von Schulabschluss und Berufsausbildung</i>	122

3.6.7	<i>Korrelation der Beschwerdeanzahl mit den Messergebnissen</i>	123
3.6.8	<i>Korrelation der subjektiven Beschwerden mit der Dauer der Bildschirmarbeit</i>	124
3.6.9	<i>Abhängigkeit der subjektiven Beschwerden von Schulabschluss und Berufsausbildung</i>	124
3.6.10	<i>Korrelation von ausgewählten subjektiven Beschwerden mit der Motilität der Akkommodation/Konvergenz</i>	125
3.6.11	<i>Korrelationen der Wahrnehmungspräferenz</i>	126
3.6.12	<i>Zusammenfassung und Diskussion der Korrelationen</i>	128
3.7	Zur Aussagekraft der Ergebnisse.....	129
3.8	Gesamtdiskussion	130
4	Fazit	134

Literaturverzeichnis

Anhang

- A) Übersicht über aktuelle Studien zum Sehen bei Bildschirmarbeit
- B) Ergänzende Abbildungen
- C) Fragebogen
- D) Statistische Auswertungen

Lebenslauf

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Verschiedene Perspektiven der Analyse des Sehens.....	20
Abb. 2: Vergleich der Sehweisen am BAP und im Alltag.....	27
Abb. 3: Vergenz- und Akkommodationsruhelagen (Gemessen in einem dunklen Sehfeld ohne jeden Fusions- und Fixierreiz. Schematische Darstellung jeweils in Mittelwerten und interindividuellen Streubreiten. Eigene Darstellung nach Jaschinski, 1999a)	28
Abb. 4: Formen der Konvergenzfehler	29
Abb. 5: Abhängigkeit von Augenneigung und Konvergenzfehler (Obere Darstellung zeigt bei fixem Sehabstand den Exo-Trend bei Aufwärtsblick, den Eso-Trend bei starker Blickneigung. Unten wird die Mittelwertkurve einer Stichprobe von 20 Testpersonen dargestellt. Eigene Darstellung nach Jaschinski, 1999b)	29
Abb. 6: Akkommodationsvorgang – schematisch (eigene Darstellung nach Jaschinski, 1996b).....	31
Abb. 7: Verteilung der prozentualen, relativen Sehschärfe über das Gesichtsfeld in Abhängigkeit vom Netzhautort (eigene Darstellung nach Köhl/Roth, 1995, S. 77).....	33
Abb. 8: Duane-Kurve: Altersabhängiger maximaler Akkommodationserfolg (Akkommodationsbreite) und minimaler Nahsehabstand (bei Emmetropie), 1= Mittelwert, 2= Minimalwert, 3= Maximalwert (Eigene Darstellung nach Berke/Münschke, 1996, S. 149)	38
Abb. 9: Modell visueller Wahrnehmung nach Skeffington	41
Abb. 10: Modell der Wahrnehmung (nach Flade,1980, S. 15)	57
Abb. 11: Vom Sehen zum Sehverhalten.....	62
Abb. 12: Sehverhalten und Veränderungen des Sehens	63
Abb. 13: Vision Contrast Testtafel der Fa. Vistech (VCTS 6500)	68
Abb. 14: Munsell-Farnsworth-100-Hue-Test mit 85 Farbchips	70
Abb. 15: Perimeter zur Untersuchung des peripheren Gesichtsfeldes.....	72
Abb. 16: Testbild „Labyrinth“ – Dynamisches Sehen.....	74
Abb. 17: Binokularer Vorhalter (Flipper)	75
Abb. 18: Testbild Wahrnehmungspräferenz	77
Abb. 19: Verteilung der verschiedenen Arbeitstypen innerhalb der Studiengruppe SG und der Kontrollgruppe.....	86
Abb. 20: Mittelwerte der Kontrastempfindlichkeit der einzelnen Gruppen bezogen auf die Ortsfrequenz unter Berücksichtigung des Normbereiches (Ordinate repräsentiert die	

Kontraststufen)	89
Abb. 21: Mittelwerte und Boxplot der Gesamtfehlerzahlen des Munsell-Farnsworth-100-Hue-Tests	91
Abb. 22: Mittelwerte und Boxplot der Messwerte des peripheren Gesichtsfeldes in Grad.....	92
Abb. 23: Mittelwerte und Boxplot des erreichten Punktwertes (schweifender Blick) für die Studiengruppe SG (absolute Fallzahlen)	93
Abb. 24: Mittelwerte und Boxplot der Motilität der Akkommodation im Gruppenvergleich	94
Abb. 25: Mittelwert und Boxplot des sphärischen Äquivalents in dpt	95
Abb. 26: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne in der Studiengruppe SG (in Winkelminuten)	97
Abb. 27: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne in der gesamten Kontrollgruppe KG (in Winkelminuten)	97
Abb. 28: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe in der Studiengruppe SG (in Winkelminuten)	98
Abb. 29: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe in der gesamten Kontrollgruppe KG (in Winkelminuten)	98
Abb. 30: Häufigkeit der ersten Nennung der jeweiligen Objekte	100
Abb. 31: Häufigkeit der zweiten Nennung der jeweiligen Objekte.....	100
Abb. 32: Häufigkeit der dritten Nennung der jeweiligen Objekte	101
Abb. 33: Häufigkeit der vierten Nennung der jeweiligen Objekte	101
Abb. 34: Häufigkeit der fünften Nennung der jeweiligen Objekte	102
Abb. 35: Mittelwert und Boxplot der Anzahl der asthenopischen Beschwerden im Inter-Gruppenvergleich.....	106
Abb. 36: Häufigkeit von Blendung als Beschwerdeäußerung.....	107
Abb. 37: Häufigkeit von Reflexionen als Beschwerdeäußerung.....	107
Abb. 38: Häufigkeit von Flimmern als Beschwerdeäußerung.....	108
Abb. 39: Häufigkeit von Kontrastarmut als Beschwerdeäußerung	108
Abb. 40: Häufigkeit von Blendempfindlichkeit als Beschwerdeäußerung.....	109
Abb. 41: Häufigkeit von Problemen beim Nachtsehen als Beschwerdeäußerung	109
Abb. 42: Häufigkeit von Schaukeln als Beschwerdeäußerung	110

Abb. 43: Häufigkeit von Doppelbildern als Beschwerdeäußerung.....	110
Abb. 44: Häufigkeit von Brennen/Jucken als Beschwerdeäußerung.....	111
Abb. 45: Häufigkeit von trockenen Augen als Beschwerdeäußerung	111
Abb. 46: Häufigkeit von Tränen der Augen als Beschwerdeäußerung.....	112
Abb. 47: Häufigkeit von Rötungen der Augen als Beschwerdeäußerung	112
Abb. 48: Häufigkeit von Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen als Beschwerdeäußerung	113
Abb. 49: Häufigkeit von Unschärfe/Verschwommen Sehen als Beschwerdeäußerung.....	113
Abb. 50: Häufigkeit von Ermüdung der Augen als Beschwerdeäußerung	114
Abb. 51: Häufigkeit von Kopfschmerzen als Beschwerdeäußerung.....	114
Abb. 52: Profil des Sehens während der Arbeit (durchgezogene Linien) und in der Vergleichssituation (gestrichelte Linien)	117
Abb. 53: Abhängigkeit der Anzahl der Beschwerden vom Schulabschluss	125
Abb. 54: Abhängigkeit der Beschwerdeanzahl von der Berufsausbildung	125
Abb. 55: Überblick der Korrelationen (0 = keine Korrelation; -- = stark negativer Zusammenhang; - = schwach negativer Zusammenhang; ++ = stark positiver Zusammenhang, hier: Gesichtsfeld bei weiblichen Testpersonen größer)	128

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Screening-Test des Sehvermögens (nach VBG, 1999, S. 11; an Veränderungen des G 37 angepasst).....	18
Tab. 2: Kategoriales Schema (nach Böhle et al., 1998)	51
Tab. 3: Aus dem kategorialen Schema abgeleitete Untersuchungshypothesen	65
Tab. 4: Weitere Untersuchungshypothesen.....	66
Tab. 5: Allgemeine Einschlusskriterien	82
Tab. 6: Übersicht über die Altersmittelwerte und Standardabweichung und Spannweiten der Stichprobe	83
Tab. 7: Aufteilung der Testpersonen in den einzelnen Untersuchungsgruppen nach Geschlecht...	83
Tab. 8: Aufteilung der Stichprobe nach Schulabschluss	84
Tab. 9: Aufteilung der Stichprobe nach Berufsausbildung.....	84
Tab. 10: Verteilung der verschiedenen Arbeitstypen innerhalb der Studiengruppe SG und der Kontrollgruppe.....	85
Tab. 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der erreichten Kontraststufen für die getesteten Ortsfrequenzen	90
Tab. 12: Anzahl der Fehler des Munsell-Farnsworth-100-Hue-Tests der einzelnen Gruppen sowie über die gesamte Stichprobe	91
Tab. 13: Mittelwert des sphärischen Äquivalents im Vergleich (in dpt)	95
Tab. 14: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne (in Winkelminuten).....	96
Tab. 15: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe (in Winkelminuten).....	97
Tab. 16: Profil des Sehens während der Arbeit	116
Tab. 17: Profil des Sehens für die Vergleichssituation	116
Tab. 18: Korrelation der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren mit einzelnen Messergebnissen...	119
Tab. 19: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Alter	120
Tab. 20: Korrelationen der Bildschirmarbeit in Stunden pro Woche mit einzelnen Messergebnissen	121
Tab. 21: Korrelation des Arbeitstyps bei Bildschirmarbeit mit den einzelnen Messergebnissen ...	121
Tab. 22: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Geschlecht.....	122

Tab. 23: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Schulabschluss	122
Tab. 24: Abhängigkeit der Messergebnisse von der Berufsausbildung	122
Tab. 25: Korrelation der Beschwerdeanzahl mit den Messergebnissen	123
Tab. 26: Korrelation der subjektiven Beschwerden mit der Dauer der Bildschirmarbeit	124
Tab. 27: Korrelation von ausgewählten subjektiven Beschwerden mit der Motilität.....	126
Tab. 28: Korrelationen der Wahrnehmungspräferenz	127

Abkürzungsverzeichnis

AC/A	Verhältnis Akkommodative Konvergenz/Akkommodation
AuT	Arbeit und Technik
BA	Bildschirmarbeit
BAP	Bildschirmarbeitsplatz
BIN	binokular - beidäugig
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
CA/C	Verhältnis von konvergenzbedingter Akkommodation/Konvergenz
CFF	Critical flicker fusion (frequency) – Unterscheidung(sfrequenz) von Kontrastgittern
CYL	Zylinder
KG	Gesamte Kontrollgruppe
KG1	Kontrollgruppe konventionelle Büroarbeit
KG2	Kontrollgruppe Handwerker
KG3	Kontrollgruppe Berufskraftfahrer
L	Linkes Auge
NPA	Nahpunkt der Akkommodation
NPV (NPC)	Nahpunkt der (Kon)vergenz
PC	Personal Computer
R	Rechtes Auge
SE	Sphärisches Äquivalent
SG	Studiengruppe Bildschirmarbeit
SPH	Sphäre
VE(C)P	Visuell evozierte (corticale) Potenziale – visuelle Reizerregungspotenziale
VDT (VDU)	Visual Display Terminal (Visual Display Unit) - Bildschirmarbeitsplatz

1 Problemstellung

1.1 Einleitung

„Windows – ‚Fenster‘ – sind eigentlich ganz passend als Metapher für unsere gegenwärtige Nutzung des Computers. Ein Fenster ist die Barriere zwischen dem Inneren und dem, was draußen bleibt. Das kann zwar manchmal ganz nützlich sein (...), doch zwingt es uns, hinter ihnen zu bleiben. Fenster sollten mitunter geöffnet werden, um frische Luft einzulassen und Ausblick nach draußen zu gewähren.

(...) Es war ein Fehler zu unterstellen, dass Schnittstellen nur zwischen den Benutzern am Schreibtisch und Computern auf dem Schreibtisch vorkommen. Nicht nur, dass wir den Wald vor lauter Bäumen nicht sehen wollen – wir wollen die Erde nicht sehen, nicht den Himmel und noch manches andere nicht.“

(Gershenfeld, 1999, S. 166)

Das vorangestellte Zitat zeigt auf literarische Weise eine Situation, die wahrscheinlich ein jeder, der mit Bildschirmdarstellungen konfrontiert ist, kennt. Man stelle sich nur beispielsweise das Symbol des „Papierkorbs“ in der Windows-Benutzeroberfläche vor und überlege sich, was sich eigentlich dahinter verbirgt...

Gershenfeld zeigt hier in seinem Buch „Wenn Dinge denken lernen“ die Problematik der visuellen Wahrnehmung im Mensch-Maschine-System „Bildschirmarbeitsplatz“ auf. Dies wirft zahlreiche Fragen auf: „Wird unser Sehen durch den Arbeitstypus beeinflusst? – „Benutzt“ ein Bildschirmarbeiter seine Augen anders als z.B. ein Handwerker? – Kann das Sehverhalten verlernt werden? – Zu welchen Veränderungen des Sehens kann Bildschirmarbeit führen? – Stellt Bildschirmarbeit ein gesundheitliches Risiko dar?“

Die vorliegende Arbeit möchte einen Beitrag dazu leisten, diese aktuellen Fragen in neuem Licht zu betrachten und über ein wissenschaftliches Ergebnis mögliche Ansätze für präventive Strategien sowie für weitere Forschung zu geben. – Auf dass wir nicht dank unserer computerisierten Welt irgendwann die Erde, den Himmel oder auch noch manches andere nicht mehr sehen...

1.2 Bedeutung des Sehens im Zeitalter der Bildschirmarbeit

Die Einführung der Computertechnologie in Produktions- und Dienstleistungsunternehmen sowie in öffentlichen Verwaltungen bewirkte einen Wandel der Arbeitsbedingungen und des Arbeitsumfeldes: Der Bildschirm ist in vielen Bereichen zu einem bestimmenden und unverzichtbaren Instrument der Arbeitswelt geworden. Der Bildschirmarbeitsplatz beeinflusst heute mehr als die Hälfte aller beruflichen Tätigkeiten (vgl. Ertel et al., 1997). Gerade im Verwaltungsbereich ist der Bildschirm nicht mehr wegzudenken. Doch ist die Dominanz von Bildschirmdarstellungen in unserer modernen Informationsgesellschaft nicht auf den Arbeitsplatz beschränkt: Der Bildschirm ist auch das bestimmende Medium unserer Kultur, Bildung und Freizeit. Fernsehen, Computer und Internet beeinflussen die gesamte Lebensgestaltung und wirken sich damit umfassend auf unser Verhalten und unsere Gesundheit aus.

Vor diesem Hintergrund ist zu erkennen, dass sich die Anforderungen an physische Leistungen des Menschen verändern. Speziell das Sehen erhält eine besondere, neue Bedeutung: Im Laufe der Evolution hat sich das menschliche Auge so entwickelt, dass eine Orientierung in der freien Natur und handwerkliche Tätigkeiten sowie Nahrungssuche ermöglicht wurden. Bei diesem „natürlichen“ Sehen sind die Augen ständig in Bewegung, die Scharfeinstellung wechselt zwischen fern und nah, der Blick wandert und die Augen passen sich verschiedenen Umgebungssituationen an, z.B. unterschiedlichen Helligkeiten am Tag, in der Dämmerung und bei Nacht. Diese Sehvorgänge finden in der Regel problemlos statt. – Am Bildschirm wird dem Auge hingegen ein einseitiges, monotones Sehverhalten abverlangt, das gänzlich im Kontrast zur umfassenden Sinnesleistung des Menschen steht (vgl. Jaschinski, 1996b).

Trotz dieser offensichtlichen Bedeutsamkeit des Sehens im Zeitalter der Bildschirme richtet die Forschung ihr Hauptaugenmerk auf – potenziell bildschirmverursachte – physiologische Veränderungen. Im Mittelpunkt der Forschungsbemühungen stehen einzelne Aspekte des Sehens, wie die Veränderung von Refraktion, Akkommodation oder der Konvergenz. Dabei liegt eine für die physiologische Forschungsdisziplin charakteristische Perspektive zugrunde, die nicht den Sehvorgang als Komplex betrachtet, sondern nur Teile des Sehens herausgelöst untersucht. Charakteristisch für die Untersuchungsmethoden ist, dass deren Ergebnisse umso aussagekräftiger erscheinen, je mehr sie sich auf willentlich unbeeinflussbare, technisierte Verfahren konzentrieren und dabei wesentliche Komponenten des Sehvorgangs ausblenden.

Typisch für menschliche Sinnesleistungen ist jedoch, dass sie einen komplexen Wahrnehmungsprozess darstellen. So folgt auch das Sehen nur zu einem geringen Teil

dem fotografischen Prinzip. Die entscheidende Leistung liegt in auf den physiologischen Strukturen aufbauenden Prozessen: der individuelle Gebrauch der Augen, das „Sehverhalten“, der Prozess der Wahrnehmung und die Sehmodalität. „Nicht primär ‚was‘, sondern ‚wie‘ gesehen wird, steht somit im Mittelpunkt“ (vgl. Böhle et al., 1998, S. 11).

1.3 Neuorientierung von Arbeitsschutz und Gesundheitsforschung

Diese Arbeit will an der vielfach geforderten Neuorientierung von Arbeitsschutz und Gesundheitsforschung ansetzen und die Thematik „Arbeit und Sehen“ aus interdisziplinärer Sicht – gestützt auf physiologischen Erkenntnissen, verhaltensoptometrischen Ansätzen, einer arbeitssoziologischen Studie und kognitionswissenschaftlichen Überlegungen – durchleuchten. Dazu gilt es, wie es Luczak et. al. (2001) von der modernen Arbeitsschutzforschung fordern, zunächst die verschiedenen vorliegenden Einzelerkenntnisse zu verbinden, denn in „den letzten 20 Jahren Arbeitsschutzforschung erfolgte keine Integration, sondern eine Separierung der unterschiedlichen Disziplinen. Ein Indikator dafür ist auch die mangelnde Kooperation der verschiedenen Gesellschaften. Der Drang zu Selbstbestätigung der jeweiligen Fachdisziplinen und der Forscher hat auch dazu geführt, dass ein ‚Sammelsurium‘ von Einzelmethoden und Theorien entstanden ist. Diese Vielfalt erschwert die Nutzung der Ergebnisse für die betrieblichen Praktiker, führt zu Insellösungen und Abschottungen. Die Folge ist, dass Forschungsergebnisse nur in den entsprechenden Bereichen ihren Niederschlag finden [...], die Arbeitsschutzforschung Probleme nicht in der notwendigen Komplexität und Ganzheitlichkeit aufgreift und daraus die vielfach konstatierte mangelnde Praxisrelevanz resultiert“ (Luczak et al., 2001, S. 23). – Dies ist ein Problem, das besonders auf den Bereich Bildschirmarbeit und Sehen zutrifft.

1.3.1 Ein neues Gesundheitsverständnis

Der Gesundheitsbegriff wird folglich auch als ein interdisziplinärer Begriff verstanden. Diese Arbeit orientiert sich damit nicht an dem klassischen Gesundheitsbegriff, sondern an einem neuen Verständnis von Gesundheit, wie beispielsweise auch von Badura et al. (1999) nach dem WHO-Gesundheitsbegriff formuliert. Krankheit wird demnach nicht als physiologische Dysfunktion oder körperlicher Defekt definiert, sondern auch als Identitätsveränderung oder emotionaler Einfluss auf Denken, Verhalten und Handeln. Gesundheit ist zum einen ein positives psychisches und physisches Wohlergehen, zum anderen – verstanden als „sozialer Prozess“ (vgl. Cernavin/Weihrach, 2000) – eine

Qualität von der Informationsaufnahme bis zur Reaktion, die ein seelisches und körperliches Wohlergehen ermöglicht. Diese Betrachtungsweise bedeutet für das Sehen, dass dieses nicht nur unter dem Aspekt der (körperlichen) Dysfunktion analysiert werden darf. Vielmehr fließen in das „visuelle Wohlergehen“ weitere Faktoren mit ein, die nicht allein durch eine Sehleistung von 100% und ein ausgeprägtes Stereosehen zurückzuführen sind.

1.3.2 Ein neues Verständnis von Ergonomie

Die ergonomischen Eigenschaften der Arbeitsmittel wurden in den letzten Jahren exakt durch Normen definiert, insbesondere was die Anordnung des Bildschirmarbeitsplatzes und die Beschaffenheit des Monitors anbelangt (vgl. Richenhagen/Prümper/Wagner, 1998; Richenhagen, 1997; Lünow, 1999; Knabe, 1982). Dabei lag der Forschungsschwerpunkt auf einer Anpassung der Arbeitsmittel. Es wurden – teils beruhend auf empirischen Studien – zahlreiche Empfehlungen für die optimale ergonomische Gestaltung eines Bildschirmarbeitsplatzes entwickelt. Ausführlich finden sich diese Empfehlungen z.B. bei Richenhagen et al. (1998), Burmester et al. (1997) oder unter www.ergo-online.de.

Innovativer Arbeitsschutz muss sich jedoch in strategischer, methodologischer und finaler Hinsicht einem Wandel der Schwerpunkte unterziehen, da trotz Befolgung aller bestehenden Ergonomierichtlinien nach wie vor eine Vielzahl von Beschwerdekplexen bei Bildschirmarbeit bestehen (vgl. Ertel et al., 1997). Global betrachtet muss ein Wandel weg von der Greifraum-Ergonomie am Bildschirmarbeitsplatz hin zu Abwechslung und Aktivität erfolgen. Strategisch und methodologisch bedeutet dies, dass eine Wende von linear-kausalen Betrachtungen zu systemischen Perspektiven erfolgen muss. Einzelprobleme gliedern sich in einen Wirkungskomplex ein. Arbeitsplatzergonomie wird zur Arbeits(organisations)ergonomie und erhält damit eine zusätzliche dynamische Komponente. Die Technologie des Bildschirmarbeitsplatzes rückt mehr und mehr in den Hintergrund, vielmehr kommt es auf die Nutzung und Organisation der Technologie an. Damit verlagern sich auch die Schwerpunkte von Arbeitsplatzanforderungen zu Nutzungsanforderungen.

In finaler Hinsicht zeigt dies der Ergonomie am Bildschirmarbeitsplatz eine Neuorientierung vom Bewertungskriterium technische Sicherheit hin zum Kriterium der Gesundheit und des Wohlbefindens auf. Die Krankheitsvermeidung und Unfallverhütung rückt in den Hintergrund, zugunsten der Prävention im Sinne eines umfassenden, modernen Gesundheitsbegriffes – dem Wohlbefinden des Nutzers.

1.4 Ein neuer Blick auf das Sehen

Gleichsam gilt dies auch für das Sehen: Das traditionelle Verständnis vom beschwerdefreien Sehen am Bildschirmarbeitsplatz ist bisher geprägt von der Optimierung der Arbeitsplatzergonomie. Die Normierung von Arbeitsabständen, physikalischen Eigenschaften wie Monitorqualität oder Beleuchtung, wurde in den vergangenen Jahren entscheidend verbessert. Doch (subjektiver) Diskomfort des Sehens besteht nach wie vor (vgl. Ertel et al., 1997, S. 25 ff.). Deshalb verlegt sich der Fokus dieser Arbeit weg von der (statischen) Arbeitsplatz-Ergonomie hin zur Arbeits-Ergonomie, wobei insbesondere prozessuale, dynamische Aspekte des Sehens untersucht werden.

Ging es bisher überwiegend um eine Orientierung an der Technologie und die Schnittstellenoptimierung Mensch-Maschine, so wird hier von dem Status Quo eines fortgeschrittenen ergonomischen Entwicklungsstandes ausgegangen und dabei die Nutzung dieser Technologie und deren Auswirkungen untersucht. Das bedeutet, dass weniger die materiellen Belastungen bei der Bildschirmarbeit im Vordergrund stehen als vielmehr Belastungen, die in der Arbeitsorganisation liegen, beziehungsweise am Medium Bildschirm auch künftig nicht oder nur wenig verbessert werden können.

Einher geht damit, dass auch der Blick nicht detailliert auf einzelne Belastungsfaktoren und spezifische Beanspruchungen gerichtet wird, sondern die Gesamtbelastung und unspezifische Beanspruchungen erklärt werden sollen. Wurde ursprünglich versucht, die Beanspruchung zu „biologisieren“, erfolgt hier der Schritt zu einer „Emotionalisierung“ der Beanspruchung. Das heißt aber auch, dass die Theorie nicht nur linear-kausale Ansätze verfolgen kann, sondern es sich um einen erweiterten, systemischen Ansatz handeln muss.

In den vergangenen mehr als 20 Jahren wissenschaftlicher Forschung zum Sehen am Bildschirmarbeitsplatz wurde eine Vielzahl einzelner Theorien zu potenziellen Ursachen von Sehbeschwerden bei Bildschirmarbeit aufgestellt. Der Fokus der Untersuchungen lag dabei auf verhältnisbezogenen Ansätzen unter physiologischen Aspekten. So liegen zahlreiche Untersuchungsergebnisse zur Myopisierung, Akkommodation und Vergenzen vor (vgl. Kap. 2.2.1.5). Der Sehvorgang wurde reduziert auf organische Funktionalitäten.

Die Ergebnisse dieser Studien bestätigen fast ausnahmslos, dass es in der Nahtrias nur zu kurzfristigen und reversiblen Veränderungen kommen kann. Langfristige „Folgeschäden“ der Bildschirmarbeit seien nicht zu erwarten (vgl. Schwaninger et al., 1992; Smith, 1984).

Andererseits werden in zahlreichen Studien subjektive (Seh-)Beschwerden bei

Bildschirmarbeit festgehalten, die sich jedoch oft nicht mit physiologischen Ursachen begründen lassen (vgl. Salibello/Nilsen, 1995; Sheedy, 1992; Jaschinski, 1996a, 1996b, 1999a, 1999b). Mangels eines objektiven kausalen Zusammenhangs werden die Symptome dann häufig individualisiert.

Es drängt sich deshalb die Frage auf, ob nicht weitere Forschungsbemühen wieder mehr von der Objektivierung und Reduktion des Sehens auf die organische Funktion abweichen und das Sehen bei Bildschirmarbeit als Komplex betrachten sollten, der zwar auf physiologischen Prinzipien beruht, aber wesentlich umfangreicher ist.

Für den Untersuchungsgegenstand des Sehens bei Bildschirmarbeit bedeutet dies, dass eine Verlagerung stattfinden muss: Das „Sehen“ – als physiologische Leistungsfähigkeit der Augen verstanden – ist zwar nach wie vor die Grundlage der visuellen Informationsaufnahme, doch geht es in einer komplexen Betrachtung vielmehr um den Prozess des Sehens, das „Sehverhalten“, oder mit anderen Worten den „Gebrauch der Augen“. Zur Frage „Was wird gesehen?“ fügt sich die Frage „Wie wird gesehen?“ hinzu.

Gleichzeitig ergibt sich mit diesem neuen Fokus auch eine Verlagerung der Perspektive der visuellen Wahrnehmung weg von statischen Momentaufnahmen hin zu dynamischen Aspekten der „Nutzung“ der Augen.

Kennzeichnend für die Perspektive des Sehens in dieser Arbeit sind die folgenden zentralen Aussagen:

- **Sehen ist nicht nur ein Vorgang passiver Wahrnehmung, sondern ein intelligenter Prozess aktiver Konstruktion** (vgl. Hoffmann, 2001). – Damit wird dem reinen Reiz-Reaktionsvorgang des Sehens, wie er lange von den Behavioristen des 20. Jahrhunderts geprägt war – und vielfach auch noch heute in der Ergonomie angewandt wird – zum einen Individualität verliehen, zum anderen wird das Sehen als Prozess, der sich aus einzelnen Elementen zusammensetzt, erklärt. Das Gehirn übernimmt nicht ein identisches Spiegelbild der Realität, das im Auge, Netzhaut und Sehnerven übergeben, sondern es konstruiert aktiv und interpretiert zugleich die Wahrnehmung.
- **Sehen bedeutet, den visuellen Input zu verstehen.** Mit dieser Aussage war A.M. Skeffington in den 30er Jahren einer der ersten Optometristen, die den Sehvorgang in einen komplexeren Zusammenhang brachten: Sehen bedeutet folglich mehr als eine optimale Sehschärfe und ein Funktionieren einzelner organischer Komponenten (vgl. Cox, 1997; Suchoff, 1991; Kap. 2.3).

- **„Nicht primär ‚was‘, sondern ‚wie‘ gesehen wird, steht (...) im Mittelpunkt“** (Böhle et al., 1998, S. 11). Aufbauend auf den physiologischen Funktionen ist der Umgang mit den Augen, das Sehverhalten von zentraler Bedeutung. Der visuelle Wahrnehmungsprozess wird in ein handlungstheoretisches, aufgabenbezogenes Konzept eingebettet. Dabei wird unterschieden „zwischen einem kognitiv-rational geleiteten ‚objektivierenden‘ Arbeitshandeln einerseits und einem durch sinnliche Erfahrung und Gefühl geleiteten ‚subjektivierenden‘ Arbeitshandeln andererseits“ (ebd., S. 15).

1.5 Zur Relevanz der Arbeit

Angesichts der Bedeutung der Bildschirmarbeit in der heutigen Berufswelt ist ein weiterer Erkenntnisgewinn für die Ursache der Befindlichkeitsstörungen am Bildschirmarbeitsplatz, die trotz voranschreitender technologischer und ergonomischer Verbesserungen bestehen bleiben, von großer Bedeutung (vgl. Ertel et al., 1997, S. 49).

Im Hinblick auf eine Verbesserung der Arbeitsorganisation, eine höhere Arbeitszufriedenheit, eine geringere Arbeitsausfallquote und schließlich eine verbesserte Gesundheit der Mitarbeiter zeigt auch die betriebliche Praxis ein großes Interesse an dieser Thematik (vgl. Hammer/Groß, 1998). Durch den Wandel der Berufsbilder ist ein großer Mitarbeiteranteil der modernen Unternehmen am Bildschirm beschäftigt. Eine Höherqualifikation, die Verlagerung von körperlicher zu geistiger Arbeit und die Reduktion der Mitarbeiterzahlen machen die Gesunderhaltung und Sicherung des einzelnen Mitarbeiters als Know-How-Träger für Unternehmen langfristig interessant. Aber nur wer die Gründe für eine Gefährdung des Mitarbeiters kennt, kann gezielt Maßnahmen einleiten, um langfristig Potenziale zu sichern. Entsprechende Informationen sind besonders dann von Bedeutung, wenn sie Erkenntnisse dazu liefern, unter welchen Bedingungen besondere Gefährdungen auftreten und wie diese zu vermeiden sind. Gerade vor dem Hintergrund hoher Investitionen in innovatives technologisches Equipment in der Arbeitswelt sollte die Frage gestellt werden, ob eine ausschließliche Verhältnisprävention erfolgreich sein kann oder es nicht sinnvoll sein kann, zugleich auch in eine häufig mit geringeren Kosten verbundene Verhaltensprävention zu investieren (vgl. Hammer/Groß, 1998; Hammer/Kostov, 1998).

Bezüglich des Sehens ist hier an eine Rechtfertigung für gezielte Entspannungsübungen, strategisches Visualtraining und geeignete Sehschulungen, die „bewusstes“ Sehen lehren, zu denken.

Aus der Perspektive der Forschung ist ein weiterer Erkenntnisgewinn über mögliche Ursachen der Sehbeschwerden in Zusammenhang mit Bildschirmarbeit von hoher wissenschaftlicher Relevanz, da mit den konventionellen Untersuchungskriterien des Sehens und klassischen Testverfahren kaum Erkenntnisse gewonnen werden konnten, die eine (beständige) Veränderung des Sehens durch Bildschirmarbeit bzw. „individuelle“ asthenopische Beschwerden hinreichend erklären können.

Wie oben bereits angemerkt, liegt eine Chance für Innovationen im Forschungsfeld des Arbeitsschutzes in der Kooperation verschiedener Forschungsdisziplinen. Diese soll in der vorliegenden Arbeit mit einer Verknüpfung von Erkenntnissen verschiedener Forschungsdisziplinen zum Sehen am Bildschirmarbeitsplatz, einem integrativen Modell zur Erklärung von Sehveränderungen und neuen Untersuchungsperspektiven erreicht werden.

1.6 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, das Sehen bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu Berufsgruppen ohne Bildschirmtätigkeit zu untersuchen. Dabei werden sowohl bisherige Erkenntnisse verschiedener Disziplinen berücksichtigt, als auch neue Erkenntnisse einer empirischen Studie zu einer Gesamtbetrachtung der arbeitsbezogenen Einflüsse auf das Sehen beitragen. Damit soll aufgezeigt werden, dass es über die physiologisch-organische Dimension hinaus Ursachen für subjektive Sehbeschwerden geben kann. Der „Gebrauch der Augen“ kann sich durch einen Lernprozess ändern, wenn auch organisch nicht zwingend Defekte feststellbar sind. Es soll und kann aber keine exakte Ursachen-Wirkungsanalyse von einzelnen Belastungen auf konkrete Beanspruchungen oder Veränderungen durchgeführt werden, da im Fokus dieser Arbeit eine explorative Analyse von Veränderungen des Sehens steht.

Im Rahmen innovativer Forschung zum Arbeitsschutz und zur (betrieblichen) Gesundheitsförderung gilt es, das „Sammelsurium“ von einzelnen Erkenntnissen, Theorien und Methoden aus mehreren Jahren Forschung zum Sehen am BAP in ein komplexes und praxisnahes Gesamtmodell zu integrieren, um eine neue Forschungs-Praxis-Beziehung zu ermöglichen. Ziel ist nicht eine weitere Spezialisierung und Separation, sondern eine Integration von Forschung zur Vorbereitung eines Transfers in die Praxis (vgl. Luczak et al., 2001). – „Interdisziplinär“ wird dabei nicht als eine bloße Addition verschiedener Disziplinen verstanden, es geht vielmehr um eine Erweiterung der bisher dominierenden physiologischen Betrachtungsweise des Sehens im Zusammenhang mit Veränderungen durch Bildschirmarbeit.

Es ist nicht Ziel eine Theorie zu entwickeln, die gesetzliche Normen oder neue ergonomische Standards definieren kann, sondern vielmehr geht es darum, einen Praxisbezug aus bestehenden Einzeltheorien herzustellen, um ein bewusstes, optimales Sehverhalten bei bestehender Technologie zu fördern. Wo ursprünglich zur Risikovermeidung die optimale Korrektur im Vordergrund stand, gilt es hier, die Kompensation durch ein ausgleichendes Verhalten zu fördern.

Dabei soll ein neues gesellschaftliches Bewusstsein für die Thematik Sehen am Arbeitsplatz entwickelt werden. Sowohl für die Betriebe als auch für die darin arbeitenden Individuen dient dies einer Verbesserung von Arbeitsbedingungen, -anforderungen und -organisation.

Ergebnisse erster empirischer Untersuchungen von Veränderungen des Sehverhaltens in Zusammenhang mit Bildschirmarbeit liegen aus dem Forschungsprojekt „Arbeit und Sehen“ von Böhle et al. (1998) und einer darauf aufbauenden empirischen Arbeit (Degle, 2000) vor. Aufbauend auf arbeits- und sozialwissenschaftlichen Untersuchungen zur Bedeutung eines erfahrungsgeliteten Arbeitens wurden im Rahmen des Forschungsprojektes zwei grundlegende Modalitäten visueller Wahrnehmung erfasst. Unterschieden wird zwischen einer wissenschaftlich-rational geleiteten „objektivierenden“ und einer erfahrungs- und gefühlsgeliteten „subjektivierenden“ Wahrnehmung von Informationen. Wie die Forschungsergebnisse zeigen, führt jedoch die Darstellung von Informationen auf Bildschirmen – gerade auch dann, wenn ergonomische Grundsätze angewandt werden – zu einer massiven Eingrenzung und Erschwerung des Sehens. Speziell die hierdurch bedingte Vereinseitigung führt nicht nur zu Problemen in der sachlichen Bewältigung von Arbeitsaufgaben, sie ist auch eine zentrale Ursache von Beschwerden. Außerdem gibt sie Anlass dazu, dass das Sehen bei Bildschirmarbeit von Arbeitskräften als wenig abwechslungsreich, „monoton“, „anstrengend“ und „konzentriert“ sowie „starr“ und „langweilig“ empfunden wird (Böhle et al., 1998, S. 23).

Zieht man in Betracht, dass es sich hier um Arbeitstätigkeiten handelt, bei denen die visuelle Wahrnehmung einen Großteil der Arbeitsanforderung und Arbeitsleistung umfasst, so hat dies zugleich einen erheblichen Einfluss auf die psychische Befindlichkeit bei der Arbeitstätigkeit insgesamt, selbst wenn diese in ihrem sachlichen Inhalt abwechslungsreich und anspruchsvoll ist sowie individuelle Handlungsspielräume enthält.

Die Vereinseitigung visueller Wahrnehmung ist ein neues – bislang jedoch wenig beachtetes - Belastungssyndrom in der Arbeitswelt. Sie tritt speziell bei Tätigkeiten auf, bei denen einerseits die visuelle Wahrnehmung eine wichtige Rolle spielt und andererseits für die Arbeitstätigkeit wichtige Informationen überwiegend technisch vermittelt und auf

Bildschirmen dargestellt werden. Dies wird bislang weder durch die ergonomische Gestaltung von Arbeitsplätzen (inkl. Softwareergonomie) vermieden, noch wird es in der arbeitsmedizinischen und arbeitswissenschaftlichen Forschung und Praxis angemessen berücksichtigt.

Auf der Grundlage der theoretischen Überlegungen soll eine empirische Untersuchung von Veränderungen des Sehens in Abhängigkeit von der Arbeit am Bildschirm unter besonderer Berücksichtigung der Erkenntnisse aus dem Forschungsprojekt „Arbeit und Sehen“ durchgeführt werden, die anschließend aus interdisziplinärer Perspektive diskutiert werden.

Um ein für die weiteren Ausführungen notwendiges, einheitliches Begriffsverständnis zu schaffen, werden grundlegende Begriffe dieser Arbeit im Kapitel 1.7 definiert und eine Abgrenzung von Bildschirmarbeit vorgenommen. Im folgenden wird in Kapitel 1.8 zunächst der Stand der aktuellen arbeitsmedizinischen Untersuchungsrichtlinien nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G37 dargestellt. Anschließend werden in Kapitel 2 verschiedene Theorien zu den Einflüssen der Bildschirmarbeit auf das Sehen erläutert, als Ausgangspunkt die physiologische Perspektive (2.2) und deren Forschungsstand, anschließend die verhaltensorientierte Perspektive (2.3). In Kapitel 2.4 folgt dann ein Überblick über die arbeitssoziologische Theorie und die Erkenntnisse aus o.g. Arbeiten. Kapitel 2.5 ergänzt um Aspekte der Kognitionswissenschaft. Ein integratives Gesamtmodell zu Veränderungen des Sehens wird abschließend in Kapitel 2.6 dargestellt.

Aufbauend auf den Erkenntnissen wird eine empirische Studie (Kap. 3) vorgestellt, die verschiedene Kategorien des Sehens mit psychophysischen Testverfahren überprüft. Die Ergebnisse werden in Kapitel 3.5 – 3.7 erläutert und abschließend diskutiert (3.8). Kapitel 4 fasst die Ergebnisse zusammen und gibt Handlungsempfehlungen und Ansatzpunkte für weitere Forschung.

1.7 Festlegung und Abgrenzung grundlegender Begriffe

Wie in fast allen Forschungsgebieten existiert auch zur Thematik von „Bildschirmarbeit und Sehen“ eine Vielzahl verschiedener Begriffe und Fachtermini, die in Abhängigkeit der Sichtweise des jeweiligen Fachbereiches häufig sehr unterschiedlich definiert bzw. ausgelegt werden. Da es sich bei den folgenden Ausführungen um eine Zusammenführung von Erkenntnissen verschiedener Fachdisziplinen handelt und um für die weiteren Ausführungen ein einheitliches Begriffsverständnis zu gewährleisten, werden

nun die grundlegenden Begriffe inhaltlich festgelegt und gegebenenfalls von anderen Auslegungen abgegrenzt. Weitere, weniger grundlegende Begriffe, die einer genaueren Festlegung bzw. Abgrenzung bedürfen, werden jeweils in dem Abschnitt definiert, in dem sie erstmals Verwendung finden.

1.7.1 Abgrenzung von Bildschirmarbeit

Betrachtet man bildschirmgestützte Arbeitsformen im Vergleich mit „traditionellen“, konventionellen Tätigkeiten, so stellt sich die Frage einer klaren Abgrenzung. Eine klare Trennung könnte an der Stelle vermutet werden, wo Information und Kommunikation ausschließlich mit oder – für den Fall konventioneller Tätigkeiten – ohne das Medium Bildschirm erfolgen. Diese strikte Unterscheidung wird man heute jedoch kaum vorfinden.

Somit wird Bildschirmtätigkeit hier so definiert, dass gewöhnlich oder überwiegend eine visuelle Informationsdarstellung und -verarbeitung über Monitore erfolgt. Im Gegensatz zu der Bildschirmarbeitsverordnung wird nicht unterschieden, ob es sich um einen klassischen Monitor mit Kathodenstrahlröhre oder einen Flachbildschirm handelt, da sich Darbietung der Information im hier behandelten Kontext und Arbeitstypus nicht unterscheiden.

Da moderne Arbeitsformen sich aus den konventionellen Tätigkeiten entwickelt haben, finden sich mehr oder weniger viele Elemente auch in den modernen Arbeitsformen wieder. Unterscheidungskriterien liegen deshalb hier weniger im Wegfall einzelner Elemente, als vielmehr in der Veränderung und zusätzlichen Elementen. Zusätzlich zur überwiegend visuellen Darstellung sind gemäß König et al. (1995, S. 3ff.) für die moderne Bildschirmtätigkeit kennzeichnend:

- Erhöhte Prozessgeschwindigkeit,
- Entfall von Informationsverteilungsarbeit,
- verkürzte Durchlaufzeiten von Vorgängen und
- möglicherweise verringerte Sucharbeit.

Formale Unterschiede finden sich in folgenden Bereichen:

- Parallele Tätigkeiten versus serielle Tätigkeiten,
- Generierung von Information, Bedeutungsgehalt und Relevanz sind oft nicht nachvollziehbar,
- Verdichtung der Information und Informationsflut,
- abstrakte Information,

- veränderte Handlungsmöglichkeiten und
- Gleichzeitigkeit, Verzahnung und Verschachtelung von Information.

Inhaltlich unterscheidet sich Bildschirmarbeit von konventionellen Tätigkeiten zum Beispiel durch:

- Übertragung sachgebundener Information,
- Reduktion der Kommunikation auf wenige Elemente,
- Fehlen ganzheitlicher Kommunikation,
- Verringerung sozialer Kontakte,
- Erfordernis von abstraktem Vorstellungsvermögen,
- Informationsfilterung,
- Veränderung des Handlungsspielraums,
- Gleichförmigkeit der Information(sdarstellung),
- Zweidimensionale Darstellungen,
- Fehlen individueller Suchstrategien,
- Vorgabe von Ordnungen,
- hierarchisches Denken,
- Gefahr des Verdrängens von zwischenmenschlichen Aspekten zugunsten objektiver Daten,
- geringere Durchschaubarkeit der Information → Handlungsunsicherheit und
- fehlende Rückmeldungen.

Eine hervorzuhebende Besonderheit der Bildschirmarbeit liegt in der Sichtfixation auf den Monitor, die aus der Informationsbündelung am Bildschirmarbeitsplatz resultiert. Das bedeutet eine hohe Konzentration der Augen und des Geistes bei minimaler körperlicher Bewegung.

Innerhalb der Bildschirmarbeitstypen wird eine Klassifizierung angewandt, die von der American Academy of Science entwickelt (National Research Council Panel, 1983) und in vielen Untersuchungen zur Bildschirmarbeit berücksichtigt wurde (vgl. Aronsson/Strömberg, 1995). Mit dieser Unterteilung werden auch verschiedene soziologische und psychologische Aspekte, wie Aufgabenstandardisierung, Entscheidungsfreiheit, Arbeitspensum und Kontrolle usw. berücksichtigt. Es wird nach sieben Arbeitstypen unterschieden:

1. **Datenerfassung (data entry):** Die Informationen werden – oft standardisiert – im PC erfasst. Nur zum Teil hat die Information Kontextbedeutung. Das Arbeitspensum ist häufig hoch und es gibt wenig Pausen. Es für den einzelnen Arbeiter kaum Kontrolle über seine eigene Arbeit möglich. Es gibt kaum Handlungs- und Entscheidungsspielräume. Der Blick ist hauptsächlich auf die Arbeitsvorlage statt auf den Bildschirm gerichtet.
2. **Datenakquise (data acquisition):** Die Daten werden vom Monitor abgelesen, so dass der Blick überwiegend auf den Monitor gerichtet ist. Die Datenmenge ist moderat. Unterbrechungen sind möglich. Handlungs- und Entscheidungsspielräume sowie das Arbeitspensum variieren.
3. **Textverarbeitung (word processing):** Darunter versteht man zum Beispiel Texterfassung, Fehlersuche, Textbearbeitung und Layoutgestaltung. Die Aufgaben variieren zwischen text- und bildschirmgebundenen Tätigkeiten. Es gibt große Unterschiede in Handlungs- und Entscheidungsspielräumen sowie hinsichtlich des Arbeitspensums.
4. und 5. **Programmierung und CAD (programming and CAD):** Die verschiedenen Arbeitsaufgaben sind selbsterklärend. Der Blick ist sowohl auf das Manuskript wie den Bildschirm gerichtet. Es gibt viele Unterbrechungen. Die Datenmenge ist gering und in der Regel finden sich große Freiheiten im Handlungs- und Entscheidungsumfeld.
6. **Gemischte Aufgaben (mixed VDT tasks):** Eine Zusammensetzung aus oben genannten Aufgaben, wobei jede der oben genannten weniger als 50% Anteil hat.
7. **Sonstige (other VDT tasks):** Oben nicht angeführte Aufgaben, wie z.B. Prozesssteuerung.

1.7.2 Sehen, Sehverhalten und visuelle Wahrnehmung

Es ist vor dem Hintergrund der interdisziplinären Betrachtung der visuellen Informationsaufnahme und –verarbeitung an dieser Stelle sehr schwer, eine sinnvolle Definition der Begriffe „Sehen“, „Sehverhalten“ und „visuelle Wahrnehmung“ im Sinne einer klaren Abgrenzung zu geben. Die Physiologie beschränkt sich bei der Untersuchung des „Sehens“ auf die organische Sehfunktionen und betrachtet dabei nur Teilaspekte losgelöst vom Gesamtkomplex des Sehvorgangs, die sich auf organische Systeme rückführen lassen oder auf (beschränkten) Möglichkeiten instrumenteller Messverfahren aufbauen. Die statische Betrachtung des Sehens überwiegt, die dynamische Komponente

wird häufig vernachlässigt.

Einen anderen Weg verfolgt die Kognitionswissenschaft, die zumeist den Begriff der „visuellen Wahrnehmung“ gebraucht (vgl. Flade, 1999). Losgelöst von dem organischen Prozess wird die Informationsaufnahme und –verarbeitung untersucht und beschrieben.

Zwei Forschungsdisziplinen wählen eine komplexere Betrachtung: Die Verhaltensoptometrie versucht die einzelnen Sehfunktionen zu verbinden und in ein Gesamtmodell zu integrieren – unter besonderer Berücksichtigung der dynamischen Komponente des Sehens. Sie prägt jedoch keinen eigenen Begriff der visuellen Informationsaufnahme und –verarbeitung (vgl. Cox, 1997; Suchoff, 1991 und Kap. 2.3). Die dieser Arbeit zugrunde liegende arbeitssoziologische Studie verwendet den Begriff des „Sehverhaltens“, der verschiedenen Sehfunktionen berücksichtigt, dynamische Komponenten beachtet, diese in ein Gesamtmodell integriert und dabei eine objektivierende und subjektivierende Sichtweise differenziert.

Wenn auch der Begriff „Sehen“ bisweilen sehr von der rein physiologischen Perspektive geprägt ist, soll in dieser Arbeit darunter ein komplexer Wahrnehmungsprozess verstanden werden, der insbesondere (Seh-)Verhaltensaspekte berücksichtigt.

1.7.3 Belastung, Beanspruchung und (asthenopische) Beschwerden

Für die Analyse der visuellen Gefährdung am BAP ist es nötig, die Begriffe „Belastung“ und „Beanspruchung“ gemäß der arbeitswissenschaftlichen Definition zu trennen. Nach dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept von Rohmert (1984) erklärt „Belastung“ abweichend von der umgangssprachlichen Definition „die Gesamtheit der Einflüsse, die bei der Arbeit auf den Menschen einwirken (z.B. Schall, Klima, Strahlen,...)“. Die Auswirkung dieser Einflüsse ist die „Beanspruchung“, „also alle im Menschen auftretenden Reaktionen auf Belastungen (z.B. erhöhte Pulsfrequenz, Kopfschmerzen, Schwitzen,...)“. Dazwischen gibt es „intervenierende Variablen (wie z.B. individuelle Leistungsfähigkeit, Motivation, Qualifikation, Angemessenheit der Arbeitsorganisation...)“, welche die Reaktion des Individuums (Beanspruchung) auf die erfahrene Belastung verändern (Richenhagen et al., 1998, S. 9ff.).

Damit geht einer objektiv gleichen Belastung nicht zwingend eine gleiche Beanspruchung einher. Das Intensitätsempfinden objektiv gleicher Belastung kann inter- und intraindividuell variieren.

In Rahmen einer Analyse von visuellen Beanspruchungen ist es ratsam, das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept um den Begriff der „Beschwerden“ zu erweitern.

„Beschwerden“ können dabei vom Individuum als Folge der Beanspruchung geäußert werden. Somit kann von bestimmten Beschwerdesymptomen auf verschiedene Formen von Belastungen geschlossen werden. Das ist besonders hilfreich, wenn eine objektive Messung der Belastung oder Beanspruchung nicht möglich ist.

Beschwerden lassen somit Rückschlüsse auf Belastungen und Beanspruchungen am BAP zu. An dieser Stelle muss auch erwähnt werden, dass Bildschirmarbeitsplatz nicht gleich Bildschirmarbeitsplatz ist und deshalb auch die Belastungen und Beanspruchungen abhängig von Arbeitsaufgabe und –form unterschiedlich ausfallen können. - In der folgenden Darstellung wird allerdings auf eine Differenzierung der Bildschirmarbeitsplätze (außer der Einteilung in Kap. 1.7.1) nach verschiedenen Belastungen nicht näher eingegangen.

1.7.4 Einteilung asthenopischer Beschwerden

Die bei Bildschirmarbeit geäußerten visuellen Beschwerden werden üblich als asthenopische Beschwerden definiert.

Die unter diesem Begriff subsumierten verschiedenen Formen von Augenbeschwerden können nach Aronsson/Strömberg (1995) in folgende vier Kategorien aufgeteilt werden:

1. Visuelle Beschwerden: Unschärfe, Doppelbilder, Flimmern, usw.
2. Augenbezogene Beschwerden: Jucken, Brennen, Rötung, Trockenheit, usw.
3. Projizierte oder systematische Beschwerden: z.B. Ermüdung der Augen, Kopfschmerzen
4. Funktionelle Beschwerden: z.B. Änderungen des (Seh-)Verhaltens.

Eine exakte Zuordnung subjektiver Beschwerdeäußerungen zu konkreten Belastungen bzw. Beanspruchungen ist aufgrund der Komplexität der Symptome nur selten möglich. Trotzdem könnte versucht werden, die in dieser Arbeit untersuchten Beschwerdeäußerungen auch nach Belastungen einzuteilen:

- a) Kontrastbedingte Beschwerden: Blendung, Reflexionen, Flimmern, Kontrastarmut, Blendempfindlichkeit, Probleme beim Nachtsehen
- b) Fixationsbedingte Beschwerden: Schaukelndes Bild, Doppelbilder
- c) Trockenheitsbedingte Beschwerden: Brennen/Jucken, Trockene Augen,

Tränen, Rötung der Augen

- d) Distanzbedingte Beschwerden: Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen, Unschärfe/Verschwommen Sehen
- e) Unspezifische Beschwerden: Ermüdung der Augen, Kopfschmerzen.

1.8 Untersuchung des Sehvermögens nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz „Bildschirmarbeitsplätze“ G37

Vor den theoretischen Überlegungen soll zunächst der Status Quo in der betrieblichen Praxis dargestellt werden. Dort wird eine Untersuchung des Sehvermögens bei Bildschirmtätigen nach dem „Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen ‚Bildschirmarbeitsplatz‘ G37“ (Lünow, 1999) vorgenommen. Eine Untersuchung der Augen und des Sehvermögens nach §6 Bildschirmarbeitsplatzverordnung (BildschArbV) ist seitens des Arbeitgebers jedem am Bildschirmarbeitsplatz Beschäftigten anzubieten.

Diese Untersuchung setzt sich aus einer allgemeinen arbeitsmedizinischen Untersuchung, einer speziellen Untersuchung der Augen (Screening-Test) und einer Ergänzungsuntersuchung, falls der Screening-Test dies erforderlich macht, zusammen.

1.8.1 Allgemeine Untersuchung

Die von einem ermächtigten Arzt durchgeführte allgemeine Untersuchung besteht aus zwei Anamneseteilen. Zunächst wird gefragt nach

- Augenbeschwerden und Augenerkrankungen,
- Beschwerden und Erkrankungen des Bewegungs- und Stützapparates,
- neurologischen Störungen,
- Stoffwechselerkrankungen,
- Bluthochdruck und
- Dauerbehandlung mit Medikamenten.

Im Rahmen einer Arbeitsanamnese soll nach

- dem Arbeitsplatz,
- der Arbeitsaufgabe,
- der Arbeitseinweisung und
- der Arbeitszeit

gefragt werden. Detaillierte Vorschriften zur Durchführung der Anamnese gibt es nicht. - Somit liegt es im Ermessen bzw. in der Erfahrung des Arztes, wie er auf die einzelnen Kriterien eingeht. Stellt dieser hier Unregelmäßigkeiten hinsichtlich des Sehvermögens fest, dann wird eine spezielle Untersuchung der Augen veranlasst. (VBG, 1999, S. 9)

1.8.1.1 Spezielle Untersuchung (Siebtest)

Der Siebtest kann noch beim Arbeitsmediziner oder unabhängig bei einem Augenarzt oder Augenoptiker durchgeführt werden. Gemäß §6 BildschArbV muss die Prüfung lediglich bei einer „fachkundigen Person“ erfolgen.

Diese spezielle Untersuchung der Augen ist die zentrale Einheit des G 37. Auch sie enthält nur vage formulierte Mindestanforderungen:

Zunächst erfolgt gemäß DIN 58 220 Teil 5 eine Überprüfung der Sehschärfe für die Ferne, bei der für beide Augen eine Mindestsehschärfe von 0,8 erreicht werden soll. Anschließend wird die Sehschärfe im Arbeitsabstand überprüft¹. Auch hier liegt die Mindestanforderung bei einer Sehschärfe von 0,8. Die anschließenden Tests auf Stereopsis, Phorie, Farbensinn und zentrales Gesichtsfeld werden nach Ermessen des Prüfers auf „regelrecht“ überprüft. Weitere Tests sind nicht vorgegeben. Eine Überprüfung kann mit verschiedenen, von der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft anerkannten Testgeräten erfolgen.

Werden bei der Überprüfung der Sehfunktionen keine Unregelmäßigkeiten festgestellt, stellt der ermächtigte Arzt eine Bescheinigung über „keine gesundheitlichen Bedenken“ aus. Bei Auffälligkeiten wird der Test ggf. nach einer Refraktion (Sehschärfenbestimmung) mit Sehhilfe wiederholt bzw. eine Ergänzungsuntersuchung und Beurteilung durch einen ermächtigten Augenarzt (bzw. Betriebsarzt) eingeleitet. Anschließend wird durch den Arzt eine Bescheinigung nach Ermessen über „gesundheitliche Bedenken unter bestimmten

¹ Nach einer Änderung des G 37 im Dezember 1998 ist die Prüfung nun im Arbeitsabstand durchzuführen. Bis dahin war eine Prüfung in 33 cm bzw. 55 cm vorgeschrieben.

Voraussetzungen“, „befristeten gesundheitliche Bedenken“ oder „dauernde gesundheitliche Bedenken“ ausgestellt.

Trotz dieser Untersuchungen und bestmöglicher optischer Korrektur (z.B. Bildschirmarbeitsplatzbrille) bestehen nach wie vor Sehbeschwerden am Bildschirmarbeitsplatz, so dass, obwohl sich ergonomische Standards in den letzten Jahren stark verbessert haben und regelmäßige Überprüfungen durchgeführt werden, Bildschirmarbeit hinsichtlich ihrer Beeinflussung des Sehens kritisch betrachtet werden muss: Es muss eine Suche nach Veränderungen des Sehens stattfinden, die trotz aller Vorkehrungen bestehen und mit bisherigen Verfahren nicht überprüft werden.

Merkmal	Mindestanforderungen	Geräte / Verfahren
Sehschärfe Ferne	Visus 0,8 / 0,8	Testverfahren nach DIN 58 220 Teil 5
Sehschärfe Nähe in Arbeitsentfernung	Visus 0,8 / 0,8	(s.o. - nach Änderung 1998 aber keine Richtlinie für Arbeitsentf.!))
Stereopsis	Regelrecht	Testgeräte (z.B. Titmus Stereotest, TNO Stereotest, Rodenstock R22 mit Scheibe 172, Rodenstock Nahprüfgerät, Visus Stereo Kombitest, Oculus Binoptometer I und II), PC-Programme (Visus BAP Screening, Opto-Screen) oder mittels Sehprobentafel
Phorie	Regelrecht	Übliche Verfahren (z.B. Maddox Zylinder, Worth Test, Schober Test), Testgeräte (vgl. oben) oder PC-Programme (vgl. oben)
Zentrales Gesichtsfeld	Regelrecht	Standard-Tafeln (Amsler) oder Perimeter
Farbensinn	Regelrecht	s.o. und Farbtafeln (z.B. Ishihara, Velhagen)

Tab. 1: Screening-Test des Sehvermögens (nach VBG, 1999, S. 11; an Veränderungen des G 37 angepasst)

2 Theorie zum Sehen bei Bildschirmarbeit

2.1 Die Reichweite der Theorie

In den folgenden theoretischen Überlegungen kann nur auf Aspekte eingegangen werden, die in näherem Zusammenhang mit dem Sehen bzw. einer möglichen Veränderung des Sehens stehen. Aus Gründen der Komplexität können und sollen weitergehende psychosoziale Belastungen nicht detailliert betrachtet werden. Hier wird auf einschlägige Literatur verwiesen. Zum Beispiel beschäftigen sich Smith (1997) und Smith, Cohen und Sammerjohn (1981) mit psychosozialen Aspekten der Bildschirmarbeit auf physische und mentale Gesundheit im allgemeinen. Es werden hier Einflüsse z.B. des Arbeitsanfalls, der Qualifikation, Veränderungen am Arbeitsplatz, der Arbeitsorganisation und von Stress diskutiert. Bekannt ist, dass diese psychosozialen Belastungen sich auf das Sehen verstärkend auswirken können, doch es wird in dieser Arbeit davon ausgegangen, dass sie nicht initial sind.

Außerdem können keine Einflüsse berücksichtigt werden, die auf mangelnde Ergonomie nach aktuellen ergonomischen Standards am Arbeitsplatz zurückzuführen sind. Zur Ergonomie am BAP finden sich Richtlinien z.B. bei Richenhagen et al. (1997), Richenhagen (1997), Blaha (2001), Bauer (1992) und Lünow (1999).

Hahn et al. (1995) beschreiben die Wechselwirkungen „Sehen und Wahrnehmen“ am Bildschirmarbeitsplatz in Abhängigkeit von Beleuchtung, Lesbarkeit, Blendung und Spiegelung und visueller Belastungswechsel auf Auge, Psyche und Stütz- und Bewegungsapparat aus. Aus diesem Komplex werden in dieser Arbeit Belastungen ausgeklammert, die sich durch Einhaltung ergonomischer Standards beseitigen lassen.

Auch Einflüsse von Software-Gestaltung und deren Auswirkungen können in dieser Arbeit nicht berücksichtigt werden. Hierzu wird z.B. auf Fleischer und Becker (1996), Wieland und Koller (1999) oder andere einschlägige Literatur zur Software-Ergonomie verwiesen.

Es werden im folgenden Ursachen (Belastungen) für potenzielle Sehveränderungen und Auswirkungen auf das Sehen (Beanspruchungen bzw. Beschwerden) erläutert, die aus heutiger Sicht am modernen Bildschirmarbeitsplatz trotz Einhaltung aller Richtlinien der Ergonomie kaum reduzierbar sind und sich auf das Sehen auswirken können. Es ist schließlich Ziel dieser Arbeit, durch interdisziplinäre Betrachtung – im Sinne einer Erweiterung der physiologischen Perspektive – Veränderungen des Sehens und damit Beanspruchungen zu untersuchen. Eine exakte Ursachen-Wirkungsanalyse soll und muss weiterer Forschung vorbehalten bleiben.

Einen Überblick über die Orientierung der im folgenden dargestellten wissenschaftlichen

Perspektiven zur Betrachtung des Sehens und der Sehveränderungen gibt Abb. 1. Aufbauend auf einer „biologisierten“, physiologischen Perspektive wird das Sehen in den folgenden Kapiteln um „emotionalere“ und komplexere Aspekte vervollständigt. Schließlich münden diese Aspekte in einer erweiterten Betrachtung des Sehens.

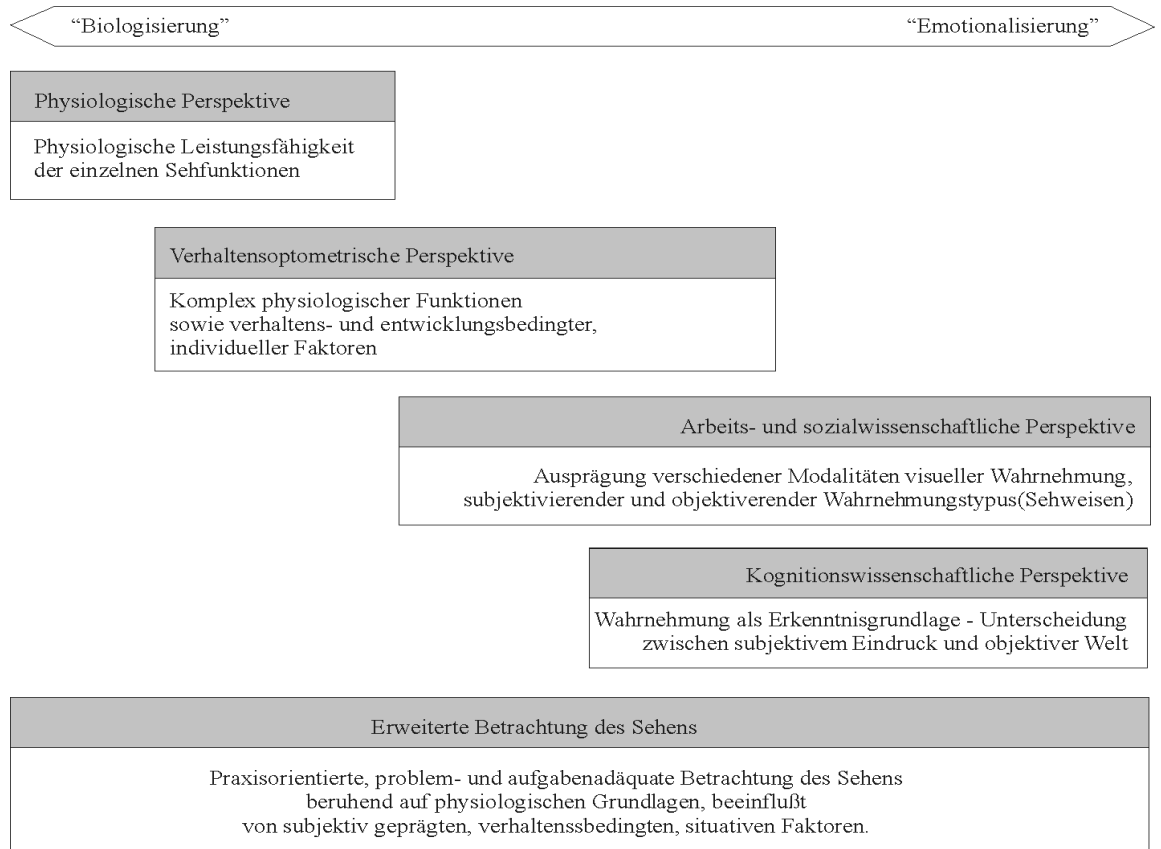


Abb. 1: Verschiedene Perspektiven der Analyse des Sehens

2.2 Die physiologische Betrachtung

Seit Einführung der Bildschirmarbeit ist diese ein breites Forschungsfeld im Bereich der Arbeitsphysiologie. Ein Hauptaugenmerk wird in dieser Disziplin bis heute vor allem darauf gerichtet, ob die Bildschirmtätigkeit die physiologisch-organische Leistungsfähigkeit der Augen beeinflusst.

Durch die Stillstellung des Körpers und die Vereinseitigung des Sehens entstanden neue Beschwerdekompexe, hier insbesondere auch unspezifische Augenbeschwerden und

Sehschärfeveränderungen. Die Beanspruchung kann aus einer Vielzahl von Belastungsfaktoren resultieren: der Gestaltung des Arbeitsplatzes, dem Arbeitsumfeld, der Art der Bildschirmarbeit oder allgemein den ergonomischen Bedingungen. Sehen am Bildschirmarbeitsplatz bedeutet aus physiologischer Sicht eine Extremsituation für die Augen.

In arbeitsmedizinischen Studien zur Bildschirmarbeit wurden bisher verschiedene Aspekte untersucht. Im Wesentlichen sind dies:

- Akkommodation,
- Konvergenz,
- Sehschärfeveränderungen/Myopisierung,
- Kontrastsehen und
- Trockenheit der Augen aufgrund geänderter Blinkfrequenz.

Für eine Analyse von Veränderungen des Sehens und damit verbundenen Beschwerden können und müssen aber wesentlich mehr Funktionen des Sehens berücksichtigt werden. Deshalb werden in der folgenden physiologischen Betrachtung bereits Aspekte berücksichtigt, die grundsätzlich auch aus physiologischer Sicht von Interesse sind, aber bisweilen bei der Untersuchung von Einflüssen der Bildschirmarbeit auf das Sehen ausgeklammert wurden. Eine erste Erweiterung von potenziellen Einflüssen der Bildschirmarbeit auf das Sehen erfolgt mit den Bereichen:

- Kontrastsehen,
- Farbsehen,
- Gesichtsfeld,
- Blickbewegungen und
- Räumliches Sehen.

Es werden zunächst jeweils grundsätzliche Überlegungen zum Sehen bei Bildschirmarbeit dargestellt, ehe auf kurz- und potenzielle längerfristige Folgen eingegangen wird.

Der Stand der empirischen Forschung aus physiologischer Perspektive zum Sehen bei Bildschirmarbeit wird im folgenden Kapitel durch zentrale Studien und deren Erkenntnisse belegt. Es muss jedoch angemerkt werden, dass die Stichprobengrößen der einzelnen Untersuchungen stark variieren und oft Schlüsse aus sehr kleinen Stichproben gezogen werden. Auch werden gänzlich unterschiedliche Messverfahren angewandt, zum Teil

basieren die Erkenntnisse nur auf Befragungen. Große Abweichungen zeigen sich zudem in der zugrunde gelegten Art und Dauer der Bildschirmtätigkeit und der Art der Kontrollgruppen. Die meisten Studien beschränken sich auf die Untersuchung von Veränderungen des Sehens nach mehrstündiger Bildschirmarbeit und damit kurzfristigen Einflüssen. Einige Untersuchungen verzichten gänzlich auf Kontrollgruppen. Langfristige Einflüsse der Bildschirmarbeit auf das Sehen werden nur selten untersucht.

Eine tabellarische Übersicht über Untersuchungsgegenstand, Methodik und zentrale Erkenntnisse der zitierten und weiterer Studien findet sich in Anhang A.

2.2.1 Untersuchungsaspekte der physiologischen Betrachtung

2.2.1.1 Kontrastsehen

Das Auge kann seine Leistung nur voll erbringen, wenn im Gesichtsfeld eine ausreichend große mittlere Leuchtdichte gewährleistet ist. Hierbei sollen die im Gesichtsfeld auftretenden Kontraste nicht allzu groß sein. Wenn die mittlere Leuchtdichte im Zentrum des Gesichtsfelds einen Wert von ca. 100-150 cd/m² hat, kann eine gute Sehschärfe erzielt werden. Dieser Wert steigt mit zunehmenden Alter an, um eine optimale zentrale Sehschärfe zu erreichen (vgl. Hantel, 1997, S. 153). Zum einen ist die altersbedingte Linsentrübung, zum anderen die geringere Pupillengröße verantwortlich, dass der Alterssichtige zur Erzielung einer ausreichenden Sehschärfe eine bis zu 15x höhere Leuchtdichte benötigt. - Eine falsche Leuchtdichteverteilung zieht eine Einschränkung aller anderen Sehfunktionen nach sich.

Sehen ist nur dann uneingeschränkt möglich, wenn das Auge Zeit hat, sich der Leuchtdichteverteilung anzupassen und die Leuchtdichteunterschiede im Gesichtsfeld nicht zu groß sind. Gerade bei stetigem Wechsel zwischen Manuskript und Bildschirm wird die Leistungsfähigkeit der Adaption permanent beansprucht. Durch ein sehr dunkles oder helles Feld wird die lokale Adaption gestört, obschon die mittlere Leuchtdichte des Gesamtsehfelds der Umgebungshelligkeit angepasst ist. Ungleiche Leuchtdichteverteilungen verursachen Beschwerden z.B. durch Blendung und adaptionsbedingte Unschärfe (Hantel, 1997, S. 156).

Die Oberfläche aller Bildschirme besteht aus einem lichtdurchlässigen Material, welches Teile des auftreffenden Lichts reflektiert. Durch Reflexionen wird die Arbeit am Bildschirm erschwert, da der Benutzer einen Teil seiner Aufmerksamkeit darauf richten muss, die entstehenden Bildüberlagerungen zu trennen und sich auf die richtigen Informationen einzustellen. Diese Reflexionen können zusätzlich für Kontraststörungen sorgen.

Es können sowohl Beschwerden durch absolute wie durch relative Blendung auftreten (z.B. wahrgenommene Kontrastarmut, „Nachleuchten“ des Bildes). Zumeist wird der Benutzer versuchen, die Reflexe durch ungeeignete Körperhaltungen, wechselnde Sehentfernungen und Blickneigungswinkel zu unterdrücken.

Bildschirmarbeit könnte aber auch für eine nachhaltige Beeinflussung des Kontrastsehens sorgen. Am Bildschirm werden von den Benutzern starke Kontraste bevorzugt. Auch erfolgen die Darstellungen in klaren Kontrasten mit deutlichen Abstufungen. Natürliche Abstufungen bzw. Schattierungen werden am Bildschirmarbeitsplatz bewusst vermieden. Zudem wird von Bildschirmarbeitern die Helligkeit des Bildschirms vielfach gegenüber dem Arbeitsumfeld stark erhöht (vgl. Sinseder/Schlegel, 2001; Böhle et al., 1998; Degle, 2000).

Zur Beeinflussung des Kontrastsehens bei/durch Bildschirmarbeit liegen nur wenige Erkenntnisse vor. Murata et al. (1996) zeigen eine Reduktion der Kontrastempfindung bei Bildschirmarbeitern im Verlauf einer Arbeitswoche anhand der visuell evozierten Potenziale (VEP) und der „critical flicker fusion frequency“ (CFF) und belegen, dass sich die visuelle Ermüdung von Tag zu Tag anhäuft. Pesch et al. (1994) zeigen eine Verschlechterung des Kontrastsehens anhand musterevozierter visueller kortikaler Potenziale (VECP) und anhand psychophysischer Messung mit Vistech-Tafeln nach mehrstündiger Bildschirmarbeit im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, die sich im Freien aufhielt. Sheedy (1992) berichtet aus einer Befragung von Optometristen, dass Bildschirmarbeiter auch subjektiv über Beschwerden des Kontrastsehens klagen, die sich von anderen Naharbeiten unterscheiden. Dagegen berichten De Groot und Kamphuis (1983) in einer Längsschnittuntersuchung vor und 2,5 Jahre nach Einführung der Bildschirmarbeit in einem Unternehmen (Messung der CFF), dass Veränderungen nicht signifikant nachweisbar seien. Auch Gur und Ron (1992b) zeigen an n=13 Probanden nach 6h Bildschirmarbeit, dass es nicht zu signifikanten Veränderungen des Kontrastsehens kommt.

Auswirkungen langjähriger Bildschirmarbeit auf das Kontrastsehen in einem Querschnittsvergleich mit anderen Arbeitsformen sind nicht bekannt. Die Gegebenheiten am Bildschirmarbeitsplatz lassen die Frage (F1) aufkommen: *Wird bei langjähriger Bildschirmarbeit im Vergleich zu anderen Arbeitsformen das Kontrastsehen beeinflusst?*

2.2.1.2 Farbsehen

Bei der Farbwahrnehmung kann sich wie beim Kontrastsehen kurzfristig eine Belastung

durch eine einseitige statische Reizung der Farbrezeptorzellen ergeben, die bei Fixation entsteht und ein „Nachleuchten“ des Bildes zur Folge hat.

Aus physiologischer Sicht ist es außerdem wichtig, dass Farben sparsam eingesetzt und große Farbkontraste vermieden werden, da die verschiedenen Lichtwellenlängen der Farben eine unterschiedliche Akkommodationseinstellung auf den Bildschirm erfordern und damit Unschärfe hervorrufen können. Auch eine Farbkombination mit Blau ist belastend, da im Zentrum der Fovea keine Rezeptoren für blaues Licht vorhanden sind. Blaue Farben werden deshalb immer unscharf wahrgenommen bzw. erschweren die Konzentration.

Ein weiterer interessanter physiologischer Aspekt ist die Betrachtung der Reizübertragung zum Gehirn auf der „energetischen“ Sehbahn². Auf ihr werden die durch das Auge aufgenommenen Reize direkt dem Zwischenhirn-Hypophysen-System übermittelt. Die Hypophyse wandelt diese Reize durch Hormonproduktion um. Dadurch wird die Nebennierenrinde zur Produktion von sog. Stress-Hormonen veranlasst. „Stress oder, besser gesagt, Disstress, kann also auch durch eine einseitige oder einseitig andauernde Reizung durch Licht oder Farbe entstehen, aber auch durch zu häufigen oder zu grellen Farbwechsel“ (Hantel, 1997, S. 149).

Zudem werden in der Nebenniere Adrenalin und Noradrenalin durch Lichtfarbreize produziert, die das vegetative, also das unbeeinflussbare, Nervensystem anregt. Das vegetative Nervensystem stellt gleichzeitig die Verknüpfung zu den anderen Sinneserlebnissen dar. So erklärt es sich, dass Farberlebnisse immer in Zusammenhang mit anderen Sinneserlebnissen bewusst werden. Auch Hör-, Tast-, Gesichts-, Augenmuskelbewegungs-, Geruchs- und Geschmackssinn sowie das Wärme- und Kälteempfinden sind mit der Farbwahrnehmung sensorisch verknüpft. Deshalb werden Farben als süß, kalt, warm o. ä. empfunden (Hantel, 1997, S. 149f.).

Entgegen den obigen Ausführungen finden sich am Bildschirm in der Regel in statischen Darstellungen klare, isolierte Farben, die häufig eine Signal- oder Symbolwirkung haben sollen. Farbschattierungen werden bewusst vermieden, um die Prägnanz zu erhöhen. Eine direkte Kopplung mit anderen Sinnen kann aufgrund der Darstellungstechnik nicht erfolgen.

Zu Auswirkungen der Bildschirmarbeit auf das Farbsehen sind keine gesicherten

² Nach Hollwich (1988), S. 294f. ist es sinnvoll, die Sehbahn in einen optischen Anteil und einen energetischen Anteil zu trennen.

physiologischen Erkenntnisse bekannt. Lediglich von Cole und Maddocks (1996) wurden Veränderungen des Farbsehens anhand von Ishihara-Tafeln und von Farnsworth F2-Tafeln untersucht. Es wurden mit diesen Tests nur geschlechtsspezifische Unterschiede von Farbschwächen festgestellt. Männliche Untersuchungspersonen wiesen häufiger Farbschwächen auf als weibliche ($p < 0,001$). Ein Einfluss der Bildschirmarbeit auf Farbschwächen konnte mit diesen Verfahren nicht bestätigt werden. Folgende Fragestellung (F2) ist bisher nicht geklärt: *Ändert sich das Farbsehen durch langjährige Bildschirmarbeit?*

2.2.1.3 Gesichtsfeld

Das monokulare Blickfeld bilden alle Punkte, die bei ruhendem Kopf nur durch die möglichen Bewegungen des Auges fixiert werden können (foveale Abbildung). Das monokulare Gesichtsfeld dagegen bildet den Bereich aller Punkte, die bei Fixation eines Punktes unter Ruhstellung von Kopf und Auge peripher um den Fixationspunkt wahrgenommen werden können. Das Gesichtsfeld umfasst also auch Bereiche, die nur eine Objekt- oder Bewegungswahrnehmung, aber keine scharfe Abbildung erlauben. Das binokulare Feld entsteht jeweils aus einer Überlagerung der monokularen Felder.

Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz entstehen durch lokale Ausfälle des Blickfelds. Diese können z.B. durch Makuladegenerationen, Glaukom oder Medientrübungen hervorgerufen werden. Die visuelle Informationsaufnahme ist dann nur unter bestimmten Blickwinkeln möglich. Eine Beanspruchung resultiert aus der Zwangshaltung oder zusätzlichen Blickbewegungen, die zur Kompensation der Ausfälle nötig sind. Beschwerden werden häufig in Form von (lokaler) Unschärfe, Ermüdung der Augen oder Nacken-/Rückenschmerzen geäußert.

Allgemein – auch bei „gesundem“ Auge – werden bei Bildschirmarbeit sehr hohe Anforderungen an das zentrale Gesichtsfeld gestellt, da eine erhöhte, stetige Konzentration auf das nahe Objekt Bildschirm gefordert wird. Periphere Zonen des Gesichtsfelds werden wenig beansprucht bzw. sogar, um die Aufmerksamkeit auf den Bildschirm zu erhöhen, unterdrückt.

Untersuchungen zur Auswirkungen der Bildschirmarbeit auf das Gesichtsfeld liegen bisweilen nicht vor. Lediglich eine Studie, die das zentrale Gesichtsfeld im Hinblick auf eine Erkennung z.B. von Glaukom oder Makuladegenerationen überprüft, ist hier bekannt (Tatemichi et al., 2004). Es stellt sich die Frage (F3): *Treten bedingt durch Bildschirmarbeit Veränderungen des Gesichtsfelds auf?*

2.2.1.4 Blickbewegungen

Im Gegensatz zum normalen Sehen mit kontinuierlich variierenden Sehabständen, Helligkeiten, Kontrasten, Farben, Formen und Blickrichtungen ist das Auge am Bildschirmarbeitsplatz einerseits einer statischen Belastung ausgesetzt, andererseits sorgen häufige Blicksprünge für abrupte Wechsel und führen damit zu dynamischen Belastungen (vgl. Abb. 2).

Die Ausprägung statischer und sakkadischer Belastungen hängt stark von der Art der Arbeitsaufgabe am BAP ab. Grafikbearbeitung an einem Monitor oder langes Warten auf eine Systemantwort sind typische Beispiele für statische Belastungen. Diese können zu fixationstypischen Beanspruchungen und Beschwerden wie Umstellungsschwierigkeiten der Augen bei plötzlichem Fern-Nah-Wechsel, Blendungsempfindlichkeit oder Unschärfe führen. Müssen zum Beispiel in einer Leitwarte mehrere nebeneinander angeordnete Monitore kontrolliert oder bei einer Dateneingabemaske unterschiedliche Felder sukzessive betrachtet werden, ist eine Belastung durch Blicksprünge gegeben. Jene unnatürlichen sprunghaften Bewegungen bewirken eine adaptations-, konvergenz- und akkommodationstypische Beanspruchung, die sich in fixationstypischen Problemen zeigen kann (vgl. 2.2.1.5).

Abrupte Blickwechsel bewirken, dass gleitende, schweifende Bewegungen, wie sie in normaler Umgebung ständig vorkommen, am Bildschirmarbeitsplatz nur selten anzutreffen sind. Untersuchungen zu einem Einfluss auf die Augen-/Blickbewegungen bzw. das dynamische Sehen bei Bildschirmarbeitern sind nicht bekannt, obwohl es zahlreiche Messverfahren und theoretische Modelle gibt (vgl. Fischer, 1999). Von Interesse ist deshalb (F4): *Verändert Bildschirmarbeit die Blickbewegungen?*

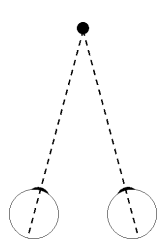
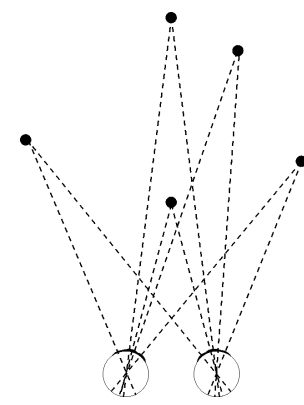
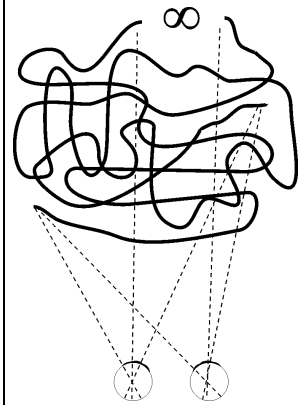
	Statisches Sehen am BAP	Sprunghaftes Sehen am BAP	Normales Sehen
Blickrichtung	 <p>über längere Zeit konstant</p>	 <p>abrupt wechselnd</p>	 <p>kontinuierlich variierend</p>
Belastung	<p>einseitig statisch, z.B. durch Daueranspannung der Muskulatur</p>	<p>sakkadische Augenbewegungen, Blicksprünge</p>	<p>Keine</p>
Beanspruchung/ Beschwerden	<p>z.B. fixationstypisch</p>	<p>z.B. adaptions/akkommodations- typisch</p>	<p>Keine</p>

Abb. 2: Vergleich der Sehweisen am BAP und im Alltag

2.2.1.5 Distanz

2.2.1.5.1 Konvergenz

Für eine Zusammenarbeit beider Augen zur Erreichung eines binokularen Seheindrucks ist ein komplexer Steuerungsvorgang der Augenmuskeln erforderlich. Damit können die Fixierlinien des Augenpaares auf die Distanz des betrachteten Objekts ausgerichtet werden. Um eine optimale Abbildung auf der Mitte der Fovea zu gewähren, stehen die Augenachsen bei Blick auf unendlich weit entfernte Objekte parallel, für eine Abbildung

eines nahen Objekts bilden sie einen Winkel zueinander, den sogenannten Konvergenzwinkel. Diese Konvergenz beruht im wesentlichen auf einer Kontraktion der inneren geraden Augenmuskeln, der Musculi recti mediales³. Je näher sich das betrachtete Objekt befindet, um so höher ist die Anspannung. Eine völlige Entspannung der Konvergenzmuskulatur bzw. ein Muskelgleichgewicht der inneren und äußeren Augenmuskeln (=Konvergenzruhelage) stellt sich beim Menschen im Mittel bei einer Objektentfernung von ca. 100-150 cm ein (=tonische Konvergenz). Hierbei gibt es allerdings große interindividuelle Unterschiede: Die gemessenen Vergenzruhelagen variieren, wie aus Abb. 3 ersichtlich, zwischen 50 cm und unendlich.

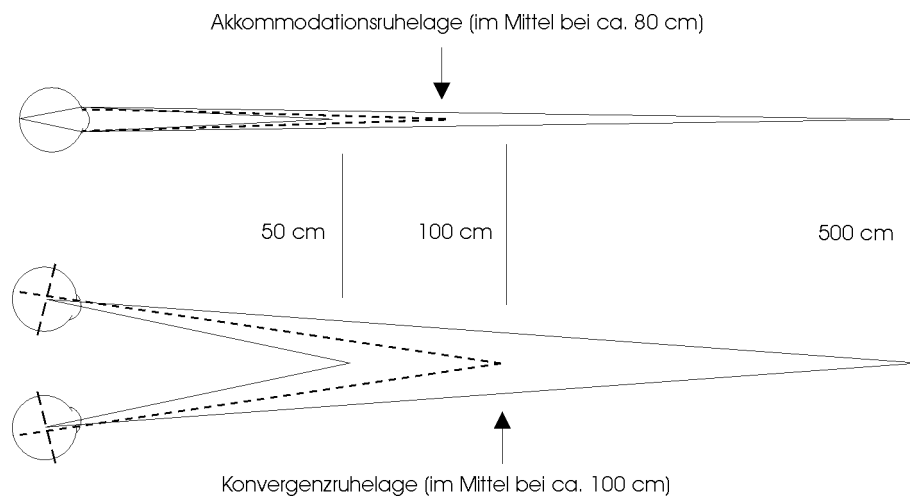


Abb. 3: Vergenz- und Akkommodationsruhelagen (Gemessen in einem dunklen Sehfeld ohne jeden Fusions- und Fixierreiz. Schematische Darstellung jeweils in Mittelwerten und interindividuellen Streubreiten. Eigene Darstellung nach Jaschinski, 1999a)

Des weiteren macht sich bei einer konstanten Arbeitsentfernung, die individuelle Konvergenzgenauigkeit (der fusionellen Konvergenz) stark bemerkbar. Diese ist durch einen individuellen Konvergenzfehler oder eine Konvergenzschwäche bedingt. Bei Konvergenzfehlern unterscheidet man zwischen exophorer Konvergenz (Konvergenz liegt hinter dem Fixierpunkt, d. h. der Schnittpunkt der Sehachsen liegt hinter dem betrachteten Objekt) und einer esophoren Konvergenz (Konvergenz liegt vor dem Fixierpunkt) – vgl. Abb. 4.

³ Zur Divergenz als Gegenbewegung dienen die äußeren Augenmuskeln, Musculi recti laterales.

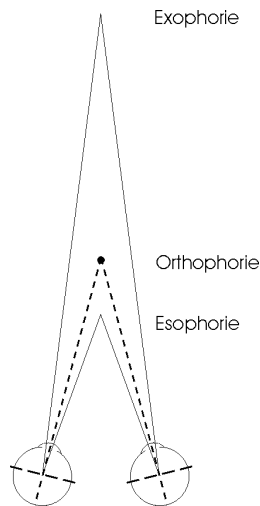


Abb. 4: Formen der Konvergenzfehler

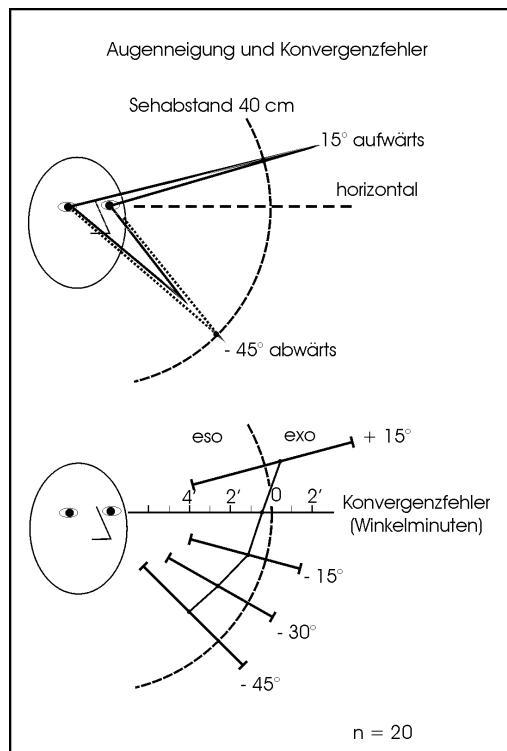


Abb. 5: Abhängigkeit von Augenneigung und Konvergenzfehler (Obere Darstellung zeigt bei fixem Sehabstand den Exo-Trend bei Aufwärtsblick, den Eso-Trend bei starker Blickneigung. Unten wird die Mittelwertkurve einer Stichprobe von 20 Testpersonen dargestellt. Eigene Darstellung nach Jaschinski, 1999b)

Durch die Konstellation am Bildschirmarbeitsplatz machen sich, wie aus Abb. 5 hervorgeht, überwiegend exophore Konvergenzfehler bemerkbar, da meist die

Bildschirmposition zu hoch (horizontaler Blick) und zu nah gewählt ist. Das menschliche Auge ist jedoch bei horizontaler Blickrichtung für einen „Fernblick“ konzipiert, während bei abwärtsgeneigter Blickrichtung die Konvergenz erleichtert ist. – Wie aus Untersuchungen von Jaschinski et al. (1996a und b), die auf einer Weiterentwicklung des Malett-Verfahrens (Konvergenzmessungen mit einem zentralen Fusionsreiz) beruhen, hervorgeht, betragen die Konvergenzfehler zwar nur wenige Winkelminuten, können aber bereits zu asthenopischen Beschwerden führen. Der Blickneigungswinkel und der damit verbundene Sehabstand beeinflussen folglich Konvergenzdisparitäten.

Damit lässt sich erklären, dass durch die konstante Belastung der Konvergenzmuskulatur beim Blick auf den Bildschirm in allen Situationen, in denen der Abstand Auge-Monitor nicht dem der Konvergenzruhelage entspricht, sich durch statische fusionelle Vergenz, die Belastung in Kopfschmerzen, Müdigkeit, Augenstechen, Doppelbilder, Verminderungen der binokularen Sehschärfe und der Kontrastempfindlichkeit oder ähnlichen Symptomen äußern kann.

Die Intensität möglicher Beschwerden ergibt sich auch aus dem Zusammenspiel der motorischen und sensorischen Fusion, denn das Augenpaar ist bis zu einem gewissen Grad in der Lage okulomotorische Stellungsfehler (unter Anstrengung) durch sensorische Fusion auszugleichen⁴. Bei zu hoher Phorie, größeren Konvergenzdefiziten oder Ermüdung treten dann Doppelbilder auf.

Bildschirmarbeit kann die Konvergenzruhelage durch Adaption an das nahe Fixationsobjekt verkürzen. Der fusionelle Anteil der Konvergenz wird dabei geringer. Ehrlich (1987) zeigt, dass die Vergenz-Anpassung hauptsächlich auf die (statische) fusionelle Anforderung am BAP zurückzuführen ist. Owens und Wolf-Kelly (1987) weisen eine Veränderung der Vergenzruhelage bereits nach einstündiger Bildschirmarbeit nach. Ishikawa (1990) zeigt, dass sich die Nah-Trias (Akkommodation, Konvergenz und Pupillenreaktion) langfristig verändert und Bildschirmarbeiter verursacht durch den tonischen Stimulus 1,8x mehr Abnormalitäten im Vergleich zur untersuchten Kontrollgruppe aufweisen.

Zum Einfluss der Bildschirmarbeit auf die Konvergenz finden sich zahlreiche weitere Forschungsergebnisse: Eine signifikante Abnahme der fusionellen Konvergenz nach 6h Bildschirmarbeit belegen Gratton et al. (1990). Eine Einschränkung des

⁴ Bei o.g. Messungen wurde deshalb die sensorische Fusion verfahrenstechnisch ausgegrenzt. Gemessen wurden nur der motorische Anteil von Konvergenzstellungen relativ zu den Korrespondenzzentren.

Konvergenzspektrums nach einer Woche Bildschirmarbeit geht aus den Untersuchungen von Gur et al. (1994) hervor. Watten et al. (1994) bestätigen bei N=43 weiblichen Bildschirmarbeiterinnen, dass in über 60% der Fälle der Grund für eine Reduktion der Zone of Clear Single Vision (ZCSV)-Komponenten nach einem Arbeitstag die Vergenzreduktion ist. Nur wenige Studien sehen keinen Zusammenhang zwischen Bildschirmarbeit und Veränderung der Konvergenz, z.B. Yeow und Taylor (1989), die generell keine signifikanten Effekte der Bildschirmarbeit auf visuelle Funktionen feststellen.

2.2.1.5.2 Akkommodation

Die Augenlinse wird bei einer Ausrichtung des Blicks auf ein fernes oder nahes Objekt durch den Ziliarmuskel gekrümmt, um eine scharfe Abbildung auf der Fovea zu erreichen. Mit zunehmender Nähe des Objekts steigt die Anspannung des Ziliarmuskels. Damit verkleinert sich der Radius der Linse und ihre Brechkraft erhöht sich (vgl. Abb. 6).

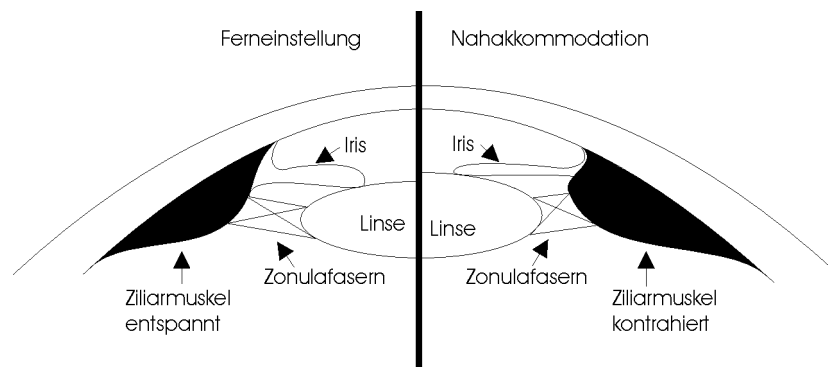


Abb. 6: Akkommodationsvorgang – schematisch (eigene Darstellung nach Jaschinski, 1996b)

Durch die statische Anspannung des Ziliarmuskels bei Bildschirmarbeit erklären sich Beschwerdesymptome wie Augenstechen, Unschärfe bis hin zu Kopfschmerzen o.ä.. Auch bei der Akkommodationsruhelage zeigt sich eine interindividuelle Varianz zwischen 50 cm und unendlich zum betrachteten Objekt (Jaschinski, 1996b). Daraus geht hervor, dass auch hier eine weitestgehende Belastungsfreiheit nur bei individueller Wahl des Monitorabstands und der Monitorhöhe erreicht werden kann. Dabei sollte sich die Hauptsehentfernung und -richtung im Bereich der Akkommodationsruhelage befinden.

Wie die Konvergenzruhelage kann sich auch die Akkommodationsruhelage durch die statische Belastung im Laufe eines Arbeitstages verschieben. Dabei ist auch zu erwarten, dass die aufgebrauchte Akkommodationsleistung aufgrund von Ermüdungserscheinungen geringer wird.

Ebenso wie zur Konvergenz finden sich zur Akkommodation bei Bildschirmarbeit zahlreiche Forschungsergebnisse: Gratton et al. (1994) berichten von einer signifikanten Verschiebung der Akkommodationsruhelage zur Nähe bei 13 von 14 Probanden. Einen Rückgang der Akkommodationsbreite weisen Gur und Ron (1992) nach. Auch nach einer Woche Bildschirmarbeit ist laut Gur et al. (1994) das Akkommodationsspektrum gegenüber anderen Arbeitsformen signifikant eingeschränkt. Lie und Watten (1994) zeigen, dass die Akkommodation durch signifikante Veränderungen am Ziliarmuskel eingeschränkt ist. Murata et al. (1996) zeigen eine Veränderung der Akkommodationsruhelage im Tagesverlauf und im wöchentlichen Verlauf bedingt durch Bildschirmarbeit, nicht jedoch in der Kontrollgruppe. Auch Owens und Wolf-Kelly (1987) stellen signifikante Veränderungen der Akkommodationsruhelage fest, jedoch in Abhängigkeit vom Ausgangszustand des Tonus beim jeweiligen Probanden. Saito et al. (1994) belegen eine Verringerung der Akkommodation in Höhe und Geschwindigkeit der Adaption nach vierstündiger Bildschirmarbeit. Außer Yeow und Taylor (1989) bestätigen alle Forschungserkenntnisse eine Veränderung der Akkommodation durch Bildschirmarbeit.

Geht man von einer Verschiebung der Akkommodationsruhelage zur Nähe aus, so findet sich damit auch eine Erklärung für eine Myopisierung durch Bildschirmarbeit, die sich durch eine Verschiebung der tonischen Akkommodation manifestieren kann. Das Auge stellt sich auf eine Dominanz des Sehens in der Nähe ein und wird dadurch kurzsichtiger (vgl. Kap. 2.2.1.5.3).

Auffällig ist, dass – obwohl es sich bei der Akkommodation eigentlich um einen dynamischen Prozess handelt – in nahezu allen vorliegenden Studien diese Sehfunktion (ebenso wie die Konvergenz) unter statischen Aspekten untersucht und betrachtet wird. Ausgeblendet wird dabei ein wesentlicher Punkt: Die Beschwerden bei Bildschirmarbeit resultieren aus einer permanent statischen Beanspruchung der Augen entgegen der natürlichen Dynamik des Sehvorgangs, denn die Dynamik des Sehens mit häufigen unterschiedlichen Entfernungseinstellungen geht am BAP verloren. Lediglich zwei Untersuchungen sind bekannt, welche die Dynamik untersuchten: Saito et al. (1994) stellten fest, dass sich die Geschwindigkeit der Akkommodation nach vierstündiger Bildschirmarbeit verringert, allerdings ohne dabei die Konvergenz mit zu berücksichtigen. Iribarren et al. (2001) berichten von einer negativen Korrelation der Naharbeit mit der

Motilität der Akkommodation (=accommodative facility)⁵ und einer positiven Korrelation von Naharbeit mit asthenopischen Beschwerden. Anhand der relativ kleinen Gesamtstichprobe (n=87) konnte jedoch in dieser Studie kein signifikanter Zusammenhang der Motilität der Akkommodation und der Bildschirmarbeit belegt werden.

Für Bildschirmarbeit im Vergleich zu anderen Arbeitsformen stellt sich deshalb nach wie vor die Frage (F5): *Wird die Motilität der Akkommodation und der Konvergenz durch langjährige Bildschirmarbeit beeinträchtigt?*

2.2.1.5.3 Sehschärfe und Fehlsichtigkeit

Im Fixationszentrum, dem Zentrum der Fovea, ist die Anzahl der lichtempfindlichen Rezeptoren der Netzhaut am größten. Entsprechend liegt hier das Maximum der Sehschärfe (Visus), das zur Peripherie schnell abfällt (vgl. Abb. 7).

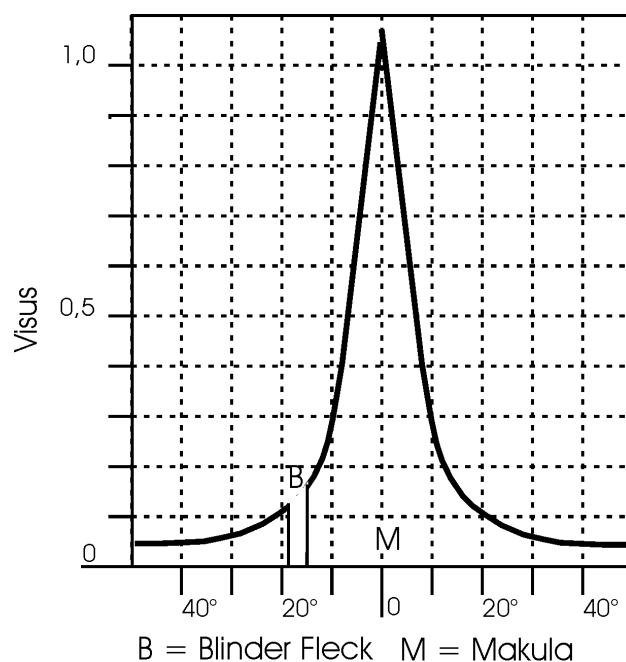


Abb. 7: Verteilung der prozentualen, relativen Sehschärfe über das Gesichtsfeld in Abhängigkeit vom Netzhautort (eigene Darstellung nach Köhl/Roth, 1995, S. 77)

⁵ Motilität bezeichnet die Beweglichkeit bzw. Geschwindigkeit der Anpassung der Fixation/Schärfe bei einem Distanzwechsel.

Wirklich scharfes Sehen ist in einem Bereich von etwa 10-20 Sehwinkelminuten Durchmesser der Netzhaut möglich.⁶ Zum flüssigen Lesen ist es aber erforderlich, dass auch die peripheren Zeichen trotz geringerer Sehschärfe sicher erkannt werden. Denn das flüssige Lesen setzt eine Mindestanzahl gleichzeitig lesbarer Buchstaben voraus. Somit ist die Buchstabengröße durch das zentrale Auflösungsvermögen des Auges und durch die geringe Ausdehnung des Bereichs ausreichender Sehschärfe determiniert.

Für die geringste Beanspruchung – und damit auch für die Eignung der Zeichen – zeigt sich ein Optimum bei Zeichentypen mit einer Höhe von 20 bis 28 Sehwinkelminuten. In der Praxis ist die erforderliche Zeichengröße allerdings auch von Faktoren wie Netzhautort der Abbildung, Akkommodation, Adaptionszustand sowie Zeichenschärfe, Zeichenkontrast, Leuchtdichte und Zeichenform abhängig.

Unter Berücksichtigung der o.g. Faktoren hat sich eine Sehleistung von mind. Vcc 0,8 (zentrale Sehschärfe) und eine Zeichengröße berechnet über den Arbeitsabstand nach der Bedingung

$$0,052 * a_E \leq \text{Zeichengröße (mm)} \leq 0,07 * a_E \quad (\text{wobei } a_E = \text{Einstellentfernung})$$

als geeignet erwiesen. Somit beträgt die optimale Zeichengröße bei einem hochauflösenden Monitor in 60 cm Entfernung zwischen 3,12 und 4,2 mm. Liegen Sehschärfe und/oder Zeichengröße außerhalb dieses Bereichs, können durch die Unschärfe Beschwerden wie „Verschwommen Sehen“ auftreten (vgl. Hantel, 1997, S. 151-153).

Grundsätzlich lassen sich distanzbedingte Beschwerden am Bildschirmarbeitsplatz nur bei ausreichender Sehschärfe, Konvergenz- und Akkommodationsleistung und geeigneter Zeichengröße vermeiden. Des weiteren sind aber etwaige Fehlsichtigkeiten zu berücksichtigen, die unterschiedliche Belastungen am Bildschirmarbeitsplatz nach sich ziehen.

Eine geringe Myopie bis etwa 1,0 dpt kann beschwerdefreies Arbeiten bedeuten, da ein scharfes Sehen bis 1 m Arbeitsabstand möglich ist. Bei höherer, unkorrigierter Myopie können sich abhängig von der benötigten Tiefe des Arbeitsumfelds und dem Grad der Myopie Beschwerden durch Unschärfe ergeben. Dies lässt sich aus der maximalen Entfernung eines Objekts, das scharf gesehen wird, erklären⁷.

⁶ Dies ist auch der Prüfbereich für die „zentrale Sehschärfe“= Visus.

⁷ Die maximale Entfernung entspricht in etwa dem Betrag des Kehrwerts der Dioptrienzahl.

Eine problematische Fehlsichtigkeit stellt die Hyperopie dar: Diese wird im Alltag bei wechselnden Sehentfernungen häufig nicht erkannt. Solange die Akkommodationsleistung die Hyperopie noch kompensieren kann, sieht der Hyperope in vielen Sehbereichen unter Akkommodationsaufwand kurzzeitig auch ohne Brille scharf. Mit Nachlassen der Akkommodationsleistung und stärkerer Hyperopie rückt jedoch der Nahpunkt weiter vom Auge weg und das Sehen in der Nähe erfolgt unter größerer Belastung bzw. wird unmöglich. Besonders bei schlecht auflösenden Bildschirmen, zu kleinen Zeichendarstellungen, zu geringer Leuchtdichte oder schlechtem Kontrast und statischem Blick treten Belastungen durch Hyperopie auf. Durch die statische Akkommodation kommt es zu Beschwerden vor allem bei längerer ununterbrochener Bildschirmtätigkeit und geringem Monitorabstand.

Asthenopische Beschwerden können auch einen nicht korrigierten Astigmatismus zur Ursache haben. Bei geringen Sehanforderungen im Alltag macht sich die Hornhautverkrümmung noch nicht bemerkbar, Bildverzerrungen am Monitor rufen indessen Beschwerden hervor. Besonders im Fall eines Astigmatismus mixtus, bei dem bei Fernakkommodation der Kreis engster Einschnürung auf der Netzhaut liegt, entstehen in der Nähe Zerrbilder, die sich sonst kaum bemerkbar machen. Höhere astigmatische Werte mit symmetrischen Achslagen können bei starken Blickauslenkungen und raschen Blickwechseln ein „Schaukeln“ des Seheindrucks und anamorphotische Verzerrungen hervorrufen, die wiederum zu asthenopischen Beschwerden führen.

Es wird im Weiteren davon ausgegangen, dass eine bereits vorhandene Fehlsichtigkeit entsprechend durch eine optischer Korrektur (Brille oder Kontaktlinsen) entsprechend ausgeglichen ist. Dennoch wird unterstellt, dass Fehlsichtigkeit sich durch längere Bildschirmarbeit entwickeln könnte. Erklärt wird dies mit der Verschiebung der Akkommodationsruhelage zur Nähe hin bzw. einer Anpassung an die dauernde statische Naharbeit (vgl. Kap. 2.2.1.5.2 Akkommodation). Neue Überlegungen sehen auch den Grund für eine mögliche Myopisierung und auch die Bildung eines Astigmatismus in einem erhöhten Liddruck bei kontinuierlicher Naharbeit, wodurch eine Vorwölbung der zentralen Hornhaut bzw. eine Abflachung der lidbedeckten Hornhautsegmente verantwortlich sein könnte (vgl. Collins et al., 2005 und Degle, 2003).

Eine kurzfristige Myopisierung durch Bildschirmarbeit belegen z.B. Ehrlich (1987), Gur und Ron (1992) sowie Owens und Wolf-Kelly (1987). Längerfristig beständige Myopisierung zeigen z.B. Kinge et al. (2000). Zahlreiche Studien, z.B. Cole et al. (1996), Mutti und Zadnik (1996), Pesch et al. (1994), Rechichi und Scullica (1996a und b), Yeow und Taylor (1989 und 1991), kommen zu dem Schluss, dass weder kurzfristig noch längerfristig durch Bildschirmarbeit mit einer Myopisierung zu rechnen ist. Eine gesicherte

wissenschaftliche Erkenntnis existiert nicht, so bleibt diese Frage nach wie vor offen (F6):
Trägt langjährige Bildschirmarbeit zu einer Veränderung der Fehlsichtigkeit bei?

2.2.1.6 Räumliches Sehen

Eine Beeinflussung des räumlichen Sehens kann bei Bildschirmarbeit in der überwiegend zweidimensional dargebotenen Information liegen. In einer „natürlichen“ Sehumgebung veranlasst das stereoskopische Sehen beider Augen – vornehmlich bedingt durch Fusion, Vergenzen, Netzhautkorrespondenz und Sehschärfe – das Gehirn, die wahrgenommenen Objekte in einer dreidimensionalen Beziehung zu erkennen und zu lokalisieren. Objekte erscheinen durch die Abweichung der Netzhautbilder aufgrund des Abstands beider Augen (Querdisparation) räumlich (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 157ff.).

Besonders bei Konvergenz- und Sehschärfe-problemen ist die zweidimensionale Darstellung eine wesentlich größere Belastung, da sie eine exaktere Fixation des Objekts voraussetzt. Durch das Fehlen der dritten Dimension vereinigen sich demnach viele der o.g. Einzelbelastungen und werden durch fehlende Plastizität verstärkt.

Zur Auswirkung der mit Bildschirmarbeit verbundenen Zweidimensionalität auf das räumliche Sehen ist keine Studie bekannt. Es ergibt sich folgende Fragestellung (F7):
Wird das räumliche Sehen durch langjährige Bildschirmarbeit beeinflusst?

2.2.1.7 Lidschlagfrequenz

Zur „Kühlung“ der vorderen Augenabschnitte trägt insbesondere der Tränenfilm, der durch den Lidschlag permanent erneuert wird, bei. Der Lidschlag wird durch natürliche Blickwechsel und Kopfbewegungen angeregt und erfolgt in der Regel spontan und unbewusst.

Bei einer konzentrierten Bildschirm-tätigkeit werden durch Fixation ebendiese Blickwechsel und Kopfbewegungen unterdrückt, wodurch die Lidschlagfrequenz beachtlich herabgesetzt wird. Die durchschnittliche Lidschlagfrequenz beträgt normalerweise 20 bis 40 Lidschläge pro Minute, sie fällt aber bei konzentrierter Arbeit am Computer bis auf unter 5 Lidschläge ab. Dadurch reduziert sich die Benetzung des Auges mit Tränenflüssigkeit und die äußere Augentemperatur steigt um über 0,5 °C an (vgl. Welk/Lingelbach, 1996). Der wässrige Teil der Tränenflüssigkeit verdunstet stärker, die

Konzentration der im Tränenfilm gelösten Stoffe nimmt zu und der Tränenfilm verdickt sich. Dadurch wird die Sauerstoffversorgung der Hornhaut eingeschränkt und der aerobe Stoffwechsel der Hornhaut beeinträchtigt. Dies reizt die freien Nervenendigungen in der Hornhautepithelschicht und bewirkt Augenbrennen oder Juckreiz. Ein Versuch des Versorgungsausgleichs durch die skleralen Blutgefäße in Form einer Steigerung der Durchblutung sorgt vorwiegend bei älteren Menschen für Probleme wie „rote Augen“ mit sichtbaren Gefäßeinsprossungen.

Welk und Lingelbach (1996) belegen den Zusammenhang zwischen der Herabsetzung der Lidschlagfrequenz bei Bildschirmarbeit und oben genannten Symptomen. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen Kaneko und Sakamoto (2001), Nakaishi und Yamada (1999) und Doughty (2001). Langfristige Veränderungen sind nicht bekannt. So ergibt sich als weiterhin offene Fragestellung (F8): *Wirkt sich langjährige Bildschirmarbeit nachhaltig auf das Phänomen rotes und trockenes Auge aus?*

2.2.1.8 Alter

Jeder Mensch wird im Laufe seines Lebens alterssichtig. Die Presbyopie macht sich ab einem Alter von 38 bis 48 Jahren bemerkbar. Die Einstellung auf eine neue Sehentfernung dauert länger, der Schärfentiefebereich wird geringer und die minimale Nahsehentfernung „wandert vom Auge weg“. Dies ist am Verlauf der Duane-Kurve (vgl. Abb. 8) nachzuvollziehen. Ohne optische Hilfsmittel sinkt somit die Fähigkeit in kurzen Entfernungen scharf sehen zu können. Die einzig wirkungsvolle Maßnahme ist das Tragen einer „Altersbrille“. Diese kann durch bedingt durch den gewählten Glastyp für Beschwerden sorgen, die sich besonders bei den Sehanforderungen am Bildschirmarbeitsplatz bemerkbar machen (vgl. Kalder, 1997).

Es sind allerdings nicht nur die Auswirkungen des Alters auf die Akkommodationsleistung zu berücksichtigen, auch der Status der Fehlsichtigkeit ändert sich im Laufe des Lebens – unabhängig von der Arbeitsform (vgl. Grignolo et al., 1998; Degle, 2003). Heron et al. (2001) zeigen, dass die Akkommodationsamplitude zwar signifikant mit dem Alter zurückgeht, die Vergenzfähigkeit sich aber nicht verändert. Es gibt keine signifikanten Veränderungen in den Reaktionszeiten bzgl. der Akkommodation und der Vergenz in der untersuchten Gruppe der 16-48Jährigen.

Neben den wesentlichen altersbedingten Veränderungen der Akkommodation und Fehlsichtigkeit sind auch natürliche Veränderungen z.B. des Kontrastsehens und des Farbsehens bekannt (vgl. Berke/Münschke (1996), S. 237f. und S. 196f.). Diese Einflüsse

sind deshalb bei Untersuchungen auf Veränderungen des Sehens zu berücksichtigen.

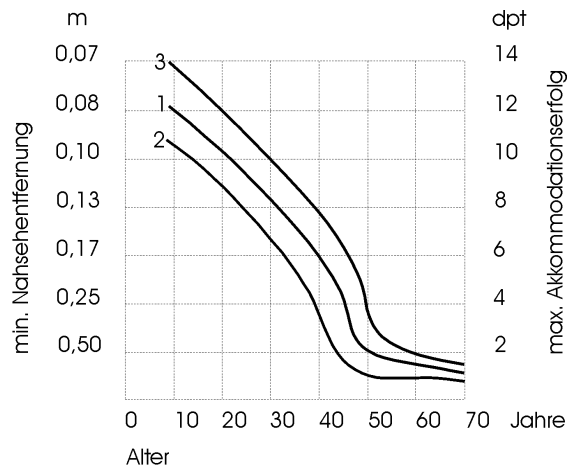


Abb. 8: Duane-Kurve: Altersabhängiger maximaler Akkommodationserfolg (Akkommodationsbreite) und minimaler Nahsehastand (bei Emmetropie), 1= Mittelwert, 2= Minimalwert, 3= Maximalwert (Eigene Darstellung nach Berke/Münschke, 1996, S. 149)

2.2.2 Zwischenfazit

Sehen am Bildschirmarbeitsplatz bedeutet aus physiologischer Sicht aufgrund einer Vielzahl von Einzelbelastungen „Schwerstarbeit für die Augen“ (vgl. Kraus-Mackiw, o.J., S. 17).

Die Intensität der Beanspruchung ist einerseits von der Komplexität und dem Zusammentreffen der Einzelbelastungen abhängig. Andererseits spielen hier auch globale Faktoren wie das individuelle körperliche Leistungsvermögen, Müdigkeit, aber auch psychische Aspekte eine Rolle, wie intensiv die Beanspruchung wahrgenommen wird.

Wie lange die Beanspruchungssymptome anhalten und ob aus der mehrfachen Dauerbeanspruchung ein chronisches Dauerleiden bis hin zu einer irreversiblen Schädigung entsteht, geht aus den bisherigen Forschungserkenntnissen kaum hervor. Auch werden bis heute zentrale Teilbereiche des Sehvorgangs in der physiologischen Forschung außen vor gelassen, die für das Wohlbefinden der Bildschirmarbeiter relevant sein könnten und die es deshalb zu untersuchen gilt.

Die Praxis der Arbeitsmedizin hat mit dem Screening-Test nach G37 ein nur unzureichendes Mittel an der Hand, um Sehbeschwerden und Veränderungen des Sehens aufgrund von Bildschirmarbeit zu diagnostizieren bzw. vorzubeugen, da dieses Testverfahren nur Teilbereiche des Sehens in einem sehr groben Raster prüft und zudem noch einen sehr großen Ermessensspielraum des Prüfers mit einfließen lässt.

Aber selbst wenn irreversible Schäden des Sehorgans aufgrund von Bildschirmarbeit eine „Glaubensfrage“ sind, so sind am Bildschirmarbeitsplatz bereits aus physiologischer Sicht dennoch die Augen einer einseitigen Belastung ausgesetzt, die einen Ausgleich erfordert.

Hier findet man eine gute Parallele bei den Ernährungswissenschaften: Einseitige Ernährung in unserer modernen Gesellschaft erfordert, um Leistungsminderungen und Schädigungen des Organismus zu vermeiden, einen ausgewogenen Ernährungsplan. Dieser besteht aus einer qualitativ hochwertigen Grundnahrung und einer Ergänzung z.B. durch gezielte Vitaminzufuhr. Zu berücksichtigen sind aber auch die körperliche Dynamik, die sportliche Betätigung, bis hin zum seelischen Wohlbefinden.

So ist bei einer einseitigen Belastung durch Bildschirmarbeit, die einer einseitigen Ernährung der Augen gleicht, ist ein „Ernährungsplan“ unerlässlich. Eine gute Qualität der Grundnahrung kann durch individuell angepasste Ergonomie erreicht werden. Doch diese sorgt trotz alledem für Beschwerden unter den Bildschirmarbeitern, die auf die Besonderheiten des Sehens am Bildschirmarbeitsplatzes zurückzuführen sind.

Es stellt sich also zunächst die Frage, ob weitere Aspekte des Sehens zu berücksichtigen sind, die mit physiologischen Erklärungen nicht berücksichtigt werden können, aber zu einer Veränderung des Sehens beitragen, ehe dann über Kompensation nachgedacht werden kann.

2.3 Verhaltensoroptometrie

Ein Ansatzpunkt zur Erweiterung des Sehens findet sich in der Verhaltensoroptometrie. Als Teil der Funktionaloptometrie beschäftigt sich diese mit Funktionsstörungen, die aufgrund eines gestörten Sehverhaltens oder einer fehlerhaften Sehentwicklung auftreten und zu Problemen in der visuellen Wahrnehmung führen. Durch eine umfassende Betrachtungsweise der visuellen Situation mit verschiedenen Funktionstests, einer ausführlichen Anamnese werden unter der Berücksichtigung des Lernens und der Erfahrung Sehprobleme erörtert. Sie werden als Teile des Gesamtsystems Mensch betrachtet. Sehen wird hier nicht nur unter dem physiologischen Aspekt betrachtet, sondern es wird unterstellt, dass das Sehen in erster Linie auf Lernen und Erfahrung beruht.

Visuelle Probleme lassen sich nicht immer auf einen einzigen Defekt zurückführen und deren Lösung liegt in einer Änderung des gesamten Sehverhaltens.

Auch wird unterstellt, dass je mehr und je schneller sich unsere Lebensweise von der unserer Vorfahren entfernt, umso weniger die Wahrnehmung fehlerfrei funktionieren wird. Beispielsweise ist die visuelle Entwicklung eines Kindes in einer modernen Großstadtwohnung grundlegend anders als vor noch wenigen Generationen, so dass viele Entwicklungsstufen gar nicht mehr in der gewohnten Weise stattfinden können. Ein Großteil der Großstadtkinder entwickelt sich trotzdem ohne auffällige Sehstörungen – im Einzelfall aber führt das Zusammentreffen unterschiedlicher Belastungsfaktoren zu Problemen der visuellen Wahrnehmung.

Das Sehen als komplexes Zusammenspiel von verschiedenen Sehfunktionen ist noch unzureichend erforscht und deren Bedeutung im Alltag meist nicht bewusst. Auch ist es nicht isoliert von den anderen Sinnen zu betrachten. – So ist z.B. die bildliche Vorstellung einer Zitrone zugleich auch mit dem Bewusstsein von deren Geschmack und dem Anfühlen der Zitronenhaut verbunden.

Bereits vor mehreren Jahrzehnten wurden von A. M. Skeffington die Grundsteine für dieses Wahrnehmungsmodell gelegt: Er erkannte, dass das Sehen als Gesamtkomplex verschiedener Funktionen zu betrachten ist. Zur Veranschaulichung und Analyse wurde von ihm in vier „Kreise“ zerlegt (vgl. Suchoff, 1991), wie dies Abb. 9 verdeutlicht.

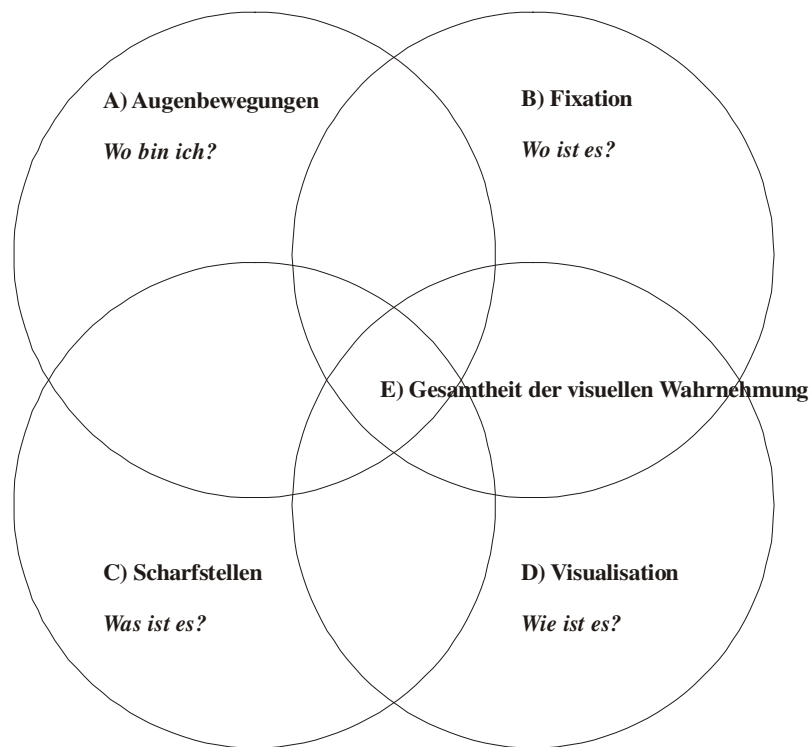


Abb. 9: Modell visueller Wahrnehmung nach Skeffington

Das Sehen setzt sich demnach aus folgenden Teilfunktionen zusammen, die sich gegenseitig bedingen und aufeinander aufbauen:

A) Augenbewegungen

Durch Augenbewegungen findet eine Orientierung im Raum statt. Sie dienen der Klärung des eigenen Standortes (Wo bin ich?). Eine wichtige Grundlage guter visueller Leistungsfähigkeit sind gleichmäßige, fließende Augenbewegungen. Ruckartige, stockende oder überschießende Augenbewegungen führen konsequenterweise zu Defiziten des Sehens.

B) Fixation

Vergenzen lenken die Fixation auf den Punkt des Interesses. Die Konvergenzbewegungen der Augen ermöglichen die Standortbestimmung des betrachteten Gegenstandes (Wo ist es?). Größere Mängel bei den Augenbewegungen schränken die Bandbreite der Vergenzbewegungen ein bzw. machen diese unmöglich. Konvergenzfehler bewirken eine gestörte Fixation (vgl. Kap. 2.2.1.5).

C) Scharfstellen

Die Akkommodation dient der Scharfstellung des betrachteten Gegenstandes zur

Erkennung (Was ist es?). Zielgerichtete Akkommodation (vgl. Kap. 2.2.1.5.2) beruht auf einem funktionierenden Fixationsvorgang.

D) Visualisation

Die Visualisation beschreibt den Vorgang, „sich ein Bild zu machen“ bzw. das subjektive Erleben des Gesehenen (Wie ist es?).

Das „sich ein Bild machen“ von den Dingen geht weit über den physiologischen Sehvorgang hinaus. Zum einen sind alle anderen Sinne bei der Wahrnehmung ebenso beteiligt, zum anderen machen sich Defizite in den Erfahrungsmustern über alle „Sehkreise“, sei es aufgrund physiologischer Defekte oder aufgrund von (V)erlernen, bei der Visualisation bemerkbar. - Hier findet auch eine Vermischung mit den anderen Sinneserfahrungen (Gehör, Geruch, Gefühl, Geschmack) statt (vgl. Kap. 2.2.1.2).

E) Gesamtheit der visuellen Wahrnehmung

Das eigentliche Sehen ist das Ergebnis des Zusammenwirkens aller beteiligten Einzelfunktionen. Das Sehen findet nur beschwerdefrei bei einem Zusammenspiel aller Teilbereiche statt.

Physiologische Überlegungen konzentrieren sich mit Konvergenz und Akkommodation bzw. Sehschärfe auf die Bereiche B) und C). Augenbewegungen (A) als Grundlage des Sehvorgangs und die Visualisation (D) sowie die Gesamtheit der visuellen Wahrnehmung (E) werden dort außen vor gelassen. Blickbewegungen und Gesichtsfeld (passend zu Kreis A) und z.B. Kontrastsehen, Farbsehen (D) gelten nach diesem Modell als Bausteine der Gesamtheit der visuellen Wahrnehmung und müssen bei der Betrachtung des Sehens gleichsam berücksichtigt werden.

Eine weitere wichtige Grundlage des Modells von Skeffington ist die „visuelle Erfahrung“: Die Aufnahme- und Leistungsfähigkeit des visuellen Systems ist abhängig von den visuellen Erfahrungsmustern, die in möglichst guter Qualität zur Verfügung stehen müssen. Als tätigkeitsbezogenes Beispiel ist hier z.B. an eine Leitwarte zu denken. Ein Berufsneuling muss auf jedes Signal, jede einzelne Meldung konzentriert achten, um beurteilen zu können, ob die zu steuernde Anlage fehlerfrei arbeitet. Der erfahrene Anlagenfahrer hat jedoch eine selektive, routinierte Wahrnehmung erreicht – er reagiert nur auf Situationen, die erfahrungsgemäß gefährlich sein könnten. Dadurch erlernt er eine aufgabentypische Sehweise.

Das Modell Skeffingtons gilt heute als Grundlage der (amerikanischen Verhaltens-) Optometrie. Es hat sich hierauf aufbauend eine eigene Wissenschaft entwickelt, die

jedoch mehr in der praktischen Anwendung, weniger in der Forschung verbreitet ist. Einsatz diese Überlegungen in der Analyse von Sehproblemen, in der Kinderoptometrie, in der Überprüfung des Binokularsehens bis hin zum Visualtraining. In Deutschland sind diese Verfahren noch wenig bekannt.

Moderne Optometrie lenkt ihren Fokus auf die Tatsache, dass der Sehvorgang weit über die physiologischen Vorgänge hinaus betrachtet werden muss. Manas (1965, S. 4) schreibt bereits: „Vermutlich haben wir bisher zu sehr die physikalischen Größenverhältnisse am Auge gemessen und dabei vergessen, dass das Auge nur ein Glied der ganzen Kette von Tätigkeiten darstellt, die insgesamt zur Empfindung ‚Sehen‘ führt.“ Auch wird bereits hier von Änderungen des Sehens berichtet: „Nomalerweise entstehen Änderungen des Sehens (...) durch Wachstum, Alter, Berufswahl und wegen sozialer Anforderungen. Sogar emotionale Faktoren können hier ein Reiz sein“ (ebd., S. 11).

Zitiert werden dort unter anderem Arbeiten von Schwartz und Sandberg, die bereits 1954 einen Trend zur Myopisierung unter dem Einfluss der Dienstzeit auf Unterseebooten feststellten (Manas, 1965, S. 11). Auch Untersuchungen von Elder (1930) an einer Londoner Typographenschule ergaben, dass konstante Naharbeit zu einer fortschreitenden Myopie beiträgt (Manas, 1965, S. 13). Anschaulich werden damit Beispiele für Veränderungen des Sehens durch Umwelanpassung dargestellt.

Kritisiert wird bei Manas (1965, S. 14f.), dass die Physiologie sich auf strukturelle Veränderungen konzentriert, hingegen die funktionellen Veränderungen diesen voraus gehen. „Jan Stephenson beschreibt in seinem Artikel ‚Weshalb die Medizin keine Wissenschaft ist‘ (Harper’s Magazine, April 1949) drei Stufen dieses Prozesses: Es gibt drei Stufen von Krankheit: Die erste Stufe besteht in einer funktionellen Störung oder in einem Missbrauch. Sie ist schwer zu erkennen und sowohl für den Arzt wie für den Patient oft unbemerkbar. Die zweite Stufe bringt die definitiven Erkrankungssymptome und im dritten Stadium kommt es zu Strukturveränderungen“ (Manas, 1965, S. 14). Das ist auch eine Erklärung dafür, dass „in einer Personengruppe mit jeweils gleichem Refraktionszustand einige alle möglichen visuellen Probleme haben, während andere überhaupt keine Schwierigkeiten aufweisen. So wurde sehr schnell deutlich, dass ein Refraktionsfehler nur das Endresultat einer bestimmten Betätigungsweise darstellt. Die Aktivität hat das visuelle Verhalten des Individuums beeinflusst“ (ebd., S. 19).

Weiterhin wird eine interessante Studie an Schulkindern der Beckerschool, Texas (1942) zitiert. 53,3% dieser bestanden einen Sehtest nicht. Daraufhin wurde die Schuleinrichtung gemäß den Empfehlungen Harmons geändert. Nur 18,6% der gleichen Kinder bestanden

6 Monate später den Test nicht. „Diese Ergebnisse sind ein schlagender Beweis dafür, welche Verbesserungen möglich sind, wenn sinnvolle Änderungen der Umweltbedingungen erfolgen. Die Veränderungen bestanden im Vermeiden zu starker Kontraste, in guter Beleuchtung ohne Glanzeffekte, in guter Farbdynamik und in einer Kontrolle der Körperhaltung der Kinder. Im Lichte dieser Umkehrung der Bedingungen gesehen ist es schwierig, sich das Sehen als eine statische Funktion vorzustellen. Es ist ein dynamischer Mechanismus, der je nach Umweltseinfluß große Refraktionsänderungen aufweisen kann. Beeinflussungsfaktoren der visuellen Wahrnehmung sind Objektgröße, Kontraste im äußeren Gesichtsfeld, vertikale und horizontale Arbeitsgebiete und die je nach Arbeitsbedingungen unterschiedliche Körperhaltung“ (Manas, 1965, S. 16f.) – Frühe Überlegungen und Erkenntnisse der Verhaltensoroptometrie, die sich auch in der arbeitssoziologischen Theorie (Kap. 2.4) wieder finden.

So wurde von den frühen Verhaltensoroptometristen bereits erkannt, dass für Veränderungen des Sehens das visuelle Verhalten eine große Rolle spielt. Auch werden visuelle Probleme davon abgeleitet, gerade für den Fall dass trotz optimaler Sehleistung aus physiologischer Sicht Beschwerden auftreten: „Ein visuelles Problem ist durch abweichendes Sehverhalten gekennzeichnet und durch sozialen Zwang zu übermäßiger Naharbeit entstanden“ (Manas, 1965, S. 32).

Von großem Interesse ist dieses Modell für die Analyse von Veränderungen des Sehens bei Bildschirmarbeit insofern, dass hier eine Verknüpfung von Sehfunktionen und darauf aufbauenden Prozessen und Umwelteinflüssen stattfindet. Außerdem wird der Aspekt des Lernens (bzw. des Verlernens) in den Vordergrund gestellt. So haben amerikanische (Verhaltens)optometristen ein komplexes Diagnoseprogramm entwickelt, das wesentliche Teilbereiche des Sehens untersucht. Für defizitäre Sehfunktionen sind spezielle Übungen des Visualtrainings vorhanden, so dass aufbauend auf einer fundierten Analyse eine geeignete, zielgerichtete Therapie eingesetzt werden kann.

Aus den verhaltensoroptometrischen Erkenntnissen lässt sich eine zentrale Fragestellung dieser Arbeit ableiten:

1) Wird durch langjährige Bildschirmarbeit die (qualitative) Vielfalt der Wahrnehmung, die sich über verschiedene Kategorien des Sehens erstreckt, beeinträchtigt, wenn diese Sehweisen nicht (mehr) „gebraucht“ werden?

Bereite Anwendung findet die Verhaltensoroptometrie heute vor allem in der amerikanisch geprägten Kinderoptometrie, Sportoptometrie und in der Analyse von Dysfunktionen des Binokularsehens (vgl. Scheiman/Wick, 2002; Griffin/Grisham, 2002; Pepper/Nordgren, 1998). Anwendungen verhaltensoroptometrischer Kenntnisse finden sich auch zur Bildschirmarbeit bei Godnig und Hacunda (1993). Es wird hier insbesondere auf Visualtraining zur Kompensation der visuellen Beschwerden am Bildschirmarbeitsplatz eingegangen. Außerdem wird auf die Unzulänglichkeit von Studien zum Thema Sehbeschwerden und Bildschirmarbeit hingewiesen: „Many of the existing studies on VDT-related health complaints suffer from poor research design. This makes it difficult to distinguish among factors related to VDT use from other characteristics of the work environment. (...) There is also difficulty with providing an objective measurement or definition of ‘visual fatigue’ or ‘eyestrain.’ (...) Because of this the academic and scientific communities have adopted a ‘wait and see’ attitude about whether there is a causal link between VDT use and eye problems. The prevailing consensus maintains that there is nothing inherently damaging about using a VDT. This conclusion is based in part on the ambiguity that surrounds the present state of our knowledge” (Godnig/Hacunda, 1993, S. 7).

2.4 Arbeitssoziologische Erkenntnisse

Ein zusätzliche Erweiterung des Sehens – weg von der „Biologisierung“ hin zur „Emotionalisierung“ des Sehens kann mit arbeitssoziologischen Erkenntnissen stattfinden:

2.4.1 Theoretisches Konzept

Dem arbeitssoziologischen Ansatz der Wahrnehmung im Zusammenhang mit verschiedenen Arbeitsformen liegt die sozialwissenschaftliche Unterscheidung zwischen „einem kognitiv-rational geleiteten ‚objektivierenden‘ Arbeitshandeln einerseits und einem durch sinnliche Erfahrung und Gefühl geleiteten ‚subjektivierenden‘ Arbeitshandeln andererseits“ zugrunde (Böhle et al., 1998, S. 15). Wird ursprünglich die Analyse des Arbeitshandelns um subjektive Faktoren erweitert, um die Bewältigung von Arbeitsaufgaben und –anforderungen zu beurteilen, so erweist sich diese Differenzierung auch bei der Untersuchung der Wahrnehmung im Arbeitskontext als nützlich, um darauf aufbauend Beanspruchungen und Veränderungen des Sehens zu erklären.

Als Grundlage werden hier zunächst die Unterscheidungen zwischen den Modalitäten „objektivierenden“ und „subjektivierenden“ Arbeitshandelns kurz dargestellt, um sie anschließend auf das Sehen anzuwenden.

Bei der Analyse werden vier Aspekte betrachtet, die eine Einteilung des Arbeitshandelns erlauben (vgl. Böhle et al., 1998, S. 15 ff. und Böhle/Schulze, 1997, S. 26 ff.):

2.4.1.1 Mentale Prozesse

Charakteristisch für die „objektivierende“ Ausprägung ist, dass die Kognition zwar auf der Grundlage der sinnlichen Wahrnehmung beruht, aber dennoch einen von dieser unabhängigen, verstandesmäßig-intellektuellen Prozess der Erkenntnis und Entscheidung darstellt. Mentale Prozesse unterliegen einer Kategorisierung, Begrifflichkeit und Formalisierbarkeit.

Im Gegensatz dazu ergibt sich bei der „subjektivierenden“ Dimension ein komplexer Zusammenhang der Prozesse: Eine besondere Bedeutung kommt bei mentalen Prozessen den assoziativen Verknüpfungen zu, die jedoch nicht zufällig sind, sondern primär von früheren Erlebnissen, Erfahrungen abhängen. Es erfolgt hier jedoch keine stereotype Übertragung der Vergangenheit, sondern ein Vergleich der aktuellen Situation

im Gesamtkomplex früherer Ereignissen, bei dem Differenzen zwischen aktuellem und früherem Erlebnis festgestellt werden (vgl. auch Kap. 2.5.1).

2.4.1.2 Vorgehensweisen

Die „objektivierende“ Form der Vorgehensweisen ist, dass hier eine getrennte, sequentielle Abfolge von Planung, Entscheidung und Handlung oder Aktion und Reaktion stattfindet. Vorausgehende kognitive Prozesse, Planungen und Entscheidungen regulieren und kontrollieren damit Reaktionen und Handlungen. Dabei wird die Handlung als logische Konsequenz verstanden; Abweichungen werden als Störungen und Irritationen definiert.

Die „subjektivierende“ Ausprägung kennzeichnet hingegen eine Gleichzeitigkeit von Aktion und Reaktion, sowie der Wirkung und Rückwirkung. Daraus ergibt sich hier ein komplexer Zusammenhang und eine Verbundenheit von mentalen Prozessen und Vorgehensweisen.

2.4.1.3 Beziehung zu Gegenständen und Personen

Die „objektivierende“ Dimension beschreibt das Verhältnis zu Gegenständen als instrumentell, zweckorientiert oder sachlich-neutral. Eine affektneutrale und distanzierte Beziehung zu Gegenständen und Personen dominiert hier. „Es kommt entweder zu einseitigen ‚manipulierenden‘ Einwirkungen oder zu (einseitiger) ‚reaktiver‘ Anpassung.“⁸

Dagegen wird in der „subjektivierenden“ Ausprägung zu Personen und Gegenständen eine emotional-persönliche Beziehung aufgebaut. „Objekte“ werden dabei zu „Subjekten“ und ihre Beherrschbarkeit und Berechenbarkeit werden relativiert. Diese Metaphorik erlaubt eine Nachvollziehbarkeit von aktuellen Situationen, eine Fähigkeit, sich in diese neuen „Subjekte“ einzufühlen.

2.4.1.4 Sinnliche Wahrnehmung

In der rationalen, „objektivierenden“ Form gilt es für die Wahrnehmung, Informationen exakt und eindeutig zu registrieren. Zur Vermeidung subjektiver Verzerrungen soll die Informationsaufnahme losgelöst von subjektiven Empfindungen erfolgen. Die einzelnen

⁸ Böhle et al. (1998), S. 17

Sinne werden isoliert eingesetzt, um eine Widerspruchsfreiheit zu ermöglichen. Es findet eine Technisierung der Sinne statt, bei der im Vordergrund die (physiologische) Leistungsfähigkeit und die „Objektivität“ der Sinnesempfindungen stehen.

Die „subjektivierende“ Dimension der sinnlichen Wahrnehmung berücksichtigt nicht nur eindeutige Informationen, sondern im Gesamtkomplex vielschichtige Informationsquellen. Dabei spielen subjektives Empfinden und Gefühl eine entscheidende Rolle bei der Wahrnehmung und Beurteilung qualitativer Gegebenheiten. Gleichzeitig wird das aktuell Wahrnehmbare mit vergangenen sinnlichen (und komplexeren) Erlebnissen verbunden. Dadurch wird trotz evtl. reduzierter Information in der aktuellen Wahrnehmungssituation ein ähnliches „Gesamterlebnis“ erzeugt, wie in einer Situation komplexer Empfindung (Imagination). Dies kann auch als „Intelligenz der Sinne“ bezeichnet werden.

Für die Anwendung dieses Konzeptes auf die visuelle Wahrnehmung werden der „subjektivierende“ und „objektivierende“ Wahrnehmungstypus mit verschiedenen Kategorien des Sehens verbunden, die sich an weitgehend an physiologischen Begrifflichkeiten anlehnen: Kontrast, Farbe, Blickfeld⁹, Dynamik¹⁰, Distanz, Raum, Form, Vorstellungsvermögen. In diesen einzelnen Kategorien wird jeweils unterschieden nach den einzelnen Polaritäten der Kategorie, z.B. bei der Distanz nach „Nähe“ und „Ferne“ (vgl. Tab. 2).

Somit kann in den Polaritäten der einzelnen Kategorien nach unterschiedlichen Ausprägungen in Richtung objektivierendem und subjektivierendem Sehen erfolgen. Dies bedeutet z.B. für das räumliche Sehen mit seinen Polaritäten „Zweidimensional“ und „Dreidimensional“, dass in der objektivierenden Ausformung der Polarität „Zweidimensional“ Zweidimensionales auch bei einer räumlich-perspektivischen Darstellung zweidimensional-bildhaft gesehen wird, dagegen in der subjektivierenden Ausprägung in eine dreidimensional-räumliche Wahrnehmung umgesetzt wird. In der Kategorie „Dynamik“ ist die Polarität „Bewegung“ in ihrer objektivierenden Ausprägung von sprunghaften Sehvorgängen geprägt, in der subjektivierenden Form durch schweifend, harmonische Blickbewegungen gekennzeichnet.

An dieser Stelle zeigt sich, dass hier nicht strikt zwischen physisch-mentalenen Prozessen und dem physiologischen Sehvorgang (hier z.B. die Okulomotorik) getrennt werden kann, sondern hier eine starke Interdependenz vorliegt.

⁹ entspricht im optometrischen Sinne: Gesichtsfeld

¹⁰ bzw. Blickbewegungen

Die Arbeit am Bildschirm muss unter zwei Perspektiven betrachtet werden: dem „kognitiv-rational geleiteten ‚objektivierenden‘ Arbeitshandeln einerseits und einem durch sinnliche Erfahrung und Gefühl geleiteten ‚subjektivierenden‘ Arbeitshandeln andererseits.“ Denn das „Modell eines kognitiv-rationalen bzw. ‚zweckrationalen‘, planmäßigen Handelns ist demnach nicht nur als analytisches Konzept für die wissenschaftliche Untersuchung, sondern auch als normatives Leitbild, nach dem ein effizientes und sachgemäßes Arbeitshandeln beurteilt wird, unzureichend“ (Böhle et al., 1998, S. 15). Eine Erklärung visueller Beanspruchung am Bildschirmarbeitsplatz, asthenopischer Beschwerden und potenzieller Veränderungen des Sehens liegt auch in einer „einseitige(n) Orientierung an einem ‚objektivierenden‘ Arbeitshandeln und dessen Unterstützung“ (ebd.) und damit in einer Vernachlässigung von psychischen Komponenten und Verhaltensaspekten.

Gerade unter der Einbeziehung dieser Aspekte erhält die visuelle Beanspruchung eine neue, erweiterte Sichtweise. Neben der physiologischen Belastung des Sehens gilt es, die Auswirkungen auf das Sehverhalten zu untersuchen. Es stellt sich folgende Frage (F10): *Wird durch langjährige Bildschirmarbeit die qualitative Vielfalt der Wahrnehmung, die sich über verschiedene Kategorien des Sehens erstreckt, beeinträchtigt, wenn diese Sehweisen nicht mehr „gebraucht“ werden?*

Betrachtet man die Dimensionen und Kategorien für die Differenzierung des objektivierenden und subjektivierenden Arbeitshandelns - die mentalen Prozesse, die Vorgehensweise, die Beziehung zu Gegenständen und Personen sowie die sinnliche Wahrnehmung - so erkennt man bei der physiologischen Betrachtung des Sehens auch deutlich die „objektivierende“ Modalität. Sowohl das Sehen als auch Methoden und Instrumente zur Untersuchung unterliegen dem Anspruch exakter Definierbarkeit und Kausalität. Ziel der Untersuchungen ist eine Optimierung der affektneutralen Wahrnehmung und Registrierung von Informationen gemäß der Suche eines ausgeklügelten Linsensystems für eine Fotokamera.

Die Relevanz des subjektivierenden Sehens im Arbeitsalltag kann jedoch nicht geleugnet werden. Zur Bewältigung der Arbeitsaufgaben stellen Grundeigenschaften der subjektivierenden Sehweise einen zentralen Ausgangspunkt dar: Assoziative Verknüpfungen, eine erfahrungsgeladene Interpretation, eine umfassende sinnliche Wahrnehmung und interaktives Denken und Handeln sind wichtige menschliche Fähigkeiten zur Synthese der aufgenommenen Informationen. Am Bildschirmarbeitsplatz verkümmert jedoch die subjektivierende Modalität des Sehens, es wird eine „Vereinseitigung des Sehens“ vermutet, die eine Intensivierung der Belastung nach sich zieht und „eine höchst folgenreiche neue Form ‚sensorischer Deprivation‘“ darstellt (Böhle et al., 1998, S. 13). Somit gilt es, nicht nur das objektive Sehvermögen zu analysieren,

sondern auch die Aspekte des subjektivierenden Sehens zu betrachten.

In Tab. 2 werden die Modalitäten des Sehens nach Kategorien getrennt und in jeweils zwei Polaritäten (z.B. Stillstand – Bewegung) dargestellt. Die am BAP nicht oder selten erforderlichen Sehweisen sind grau unterlegt.

Objektivierend		Subjektivierend	
Kontrast			
Hell	Dunkel	Hell	Dunkel
Optimierung der physiologischen Sehleistung (statisch)	Minimierung physiologischer Leistung (Beeinträchtigung)	Ermöglichung einer vielfältigen qualitativen Helligkeitsabstufung (dynamisch)	Schattenbilder (dynamisch)
Farbe			
Farbe	Schwarz/Weiß	Farbe	Schwarz/Weiß
Klarer Kontrast und klare Abstufungen, isolierte Farben, Signalwirkung	Klare Abstufungen, deutliche Abgrenzung	Stimmung von Farben, Nuancen	Fließende Übergänge,
		symbolische Farbwahrnehmung	Schattierungen
Gesichtsfeld (Blickfeld)			
Zentrum	Peripherie	Zentrum	Peripherie
Punktuell Registrieren, sequentiell, selektiv, zerlegend	Umfassender Kontrollblick (eingegrenzter, starrer, klarer Blick)	Gesammelte Aufmerksamkeit auf einen Punkt, versinken (Flowerlebnis)	Entgrenzter, offener Blick, fließend (weicher Blick)
Blickbewegungen (Dynamik)			
Stillstand	Bewegung	Stillstand	Bewegung
Starr fixierend, stillgestellt	Sprunghaft	Ruhend, entspannt	Schweifend, harmonisch
Distanz			
Nähe	Ferne	Nähe	Ferne
Räumlich Nahes erscheint nah, Distanzen werden gemessen, nur Nahes ist scharf (Foto)	Räumlich Fernes erscheint fern, nur Fernes ist scharf	Das Bedeutsame erscheint nah (auch wenn es physisch weit entfernt ist)	Nahes rückt weg durch die Wahrnehmung des Zwischenraums, Distanz aufbauen
Raum			
2D	3D	2D	3D
Zweidimensional auch bei räumlich-perspektivischer Darstellung	Objekt wird in seiner räumlichen Ausdehnung dreidimensional gesehen	Zweidimensionales wird in räumliche Wahrnehmung umgesetzt	Gesteigerte Plastizität durch Erleben des Raumes
Form			
Detail	Gestalt	Detail	Gestalt
Punktuell isoliert	Schematische Wahrnehmung, vorgegebene Gestalt	Detail erfassen in Bezug zum Ganzen	Konstruktiv, schöpferisch, offene Struktur
Vorstellungsvermögen			
Erinnerung	Phantasie	Erinnerung	Phantasie
Vergangenheit, Grundlage zum Wiedererkennen von Objekten	Zukunft, durch logische Verknüpfung Aus bekannten Bildern neue Bilder schaffen	Vergangenheit, sich an Dinge erinnern, verbunden mit emotionalen Empfindungen	Kreativ neue Zusammenhänge erkennen bzw. schaffen

= am BAP erforderlich
 = am BAP begrenzt/selten erforderlich = am BAP nicht erforderlich

Tab. 2: Kategoriales Schema (nach Böhle et al., 1998)

2.4.2 Empirische Befunde

Im Rahmen des Forschungsprojektes „Entwicklung von Methoden zur Identifikation visueller Arbeitsbedingter Gesundheitsrisiken und hierauf bezogener Präventionsstrategien im betrieblichen Gesundheitsschutz“ am ISF München wurden Arbeitskräfte dazu befragt, wie sie die visuelle Wahrnehmung bei ihrer Arbeitstätigkeit beurteilen (Böhle et al., 1998, S. 22 ff.). Trotz unterschiedlicher Arbeitsinhalte, Handlungsfreiheit, Qualifikation wurde das Sehen am Arbeitsplatz als „monoton, eintönig, anstrengend, konzentriert, starr, langweilig und einseitig“ (ebd., S. 23) beschrieben. Die Darstellung am Bildschirm führt dabei zu einer Einschränkung des Wahrnehmungsfeldes und einer punktuellen und sequentiellen Wahrnehmung.

Es finden sich in allen dargestellten Kategorien des Sehens, wie in Tab. 2 dargestellt wird, Einschränkungen, die kurz im folgenden zusammengefasst werden. Zu den sich bereits aus physiologischer Sicht stellenden Fragen (Kap. 2.2) finden sich hier die arbeitssoziologischen Erweiterungen, die zur Entwicklung von Untersuchungshypothesen für diese Arbeit beitragen:

Kontrastsehen: Das Sehen im Hellen steht am Bildschirmarbeitsplatz durch die Darstellung am Monitor im Vordergrund, worauf sich die Adaptation der Augen anpassen muss. Zu Lasten dynamisch vielfältiger Kontrastabstufungen werden klare, deutliche Kontraste bevorzugt, um die physiologische Sehleistung zu optimieren. Aus der Frage (F1) nach der Reduktion des Kontrastsehens wird somit folgende Hypothese aufgestellt:

H1 „Kontrast“: Das Kontrastsehen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen beeinträchtigt. Subjektiv sind dadurch feine Helligkeitsabstufungen schlechter wahrnehmbar.

Farbsehen: Bei der Farbdarstellung stehen ebenso klare Farbabstufungen im Vordergrund. Farbnuancen bzw. Stimmungen von Farben sind in der Regel nicht von Bedeutung. Entsprechend zur Fragestellung zur Beeinflussung des Farbsehens aus physiologischer Sicht (F2) kann hier als Hypothese formuliert werden:

H2 „Farbe“: Das Farbunterscheidungsvermögen bei feinen Farbnuancen ist bei Bildschirmarbeitern geschmälert. Differenzierungen bei feinen Farbschattierungen sind dadurch erschwert.

Gesichtsfeld: Das zentrale Sehen dominiert durch die fast ausschließliche

Informationsdarstellung am Bildschirm, wodurch das Blickfeld eingeengt wird. Periphere Wahrnehmung rückt zugunsten des zentralen Sehens in den Hintergrund. Einflüsse der Bildschirmarbeit auf das Gesichtsfeld sind aus physiologischer Perspektive nicht bekannt. Aus der Fragestellung zur Beeinflussung des Gesichtsfelds (F3) kann deshalb vermutet werden:

H3 „Gesichtsfeld“: Die visuelle Wahrnehmung im peripheren Gesichtsfeld bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen reduziert.

Blickbewegungen (Dynamik): Ein stillstehender Blick auf den Bildschirm erweist sich nicht als ruhend entspannter Blick, sondern ist eher starr bzw. stillgestellt und fixiert einzelne Zeichen und Darstellungen. Blickwechsel werden durch sprunghafte Bewegungen ausgeführt. Harmonisch schweifende Blickbewegungen finden nicht statt. Die bereits in der physiologischen Theorie gestellte Frage nach Veränderungen von Blickbewegungen (F4) führt zu folgender Annahme:

H4 „Blickbewegungen (Dynamik)“: Die Fähigkeit zu schweifenden, flüssigen Blickbewegungen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitsformen eingeschränkt.

Distanz: Durch die Einschränkung des Sehens auf den Nahbereich wird die Polarität der Ferne vollkommen ausgeblendet. Ein subjektiverer Aufbau von Distanzen wird am Bildschirmarbeitsplatz kaum praktiziert, wäre aber in Pausen prinzipiell möglich. An dieser Stelle lässt sich aufgrund der fehlenden Distanzwechsel aus der obigen Fragestellung nach einer Beeinflussung der Motilität der Akkommodation bzw. der Konvergenz (F5) folgende Hypothese formulieren:

H5 „Distanz“: Die Motilität der Akkommodation und Konvergenz ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich mit anderen Arbeitsformen geringer.

Außerdem soll in der Kategorie Distanz aufgrund der Nahdominanz bei Bildschirmarbeit und der aus physiologischer Sicht offenen Fragestellung nach einer Myopisierung durch Bildschirmarbeit (F6) zusätzlich überprüft werden:

H6 „Fehlsichtigkeit“: Bildschirmarbeiter sind im Mittel myoper sind als Tätige in anderen Arbeitsformen.

Raum: Die Erfordernis des räumlichen Sehens ist durch die fehlende Plastizität der zweidimensionalen Darstellung am Bildschirmarbeitsplatz nicht gegeben. Untersuchungen zur Beeinflussung des räumlichen Sehens bei Bildschirmarbeit liegen nicht vor (vgl. F7), deshalb soll untersucht werden:

H7 „Raum“: Das Differenzierungsvermögen des Stereosehens ist bei Bildschirmarbeitern geringer als bei Tätigen in anderen Arbeitsformen.

Form: Das Sehen von Details rückt durch die Zahlen- und Zeichendarstellung in den Vordergrund. Diese werden dabei punktuell und isoliert und nicht in Bezug zum Ganzen gesehen.

Vorstellungsvermögen: Das Vorstellungsvermögen beruht primär auf Erinnerungen, die sich sowohl im objektivierenden als auch auf den subjektivierenden Modus vollziehen. In der Regel dominiert der Vergangenheitsbezug im objektivierenden Modus, Phantasie bzw. Kreativität sind nur selten verlangt.

Diese beiden Kategorien – zu denen es auch keine physiologischen Entsprechungen gibt – werden aus Komplexitätsgründen in dieser Arbeit nicht differenziert überprüft. Sie finden jedoch Anknüpfungspunkte in den kognitiven Überlegungen im folgenden Kapitel 2.5.

Als Folgen der Vereinseitigung des Sehens am Bildschirmarbeitsplatz wird genannt, dass der „Mensch nicht nur in seinen vielfältigen Möglichkeiten der visuellen Wahrnehmung eingeschränkt [wird] (unter der potentiellen Gefahr, auf Dauer auch verschiedene Sehweisen zu verlernen); auch ist dadurch die bei ausgesprochenen Sehtätigkeiten ohnehin stark beanspruchte Sehleistung noch weitaus stärker belastet“ (Böhle et al., 1998, S. 33f.). Weiterhin wird festgestellt: „Die erforderliche Anpassung an die einseitigen Sehanforderungen führt zur Herausbildung von Wahrnehmungs- und Verhaltensweisen, durch die die Art des Sehens dauerhaft geprägt wird. Ähnlich wie bei der Entstehung von bestimmten Körperhaltungen durch langandauernde sitzende Tätigkeiten bilden sich Sehgewohnheiten aus, die überwiegend unbewusst entwickelt und verfestigt werden (...). Die Vereinseitigung des Sehens führt zur Verkümmern der visuellen Wahrnehmungsmöglichkeit und –fähigkeit“ (ebd.).

Auch geben die Untersuchungen Hinweise darauf, dass es einen Zusammenhang zu asthenopischen Beschwerden gibt.

Diese Befunde erweitern die physiologische Betrachtung um den Aspekt der Trennung in

objektivierendes und subjektivierendes Sehen, zeigen aber zudem auch sehr deutlich die veränderten Anforderungen an das Sehen der Bildschirmarbeit auf. Die oben formulierten Fragestellungen, die sich bereits aus physiologischer Sicht ergaben, werden dadurch untermauert. Außerdem regen diese Überlegungen dazu an, nicht nur die bisher vielfach untersuchten Faktoren wie Akkommodation oder Konvergenz für eine potenzielle Vereinseitigung bzw. Veränderung des Sehens neu und mit dem einem „erweiterten Blick auf das Sehen“ (ebd., S. 34) zu überprüfen.

Die bisherigen Untersuchungen unter Berücksichtigung dieser Erweiterung des Sehens waren zumeist qualitativ bzw. beruhten auf kleinen, nicht repräsentativen Stichproben. Erste Überlegungen zu einer quantitativen Überprüfung und Vorstudien finden sich bei Degle (2000). Im empirischen Teil dieser Arbeit (Kap. 3) findet sich eine Fortführung mit einer repräsentativen Stichprobe.

2.5 Kognitionswissenschaftliche Betrachtung

Ein weiterer Ansatz zur Erklärung der „individuellen“ Sehbeschwerden bei Bildschirmarbeit zeigt sich, wenn man die Informationsaufnahme der Augen unter kognitiven Aspekten betrachtet und sich damit noch weiter von der physiologischen Betrachtung entfernt:

2.5.1 Wahrnehmungsmodell

Das Sehen konzentriert sich in der Kognitionswissenschaft auf den Vorgang der visuellen Wahrnehmung. Dabei findet auch eine Trennung zwischen der objektiven, „realen“ Welt und dem subjektiven, „wahrgenommenen“ Abbild statt, denn Sehen als Projektion von Bildern auf die Netzhaut (vgl. „Kamera-Modell“ der Augen) liefert keine hinreichenden Erklärungen für die menschliche visuelle Wahrnehmung. Es muss demnach über die reinen sensorischen Vorgänge hinaus Konstrukte geben, die das „Sehen“ gestalten (vgl. Gordon, 1997).

Flade (1999) charakterisiert die psychologische Sicht der visuellen Wahrnehmung folgendermaßen¹¹:

1. Umweltreize, die sensorische Phänomene auslösen, bilden den Ausgangspunkt der Wahrnehmung.
2. Diese Umweltreize werden nur selektiv wahrgenommen.
3. Einzelreize (=Stimuli) werden bereits an früherer Stelle in diesem Prozess zusammengefügt und in ihrer Kombination (=Bedeutung) wahrgenommen.
4. Das Ergebnis der Wahrnehmung (=Perzept) entsteht aus einer Kombination von Umweltstimuli und Einstellungen, Erwartungen, Bedürfnissen und früheren Erfahrungen, die im Langzeitgedächtnis gespeichert sind.
5. Wahrnehmung wird unmittelbar erlebt und ist damit im Unterschied zur Kognition unmittelbar und gegenwärtig.
6. Als Wahrnehmung wird sowohl der Prozess des Wahrnehmens als auch das Ergebnis dieses Prozesses bezeichnet.

Die Kognitionswissenschaft unterscheidet im Wahrnehmungsprozess zudem zwischen

¹¹ Reihenfolge verändert.

proximalen Reizen (=Nahreizen), Signalen oder Mustern, welche im sensorischen Gedächtnis die Grundlage für die folgenden Stufen des Wahrnehmungsprozesses liefern, und den distalen Reizen (=Fernreizen), welche Teile der Umweltreize mit der Eigenschaft, Reaktionen im Sinnesorgan auszulösen, sind.

Am Wahrnehmungsprozess sind nach Aufnahme der Umweltreize verschiedene Gedächtnissysteme beteiligt: Der Speicherung des proximalen Reizes im sensorischen Gedächtnis für Sekundenbruchteile bis hin zur Reaktion oder zum Verlust der Information ist ein Zusammenwirken von Kurzzeitgedächtnis und Erinnerungen und Erfahrungen aus dem Langzeitgedächtnis nachgeschaltet (vgl. Abb. 10). Insbesondere das Langzeitgedächtnis ist von entscheidender Bedeutung, um Dinge, Personen usw. aufgrund von Erinnerungen wahrnehmen zu können.

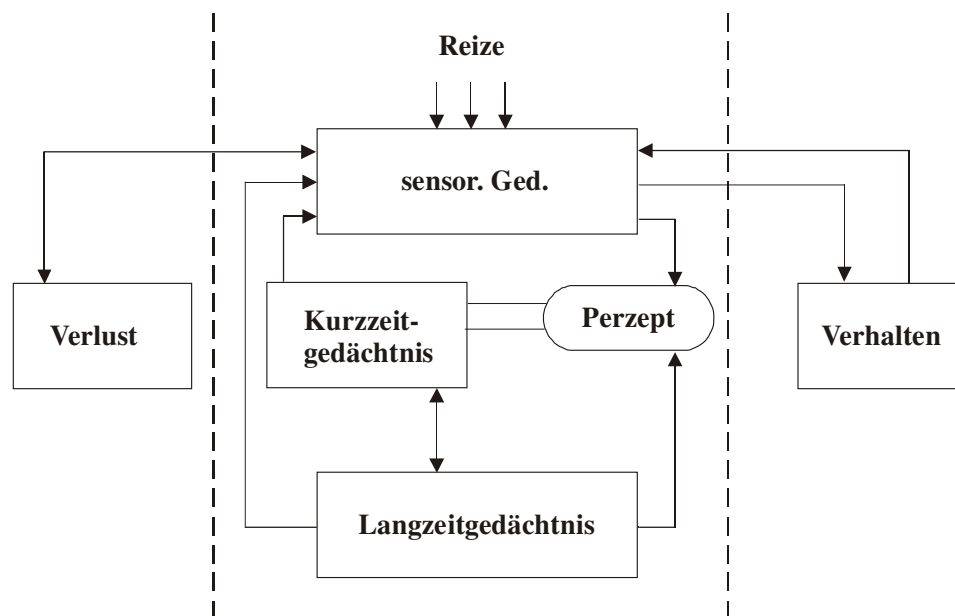


Abb. 10: Modell der Wahrnehmung (nach Flade, 1980, S. 15)

Dieses psychologische Wahrnehmungsmodell enthält weitere wesentliche Aspekte, die das physiologische Verständnis des Sehens erweitern und damit in die weiteren Überlegungen einfließen sollen. Beachtung finden nicht laborexperimentelle Reiz-Reaktions-Erklärungen oder organisch-physische Probleme, sondern die durch Erinnerungen aus dem Langzeitgedächtnis geprägte Wahrnehmung, welche die subjektiven Seheindrücke bestimmt und aus einem auf organischen Funktionen aufbauenden Prozess besteht:

1. Die Trennung zwischen distalen Reizen, die eine Reaktion im Sinnesorgan auslösen (können) und den proximalen Reizen, welche die Basis für Wahrnehmungsprozess darstellen. Damit lässt sich erklären, dass Umweltinformationen von Individuen (z.B. Bildschirmarbeitern und Nicht-Bildschirmarbeitern) unterschiedlich wahrgenommen werden, wenn sie auch zunächst als ebenbürtige Information vorliegen.
2. Die Selektivität der visuellen Aufmerksamkeit (nicht alle Umweltreize werden wahrgenommen) kann bei der Analyse visueller Probleme bei Bildschirmarbeit Beachtung finden. Es werden fast immer solche Umweltreize selektiert, die subjektiv den höchsten Informationsgehalt besitzen (vgl. Wittling, 1976). Somit variieren möglicherweise je nach Arbeitstyp die bevorzugt wahrgenommenen Informationen.
3. Die Kombination von Einzelreizen im Prozess der visuellen Wahrnehmung zu Informationen mit Bedeutung kann sich gemäß dem Arbeitstyp unterscheiden.
4. Wird in der physiologischen Betrachtung nur eine organische, funktionelle Adaption der Augen an die Umgebungsbedingungen der Bildschirmarbeit untersucht, so kann und muss unter Berücksichtigung des psychologischen Wahrnehmungsmodells der Einfluss von Einstellungen, Erwartungen, Bedürfnissen und früheren Erfahrungen auf das Sehen beachtet werden.

Somit sollten physiologische Befunde bei einer Erweiterung des Sehens auch um psychologische Aspekte relativiert werden. Eine Veränderung des Sehens unter Berücksichtigung des Wahrnehmungsmodells muss demnach nicht nur auf Veränderungen organischer Funktion beruhen, sondern kann auch in nachgelagerten Prozessen stattfinden.

Auf diesem Weg vom rein physiologischen Sehvorgang zum Wahrnehmen gelangt man schnell zu den optischen Täuschungen. Eben diesen optischen Täuschungen liegt eine Frage zugrunde, die auch hier für eine Erweiterung des Sehens sehr bedeutsam ist: „Wie sehen wir die Welt?“ – Zu dem „Was sehen wir?“ fügt sich hier ein aktiver Konstruktionsprozess des Sehens an, der das Gesehene mit Bedeutung füllt und eine Interpretation erlaubt (vgl. Wolf/Wolf, 1990; Hoffman, 2001). Eben dies muss zusätzlich bei einer Untersuchung der Vereinseitigung des Sehens berücksichtigt werden. Doch handelt es sich bei optischen Täuschungen um ein Gebiet der Wahrnehmungspsychologie, das an dieser Stelle nicht vertieft werden kann.

2.5.2 Inattentional Blindness

Die oben dargestellte Selektivität der visuellen Aufmerksamkeit soll nochmals genauer betrachtet werden. In den vergangenen Jahren wurde dieses Phänomen unter dem Begriff „Inattentional Blindness“ (Blindheit wegen Unaufmerksamkeit) untersucht.

Oft bemerken wir selbst größere Veränderungen an Objekten in unserer Umgebung nicht (Change Blindness). Außerdem kommt es immer wieder vor, dass sogar Objekte selbst nicht wahrgenommen werden (Inattentional Blindness). Daraus kann man folgern, dass der Mensch nur diese Objekte bzw. Details sieht, auf die er seine Aufmerksamkeit richtet. Ein Grund dafür könnte die beschränkte Verarbeitungskapazität des menschlichen Gehirns sein. Erst wenn die Aufmerksamkeit einem Reiz zugewandt wird, wird dieser bewusst gesehen. Die Aufmerksamkeit wirkt also wie ein Filter, der nur das „Wichtige“ durchlässt.

Untersucht wurde diese Inattentional Blindness in Experimenten von Mack und Rock (1998), die ihren Versuchspersonen in einem Experiment plötzlich einen unerwarteten Stimulus präsentierten und diese anschließend befragten, ob sie diesen gesehen hätten. Etwas 25% verneinten dies. Diese „sehende Blindheit“ wird so erklärt, dass dieser Stimulus nicht erwartet war und die Konzentration auf dem eigentlichen Test lag.

In einer neueren Untersuchung bewiesen Simons und Chabris eben dieses Phänomen in einer realitätsnahen Situation (Most et al., 2001, 2000 ; Simons/Chabris, 1999). In einem Kurz-Video eines Basketball-Spiels erschien, während sich die Versuchspersonen auf das Spiel konzentrieren sollten, eine Frau mit Regenschirm bzw. ein Gorilla, die jeweils einige Zeit quer durch das Bild liefen. – Fast die Hälfte der Testpersonen haben diese „Störobjekte“ nicht gesehen.

Als Ergebnisse aus diesen Studien kann festgehalten werden, dass ein zusätzliches, unerwartetes Ereignis „übersehen“ werden kann, wenn die Aufmerksamkeit auf einer elementaren Beobachtungsaufgabe liegt. Die Rate des Übersehens hängt ab, von der Konzentration auf die Aufgabe bzw. der Schwierigkeit der Aufgabe. Dabei hängt das Übersehen nicht zwingend von der Auffälligkeit, der Lage (zentral oder peripher) bzw. von dem Kontrast zum eigentlichen Reiz (Pop-Out-Phänomen bei visuellen Suchaufgaben) ab.

Übertragen auf die Bildschirmarbeit und unter Einbeziehung der oben dargestellten Kategorien „Form“ und „Vorstellungsvermögen“ (Kap. 2.4.2) wird deshalb folgende Hypothese aufgestellt:

H8 „Wahrnehmungspräferenz“: Präferenzen der visuellen Aufmerksamkeit und der

Wahrnehmungsreihenfolge sind bei Bildschirmarbeitern unterschiedlich zu Präferenzen von Tätigen in anderen Arbeitsformen.

2.5.3 Leiblichkeit

Im weiten Feld der Kognitionswissenschaften findet sich ein zusätzlicher Aspekt, der die physiologische Betrachtung des Sehens bereichern kann:

„Der [menschliche] Leib als bestimmende und prägende Voraussetzung menschlicher Kognition“ muss nach Becker (1998, S. 271) als „wesentlich für die Spezifität kognitiver Prozesse beim Menschen“ aufgefasst werden. Mit dieser Überlegung regt Becker an, die kognitionswissenschaftlichen Überlegungen, die sich von der „Leibhaftigkeit“ der Kognition in ihrer Methodik und Zielsetzung entfernt haben, neu zu überdenken.

Mit einem Exkurs in die Philosophie wird festgestellt, dass „der Dualismus zwischen einem erkennenden, aktiven Subjekt und einer erkennbaren, passiven Welt“ (ebd.) spätestens seit dem Aufkommen der Phänomenologie fragwürdig ist. Der Rückbezug auf die präreflexive Welterfahrung begründet in der Leiblichkeit die Verbundenheit von Subjekt und Welt, von Innen und Außen. Relativiert wird damit auch der naturwissenschaftliche Objektivismus, der das Subjekt außen vor lässt. Zitiert wird der französische Phänomenologe Merleau-Ponty, nach dem es „ein bedeutendes Moment der menschlichen Welterfahrung gibt: den Leib, welcher ihm als Gesichtspunkt zur Welt gilt, den wir nicht verlassen können. Als solcher bestimmt er die Art und Weise, wie wir die Welt wahrnehmen und uns selbst in ihr vorfinden“ (Becker, 1998, S. 274).

Der Leib setzt dem Menschen Grenzen für seine Erkenntnis und seinen Weltzugang, diese sind jedoch nicht ein für allemal festgelegt. Die „Verankerung‘ in der Welt“ ist jedoch dynamisch und ermöglicht dem Menschen, „sich leiblich in der Welt zu situieren und sie (bzw. sich in ihr) immer wieder anders wahrzunehmen“ (Becker, 1998, S. 279). Menschliches Bewusstsein ist wesentlich durch die sinnliche Erfahrung bestimmt: „Der Wahrnehmung entspricht eine Welt, die kein Objekt ist, sondern das Feld all unserer Gedanken und ausdrücklichen Wahrnehmungen“ (Waldenfels, 1987, Phänomenologie in Frankreich, S. 160 zitiert in Becker, 1999, S. 280). Das hat nach Becker (1998, S. 282) zur Folge, dass in dem Wechselspiel von Subjekt und Welt sich auf die Situation bezogener Sinn entfaltet. „So entstehen Sinnfelder, die immer wieder neue Färbungen annehmen können, je nachdem, wie sich das leibliche Subjekt in der Welt verankert bzw. sich die Welt dem Subjekt darbietet. Damit ist Sinn niemals ein festgelegter, sondern sich stets neu konstituierender, stets im Stadium seines Entstehens begriffener Sinn – er ist

‚indirekt‘ und ‚lateral‘.“ Somit ist „die Welt nur aus einer bestimmten Perspektive heraus beschreibbar“ und Sinn entsteht erst im „spezifischen Miteinander von ‚Subjekt‘ und Welt“ (Becker, 1999, S. 283). Man kann demnach sinnliche Wahrnehmung begründet in der Leiblichkeit des Seins nicht nur mit einer bestimmten biologischen Ausstattung gleichsetzen, sondern es gibt eine Verbundenheit zwischen Welt und dem wahrnehmenden und handelnden Subjekt.

Diese Ausführungen legen nahe, dass die „multimediale Arbeitswelt“ eine besondere Situation darstellen kann, in der sich ein Mensch „verankert“ findet und sich dieser anpasst. Davon wären dann wohl auch Veränderungen des Sehens betroffen: Sehweisen, die sich dynamisch in der Verbindung von „Bildschirmarbeitswelt“ und Subjekt konstituieren. Das Sehen ist damit nicht zwingend im biologischen Verständnis verändert, sondern verändert sich durch die Perspektive des Subjekts.

2.6 Ein integratives Modell für Veränderungen des Sehens

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das Sehen am Bildschirmarbeitsplatz ein überaus komplexer Prozess ist, bei dem Erkenntnisse und Modelle verschiedener wissenschaftlicher Fachdisziplinen berücksichtigt werden müssen. Es wird kaum gelingen, alle Einflussfaktoren auf das Sehen in einem Modell darzustellen, das den Gesamtprozess des Sehens erklärt.

Für Veränderungen des Sehens durch Bildschirmarbeit legt ein erweiterter Blick auf das Sehen unter der Berücksichtigung verschiedener Perspektiven nahe, dass nicht immer physiologische Defekte für Beschwerden verantwortlich sein müssen.

Es muss ein Umdenken, weg von der Betrachtung statischer Größen und der physiologischen Leistungsfähigkeit der Auge, hin zu dynamischen Aspekten des Sehens, dem Sehverhalten stattfinden. Damit rückt der Gebrauch der Augen und die Fragen „Was wird gesehen?“ bzw. „Wie wird gesehen?“ in den Fokus (vgl. Abb. 11).

So stellt sich eine weitere zentrale Frage:

II) Zeigen sich Veränderungen des Sehverhaltens bei Bildschirmarbeit?

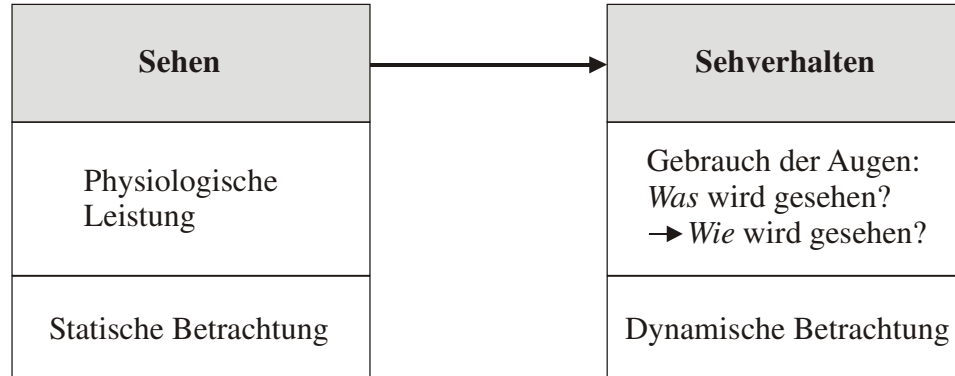


Abb. 11: Vom Sehen zum Sehverhalten

Bei einem erweiterten Blick auf das Sehen müssen auch subjektive Sehbeschwerden als Veränderungen des Sehens in einem neuen Licht betrachtet werden. Das Modell in Abb. 12 zeigt, dass Tätigkeit bzw. Umweltbedingungen über Erfahrung und Lernen sowie eine Adaption an diese Gegebenheiten sich auf das Sehverhalten ebenso auswirken wie individuelle (physiologische) Anlagen. Außerdem spielt das Bewusstsein, also die Aktivität der Wahrnehmung, eine entscheidende Rolle für das Sehverhalten. Abwechslung im „Sehalltag“ sorgen für eine natürliche Kompensation. Der wechselseitige Einfluss dieser Faktoren können Veränderungen des Sehens, subjektive Beschwerden und visuelle

Probleme bewirken. Sind diese kurzfristig und nur auf neurologisch/funktioneller oder neuromuskulär/symptomatischer Ebene, so rufen diese Auffälligkeiten des Sehverhaltens hervor, die (teils) reversibel sind und z.B. durch Visualtraining kompensiert werden können. Langfristig können sich diese Veränderungen des Sehens strukturell bzw. muskulär auswirken und physiologische Veränderungen hervorrufen, die nur noch bedingt reversibel sind und ggf. zum Beispiel durch eine Brille korrigiert werden können.¹² – Viele Studien konzentrierten sich bisher bedingt durch ihre Methodik oder ihre Messverfahren auf strukturelle Veränderungen und konnten deshalb Veränderungen des Seh(verhalt)ens nicht erfassen. Zur Untersuchung dieser Auffälligkeiten des Seh(verhalt)ens gilt es Messverfahren einzusetzen, die auch Veränderungen feststellen, die funktioneller und symptomatischer Natur sind.

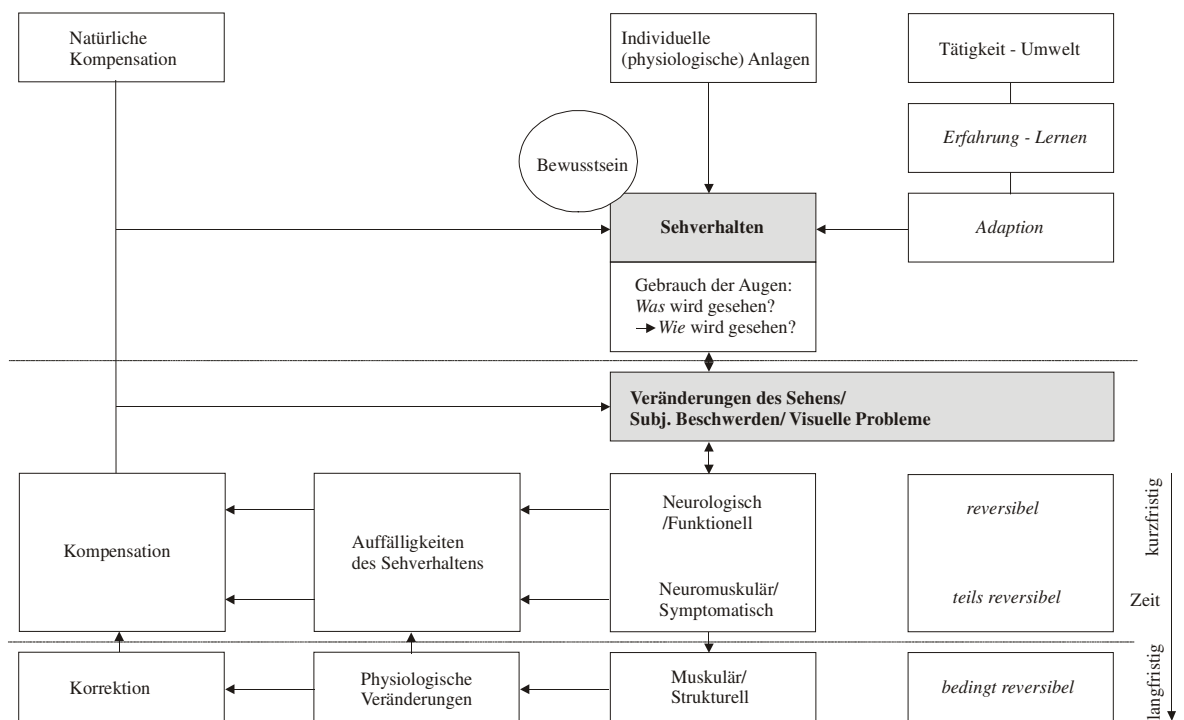


Abb. 12: Sehverhalten und Veränderungen des Sehens

Dazu ist wichtig, subjektiv erlebte Beschwerden des Sehens und visuelle Probleme zu erfragen, da sich in diesen Auffälligkeiten des Sehverhaltens und Veränderungen äußern

¹² Zu den Stufen der Beeinträchtigungen und deren Reversibilität vgl. Manas (1965), S. 14f.

könnten. Für den Einfluss der Bildschirmarbeit kann als Untersuchungshypothese, z.B. aus der Fragestellung nach der Beeinflussung der Symptome des roten oder trockenen Auges durch langjährige Bildschirmarbeit (F8), abgeleitet werden:

H9 „Asthenopische Beschwerden“: Asthenopische Beschwerden treten bei Bildschirmarbeit häufiger auf als bei anderen Arbeitsformen.

Wichtig für eine Überprüfung ist dann auch, ob es einen Zusammenhang zwischen asthenopischen Beschwerden und messbaren Sehveränderungen gibt. Deshalb wird folgende Hypothese aufgestellt:

H10 „Korrelation der subjektiven Beschwerden und messbarer Veränderungen des Sehens“: Subjektive Sehbeschwerden korrelieren mit objektiv messbaren Veränderungen des Sehens.

2.7 Zusammenfassung der Fragestellungen und der abgeleiteten Hypothesen

Unter Berücksichtigung einer erweiterten Betrachtung des Sehens ergaben sich zwei zentrale Fragestellungen in dieser Arbeit:

I) Wird durch langjährige Bildschirmarbeit die (qualitative) Vielfalt der Wahrnehmung, die sich über verschiedene Kategorien des Sehens erstreckt, beeinträchtigt, wenn diese Sehweisen nicht (mehr) „gebraucht“ werden?

und

II) Zeigen sich Veränderungen des Sehverhaltens bei Bildschirmarbeit?

Außerdem wurden verschiedene Untersuchungshypothesen entwickelt, die auf bestimmte Kategorien des Sehens bezogen werden können (Tab. 3):

<i>H1 „Kontrast“: Das Kontrastsehen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen beeinträchtigt. Subjektiv sind dadurch feine Helligkeitsabstufungen schlechter wahrnehmbar.</i>
<i>H2 „Farbe“: Das Farbunterscheidungsvermögen bei feinen Farbnuancen ist bei Bildschirmarbeitern geschmälert. Differenzierungen bei feinen Farbschattierungen sind dadurch erschwert.</i>
<i>H3 „Gesichtsfeld“: Die visuelle Wahrnehmung im peripheren Gesichtsfeld bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen reduziert.</i>
<i>H4 „Blickbewegungen (Dynamik)“: Die Fähigkeit zu schweifenden, flüssigen Blickbewegungen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitsformen eingeschränkt.</i>
<i>H5 „Distanz“: Die Motilität der Akkommodation und Konvergenz ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich mit anderen Arbeitsformen geringer.</i>
<i>H6 „Fehlsichtigkeit“: Bildschirmarbeiter sind im Mittel myoper sind als Tätige in anderen Arbeitsformen.</i>
<i>H7 „Raum“: Das Differenzierungsvermögen des Stereosehens ist bei Bildschirmarbeitern geringer als bei Tätigen in anderen Arbeitsformen.</i>

Tab. 3: Aus dem kategorialen Schema abgeleitete Untersuchungshypothesen

Weiterhin wurde folgende Hypothesen aufgestellt (Tab. 4):

H8 „Wahrnehmungspräferenz“: Präferenzen der visuellen Aufmerksamkeit und der Wahrnehmungsreihenfolge sind bei Bildschirmarbeitern unterschiedlich zu Präferenzen von Tätigen in anderen Arbeitsformen.

H9 „Asthenopische Beschwerden“: Asthenopische Beschwerden treten bei Bildschirmarbeit häufiger auf als bei anderen Arbeitsformen.

H10 „Korrelation der subjektiven Beschwerden und messbarer Veränderungen des Sehens“: Subjektive Sehbeschwerden korrelieren mit objektiv messbaren Veränderungen des Sehens.

Tab. 4: Weitere Untersuchungshypothesen

Die zentralen Fragestellungen und die Hypothesen sollen im Rahmen einer neuen empirischen Studie überprüft werden, die verschiedene Aspekte des Sehens bei Bildschirmarbeitern und nicht am Bildschirm Tätigen im Vergleich untersucht. Der Aufbau und Ablauf der Untersuchung sowie die resultierenden Befunde der Studie sind nachfolgend dargestellt.

3 Empirische Studie

3.1 Das Untersuchungskonzept

Zur Überprüfung unterstellter Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge wurde in dieser Untersuchung sowohl das Instrument der Befragung wie auch des Experiments gewählt. Der Vorteil dieser doppelten Erhebung liegt in der Vergleichbarkeit rein subjektiver Äußerungen mit psychophysischen Messungen.

3.2 Entwicklung des Test-Instrumentariums

Um den Zusammenhang der relevanten Größen empirisch bestimmen zu können, ist es erforderlich, entsprechende Messverfahren für die betreffenden Sachverhalte auszuwählen bzw. zu entwickeln. Bei den interessierenden Messgrößen handelt es jedoch um theoretische bzw. hypothetische Konstrukte, die sich einer direkten Beobachtung bzw. Messung entziehen. Um dennoch Messwerte für diese Konstrukte erhalten zu können, ist man auf den Einsatz von Indikatoren angewiesen, deren Erfassung möglich ist und bei denen unterstellt werden kann, dass sie die Ausprägungen des betrachteten Konstrukts hinreichend genau anzeigen.

Es gilt deshalb, Überlegungen aufzustellen, welche Indikatoren bzw. Vorgehensweisen grundsätzlich geeignet erscheinen, um Messwerte für die betreffenden Konstrukte zu erhalten. Die Überlegungen basieren, soweit vorhanden, auf bereits in der Literatur existierenden und in der praktischen Anwendung eingesetzten Messkonzepten. Die Qualität dieser Methoden soll weiterhin einer kritischen Betrachtung unterzogen und ihre Anwendbarkeit auf die vorliegende Problemstellung geprüft werden.

Für eine experimentelle Überprüfung des Sehverhaltens war es nach einer theoretischen Erweiterung des Sehens in einem zweiten Schritt erforderlich, Testverfahren auszuwählen und zu entwickeln, die **qualitative** Unterschiede des Sehverhaltens in den einzelnen Kategorien quantitativ erfassen. Soweit möglich wurde, um die Validität der Messverfahren zu gewähren, auf bestehende und bereits validierte Verfahren zurückgegriffen. Teilweise mussten Testverfahren neu entwickelt oder bestehende modifiziert und ergänzt werden. Bei der Beschreibung der angewandten Testverfahren wird jeweils näher darauf eingegangen.

Entscheidend war dabei, Testverfahren zu erhalten, die jeweils eine physiologische Basis haben, aber nicht nur strukturelle Veränderungen erfassen, sondern auch Auffälligkeiten des Sehverhaltens zeigen, wenn in der Struktur noch keine Veränderungen vorliegen.

3.2.1 Untersuchungen des Sehverhaltens

3.2.1.1 Kontrastsehen

Zur Überprüfung der Kontrastsensitivität (Schwarz-Weiß-Schwellen-Kontrast) erwies sich der standardisierte Ginsburg-Test mit Testtafeln der Fa. Vistech (VCTS 6500) als geeignetes Instrument. Die in 5 Reihen geordneten Testfelder bestehen jeweils aus einem Streifenmuster mit Sinusgitter. Der Kontrast des Streifenmusters nimmt von links rechts auf der Testtafel ab, die Ortsfrequenz nimmt zeilenweise zu. Als vom Untersucher leicht zu prüfendes Unterscheidungskriterium besitzen die Streifen von Testfeld zu Testfeld eine verschiedene Orientierung (gerade, rechtsschief und linksschief), vgl. Abb. 13.

Es kann mit diesem Testverfahren somit überprüft werden, ob die Testperson feine Helligkeitsabstufungen der Kontraste wahrnimmt – unabhängig davon, ob es sich bereits um strukturelle Veränderungen handelt, so dass es aufgrund dieser nicht (mehr) möglich ist Schattierungen zu sehen, oder ob einer Änderung des Sehverhaltens vorliegt.

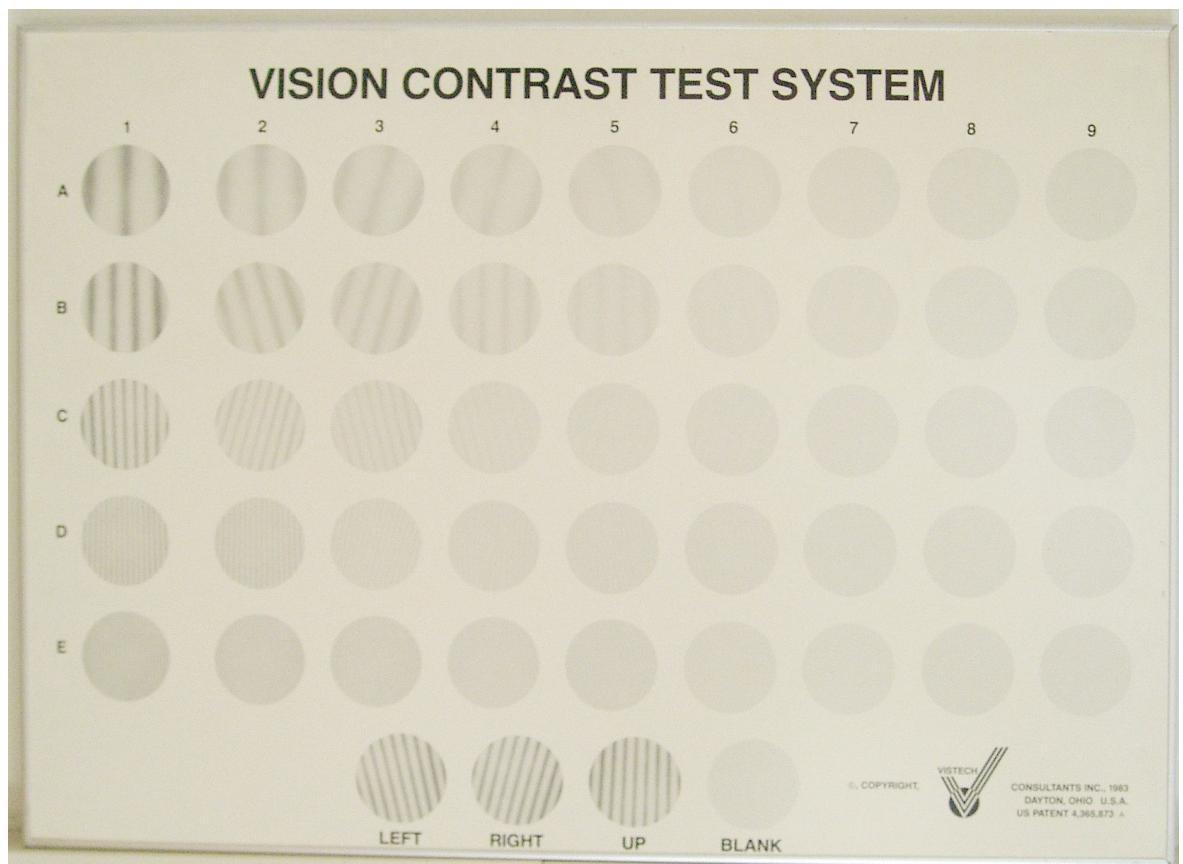


Abb. 13: Vision Contrast Testtafel der Fa. Vistech (VCTS 6500)

Geprüft wurde binokular für Ferne (3m) mit habitueller Korrektur bei gegebenem Refraktionsdefizit. Die Testperson musste erkennen, ob die Richtung der Streifen vertikal, rechtsschief oder linksschief ist. Das letzte als korrekt erkannte Testzeichen wurde je Reihe notiert. Die Prüfung erfolgte bei einer im Prüfraum standardisierten Leuchtdichte von 103 cd/m².

Kritisch zu betrachten ist bei dem Einsatz der VISTECH-Tafel die relativ grobe Kontraststufung, das höhere Abbruchkriterium im Vergleich zu anderen Testverfahren und eine relativ geringe Test-Retest-Reliabilität (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 240ff.; Rubin, 1988). Der Vorteil eines großen Spektrums an Ortsfrequenzen und einer einfachen Durchführbarkeit sowie der Verfügbarkeit der Testkarte bestimmten die Entscheidung für dieses Verfahren.

Individuellen Abweichungen der Kontrastempfindlichkeit durch Refraktionsfehler, Krankheiten, neurologische und pharmakologische sowie altersbedingte Veränderungen (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 228ff.) wurden versucht durch geeignete Stichprobenwahl und Prüfbedingungen entgegenzuwirken. Somit ist zu erwarten, dass die Intergruppendifferenzen nicht in statistischen Artefakten zu suchen sind.

3.2.1.2 Farbunterscheidungsvermögen

Das Farbunterscheidungsvermögen kann dem Munsell-Farnsworth-100-Hue-Test mit 85 Farbchips geprüft werden (Abb. 14). Dieser Test wurde ursprünglich nicht für Screening-Tests entwickelt, sondern als Berufseignungstest (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 202ff.). Er findet jedoch hier eine hervorragende Anwendung, da er im Gegensatz zu den pseudoisochromatischen Farbtafeln auf dem Farbunterscheidungsvermögen basiert, also der Fähigkeit zwei verschiedene Farben als unterschiedliche zu erkennen.



Abb. 14: Munsell-Farnsworth-100-Hue-Test mit 85 Farbchips

Der Durchmesser der Farbchips beträgt $1,5^\circ$ Sehwinkel bei einer Prüferentfernung von 0,5m. Die Aufgabe des Prüflings besteht darin, die Farbchips entsprechend ihrer Anordnung im Farbkreis zu sortieren.

Da die Farbtonunterschiede zwischen den einzelnen Farben nur bei korrekter Beleuchtung wiedergegeben werden können, wurde die Beleuchtung der Farbchips mit einer standardisierten Speziallichtquelle mit einer Farbtemperatur von 6500K bei 320lx Beleuchtungsstärke der Farbchips durchgeführt. Um den Test zeitlich zu verkürzen, sind die Endpositionen der Farbchips pro Reihe in ihrer Position vorgegeben. Der Test wurde für jede Farbreihe getrennt durchgeführt. Die Ausgangsposition der Farbchips wurde randomisiert.

Die Auswertung des Testes erfolgt nach der Gesamtfehlerzahl. Die Gesamtfehlerzahl wird nach dem für diesen Test vom Hersteller vorgegebenen Verfahren ermittelt: Die Punktzahl jedes einzelnen Farbchips wird ermittelt, indem die Summe der Differenzen zwischen zwei benachbarten Farbchips ermittelt wird. Von diesem Ergebnis wird „2“ abgezogen, da auch bei richtiger Reihenfolge die Summe der Differenzen gleich „2“ ist.

Diskutiert wird bei diesem Test die Erlernbarkeit des Tests bei kurzfristiger Wiederholung. Deshalb wird dieser häufig zweimal hintereinander durchgeführt und das zweite Ergebnis gewertet (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 204). Aus Komplexitätsgründen wurde in dieser

Studie auf eine Wiederholung des Tests verzichtet.

Als alternatives Testverfahren, um das Farbunterscheidungsvermögen zu messen, wäre die Anwendung eines Anomaloskops möglich gewesen. Hier weicht jedoch die Zielsetzung des Messverfahrens insofern ab, als das Anomaloskop auf dem Prinzip der Farbanpassung und nicht auf dem der Farbunterscheidung bzw. –verwechslung beruht.

Auch dieses Verfahren ermöglicht, ein reduziertes Unterscheidungsvermögen zu quantifizieren, unabhängig davon, ob Farbunterschiede nicht mehr gesehen werden können wegen struktureller (Farben können aufgrund der Struktur des Auges nicht unterschieden werden.) oder funktioneller (Es kommt bei der Testperson nicht (mehr) auf Farbnuancen an.) Veränderungen.

3.2.1.3 Gesichtsfeld

Für die Untersuchung des peripheren Gesichtsfeldes konnte kein standardisiertes (automatisches) Perimeter verwendet werden, da diese nur bis zu einem Untersuchungsgebiet von ca. 60° messen. Für die Messung des peripheren Gesichtsfeldes war es deshalb erforderlich, ein Perimeter selbst zu entwickeln, das nach dem Prinzip eines handelsüblichen statischen, automatischen Perimeter arbeitet (vgl. Abb. 15).

Zweck dieser Messung war nicht ein vollständiges Gesichtsfeld und dessen potenzielle Defekte abzubilden, sondern Wahrnehmungsunterschiede im extrem peripheren Bereich von mehr als 85° zu überprüfen. Aus Zeitgründen konnte nur der auf Augenhöhe liegende Meridian untersucht werden.

Dazu wurde eine handelsübliche verstellbare Kinnstütze an das selbst konstruierte Perimeter (vgl. Abb. 15) montiert, um eine adäquate Messanordnung und individuelle Einstellungsmöglichkeit zu gewährleisten. Die Seitenteile des Perimeters sind in Augenhöhe mit je 20 manuell einzeln ansteuerbaren grünen LEDs versehen, die so positioniert wurden, dass jede 1° Sehwinkel repräsentiert.

Die Testperson musste ein zentrales Fixationsobjekt (rote LED im Zentrum) fixieren und dabei für das rechte und linke Auge jeweils das zufällige Aufblinken (Dauer 0,2s) der peripheren LED erkennen. Nach einer Testerklärung wurde pro Proband jeweils von 105° bis 85° für das rechte und linke Auge je zweimal von außen kommend geprüft. Als Grenze wurde das jeweils erste erkannte zufällige Aufblinken der LED festgehalten. Als Untersuchungswert für das periphere Gesichtsfeld wurden jeweils die Messwerte für R

und L gemittelt und anschließend addiert.

Falschpositive Aussagen wurden durch das Prüfverfahren (randomisiertes Aufblinken) weitestgehend ausgeschlossen. Es erfolgte eine Fixationskontrolle durch den Prüfer, um eine Beeinflussung der Ergebnisse durch Fixationswechsel auszuschließen.

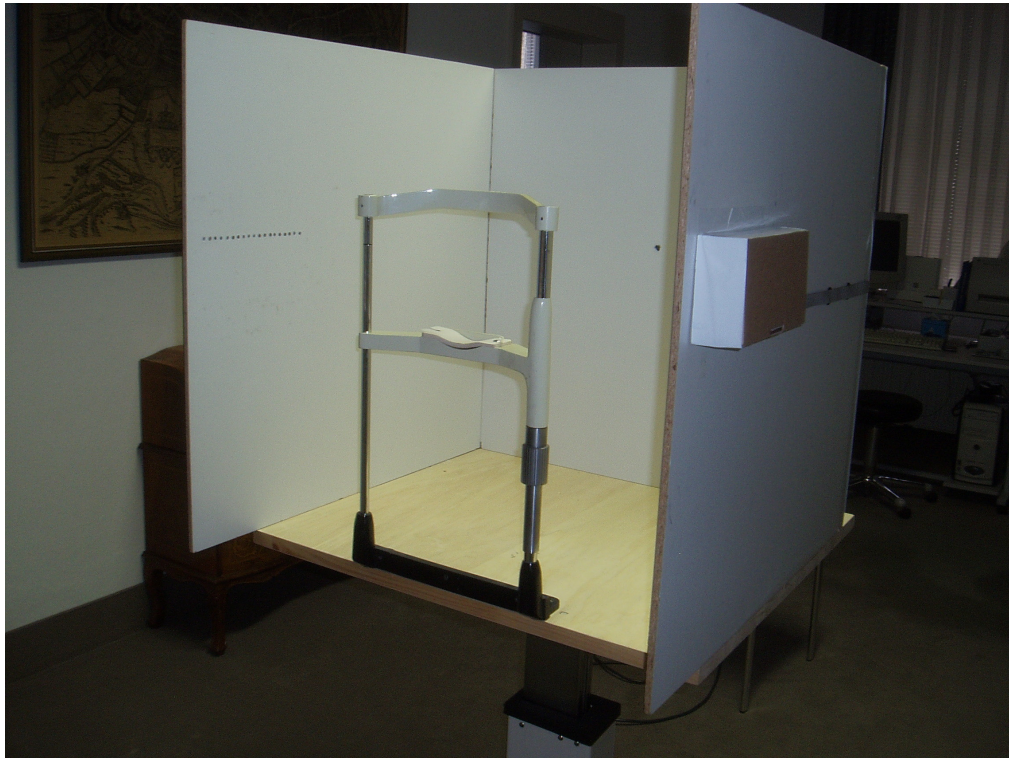


Abb. 15: Perimeter zur Untersuchung des peripheren Gesichtsfeldes

Das Nicht-Sehen peripherer Reize bzw. eine Einschränkung des peripheren Gesichtsfeldes wird bei diesem Testaufbau erfasst, wenn bereits eine Verhaltensänderung (z. B. Selektivität der Aufmerksamkeit bei zentraler Fixation und gleichzeitiger Ausblendung peripherer Reize) vorliegt. Es müssen nicht zwingend strukturelle Veränderungen vorliegen.

3.2.1.4 Blickbewegungen

Für die Ermittlung des dynamischen Sehvermögens erwies sich ein Test in Anlehnung an die Übung „Schweifender Blick“ (Böhle et al., 1998, S. 65) als geeignet. Überprüft wird damit, ob die Testperson „weiche“ Blickbewegungen ausführen kann.

Der Testperson wird ein „Labyrinth“ im DIN A3-Format (Abb. 16) in 1 m Abstand

vorgehalten. In dieser Entfernung ist bei gleichbleibender Kopfhaltung (Fixation durch Kinnstütze) das ganze Format fixierbar und somit ein Nachziehen der Linie nur durch Augenbewegung möglich. Die Aufgabe besteht darin, die nur aus weichen Kurven bestehende Linie vom roten Startpunkt rechts oben zum Zielpunkt in der Mitte des Labyrinths mit den Augen zu verfolgen. Ein Nachziehen der Linie mit Hilfsmitteln sollte damit vermieden werden. Um annähernd gleiche Testbedingungen zu erreichen, werden als Bearbeitungszeit 90 Sekunden vorgegeben. Zwischen Start- und Zielpunkt sind in gleichen Distanzen Farbpunkte verteilt, die eine Einstufung des dynamischen Sehvermögens erlauben. Der Teilnehmer soll die Farben der Punkte in Reihenfolge der nachgezogenen Linie nennen; die richtigen Ergebnisse werden vom Prüfer im Antwortbogen vermerkt. Ein Testabbruch erfolgt, wenn ein falscher Farbpunkt genannt wird oder die Testperson die Linie nicht mehr verfolgt werden kann. Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist ein Neubeginn nicht vorgesehen.

Dieses Messverfahren von fließenden Augenbewegungen wird auch in der verhaltensorientierten Praxis erfolgreich angewandt und gilt als valides, einfaches Messverfahren für die Fähigkeit zu „fließenden“ Blickbewegungen ohne dass bereits strukturelle Veränderungen vorliegen müssen (vgl. Scheiman/Wick, 2002, S. 215). Es wurde für diese Studie lediglich im Schwierigkeitsgrad erhöht.

Aus Gründen der Einfachheit und aus Zeitgründen wurde zur Messung des dynamischen Sehens dieses einfache psychophysische Messverfahren gewählt. Alternativ wäre auch die wesentlich aufwändigere Anwendung einer Blickbewegungsaufzeichnung mittels eines Eye-Trackers in Frage gekommen, wie dieser in Laborexperimenten z.B. in der Werbungsforschung eingesetzt wird. Aus Zeit- und Komplexitätsgründen musste auf den Einsatz dieses Verfahrens verzichtet werden.

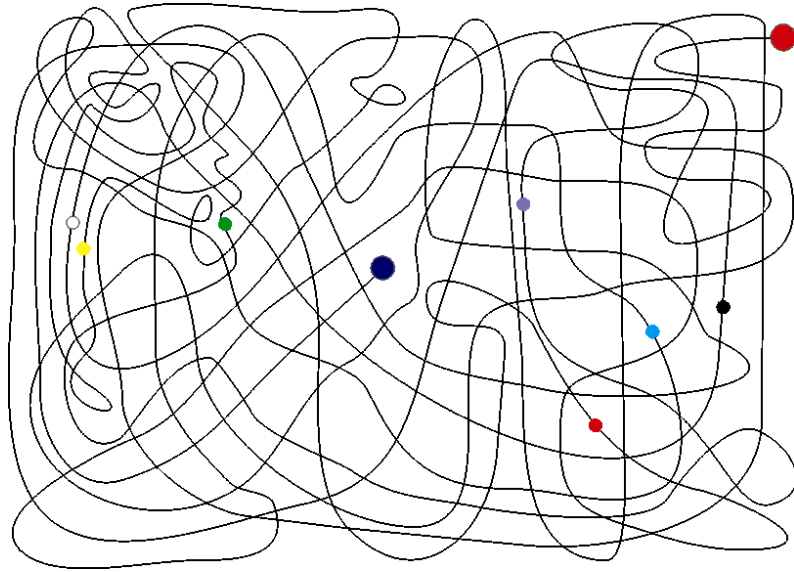


Abb. 16: Testbild „Labyrinth“ – Dynamisches Sehen

3.2.1.5 Distanz

Ein besonderer Aspekt der Akkommodation bzw. Konvergenz ist die Geschwindigkeit der Anpassung an die Nähe/Ferne, also die Zeit der Fokusanpassung, welche durch die Motilität beschreibbar ist. Hierfür fand sich in der verhaltensoptometrischen Praxis ein Test-Instrument, das sich als zweckmäßig herausstellte.

Das standardisierte Testverfahren für die Messung der Motilität der Akkommodation bzw. Konvergenz läuft wie folgt ab: Es werden vom Probanden in 0,4 m Abstand Optotypen (nach einer Testphase von 20 Sekunden) 1 Minute lang binokular mit habitueller Korrektur gelesen, während in einem binokularen Vorhalter (+/- 2,0 dpt und +/- 4cm/m-Flipper) die Glasstärke gewechselt wird. So erfolgt mit optischer Korrektur ein Distanzwechsel. Der Proband liest die Optotypenfolge so schnell er kann nach jedem Linsenwechsel laut vor. Damit können falsche Antworten/Rateversuche minimiert werden. Die Zahl der richtig gelesenen Optotypenfolgen wird notiert und in Zyklen/Minute umgerechnet (Division der richtigen Antworten durch 2). Dieser psychophysische Test misst sowohl die Akkomodationsmotilität wie die Anpassung der Konvergenz, wenn er binokular angewandt wird.



Abb. 17: Binokularer Vorhalter (Flipper)

Die Fehlerquote dieses Verfahrens wird versucht zu minimieren, indem der Proband jeweils vorab darauf hingewiesen wird, die Optotypen unabhängig von der Zeichengröße zu lesen.

Zum Messverfahren der Akkommodations-Motilität und dessen Validierung liegen mehrere Studien vor (Iribarren et al., 2001; Hennessey, 1984; Pope/Wong/Mah, 1981; Liu et al., 1979; Griffin et al., 1972; Griffin et al., 1977; Burge, 1979). Durchschnittliche Werte liegen aus diesen Studien bei ca. 10-15 Zyklen/min. Diese Mittelwerte variieren je nach Testbedingungen (Optotypengröße, Alter der Testpersonen, Dioptrienwert des Flippers usw.).

Mit der Messung der dynamischen Komponente der Akkommodation/Konvergenz können Verhaltensänderungen erkannt werden, die bei Überprüfung statischer bzw. struktureller Größen nicht erfasst werden. Damit handelt es sich um einen überwiegend funktionellen und verhaltensbeeinflussten Bereich des Sehens, der sich aber als Folge zum Beispiel in einer Phorie bis hin zur Tropie oder einem akkommodativen Spasmus bis hin zur chronischen Myopisierung manifestieren kann.

3.2.1.6 Räumliches Sehen

Ferne:

Das Stereosehen für die Ferne (5m) lässt sich im Detail mit dem differenzierten Stereotest des Sehzeichenprojektors CompuVist der Fa. Rodenstock mit polarisiertem/haploskopischen Trennverfahren unter habitueller Fernkorrektur testen. Es werden binokular je 5 Sehzeichen in einer Zeile dargeboten, von denen jeweils eines dissoziiert ist. Das richtige Erkennen des dissoziierten Zeichens lässt auf einen

Stereogrenzwinkel von 3', 2', 1' und 0,5' schließen.

Nähe:

Um das Sterosehen in der Nähe (0,4m) detailliert zu überprüfen, eignet sich der differenzierte Stereotest des Polatest Nähe der Fa. Zeiss mit polarisiertem Trenner unter habitueller Nahkorrektur als optimales Messverfahren. Der Test ist adäquat zum Ferntest aufgebaut und prüft die selben Stereogrenzwinkel für die Nähe.

Sowohl das Testverfahren für die Ferne als auch das für die Nähe sind in der optometrischen Praxis anerkannte, valide Prüfverfahren für die Refraktionsbestimmung. Anderen Testverfahren, die als Testtafeln o.ä. vorliegen, sind die Refraktionsverfahren bei der Testung des Stereosehens vorzuziehen, da sie für Ferne und Nähe einsetzbar sind und eine bessere Differenzierung ermöglichen (vgl. Berke/Münschke, 1996, S. 175f.).

Durch die feine Abstufung dieser Testverfahren können bereits geringe Veränderungen des räumlichen Sehens, die nicht strukturell verankert sein müssen, entdeckt werden. Diese können zum Beispiel auch aus einem Verlernen räumlichen Differenzierens resultieren.

3.2.1.7 Wahrnehmungspräferenz

Die Kategorien Form/Vorstellungsvermögen bzw. die Hypothese zu unterschiedlicher Wahrnehmungspräferenz (H8) erlauben keine einfache Messung mit einem standardisieren, validierbaren psychografischen Messverfahren. Es lässt sich an dieser Stelle kein direkter Bezug zu physiologischen Sehfunktionen herstellen, wenn auch die Wahrnehmungspräferenz auf allen Bereichen des Sehens basiert. Ziel des Interesses war zu untersuchen, ob ein Unterschied in der Wahrnehmungspräferenz zwischen der SG und den KG besteht, das heißt, ob z.B. Bildschirmarbeiter im Gegensatz zu den Kontrollgruppen zunächst mehr auf symbolische als auf die bildliche Elemente achten und damit eine Änderung des Sehverhaltens fern „biologischer“ Komponenten des Sehens vorliegt. Dazu wurde eine Bild-Kollage erstellt, die einerseits ein Stilleben am Meer, andererseits teils widersprüchliche symbolische Darstellungen zeigt. Die Probanden betrachteten das Bild (Format DIN A4) für 10 Sekunden und sollten gleichzeitig in Worten benennen, was sie auf dieser Kollage sahen. Aufgezeichnet wurden die Begriffe in ihrer genannten Reihenfolge. Für die Auswertung wurden die fünf erstgenannten Begriffe berücksichtigt.



Abb. 18: Testbild Wahrnehmungspräferenz

3.2.2 Fragebogen

Über einen standardisierten Fragebogen wurden zusätzlich zu den experimentellen Messungen allgemeine Angaben über die Testpersonen gewonnen (Geschlecht, Alter, Schulabschluss).

Weiterhin wurden Angaben zur beruflichen Tätigkeit erfragt (Art der Tätigkeit, Arbeitszeiten, Ergonomie-Beurteilung).

Es wurden verschiedene asthenopische Beschwerden erhoben, die während bzw. nach der Arbeit auftreten: Blendung, Reflexionen, Flimmern des Bildes, Kontrastarmes Bild, Blendempfindlichkeit, Probleme beim Nachtsehen, Schaukeln des Bildes, Doppelbilder, Brennen/Jucken der Augen, Trockene Augen, Tränen der Augen, Rötung der Augen, Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen, Unschärfe/Verschwommenes Sehen, Ermüdung der Augen und Kopfschmerzen.

Schließlich sollten die Probanden ein Eigenschaftsprofil des Sehens bei Ihrer Arbeitstätigkeit und im Kontrast dazu für das Sehen in freier Natur erstellen. Die Probanden wurden dazu aufgefordert, das Sehen für die entsprechende Situation anhand

abstrakt formulierter Items zu beurteilen. Hier wurden Begriffspaare gegenübergestellt, die aus dem kategorialen Schema (Tab. 2) abgeleitet wurden (z.B. „anstrengend“ – „entspannt“, „stimmungsvoll“ – „empfindungslos“, „harmonisch“ – „unausgeglichen“). Die Probanden mussten die jeweilige Situation anhand dieser Begriffspaare in einer fünfstufigen Skala einordnen. Ziel war es, damit das Sehen bei der Arbeitstätigkeit aus subjektiver Sicht der Probanden zu analysieren und zu vergleichen. Die Begriffspaare wurden gemäß von Eigenschaftsprofilen, wie diese im Marketing verwendet werden, gebildet, so dass sie auf das Sehen bezogen werden konnten (vgl. Gierl, 1995, S. 62f.).

Es wurde versucht die Datengüte des Eigenschaftsprofils zu gewährleisten, indem zwei verschiedene Situationen abgefragt wurden und dabei die Reihenfolge der Items verändert wurde. Außerdem wurden im Eigenschaftsprofil in der Vergleichssituation die Begriffspaare teilweise umgekehrt, so dass zufälliges Ankreuzen damit erschwert wurde.

Der standardisierte Fragebogen findet sich in Anhang C.

3.2.3 Zusätzlich erforderliche Überprüfungen

3.2.3.1 *Eingangs-Test nach G37*

Für einen Ausschluss grober Auffälligkeiten des Sehens wurde als Eingangs-Test der Screening-Test nach G37 eingesetzt. Dieser Eingangs-Test wurde mit dem standardisierten Testgerät Binoptometer II der Fa. Oculus (G37-Test, Testscheibe A, Testblatt 59666) durchgeführt.

Folgende Parameter wurden gemessen:

- zentrale Tagessehschärfe Ferne nach DIN 58 220,
- Sehschärfe Nähe nach DIN 58 220,
- Phorie,
- Stereopsis und
- Farbsinn (Ishihara-Testtafeln).

Es wird die Sehleistung in der Ferne des rechten und des linken Auges bei habitueller Korrektur getrennt sowie binokular geprüft (Visus Ferne für R, L und BIN), die binokulare Sehleistung im Nahabstand 0,4m (Visus Nähe in 0,4 m für BIN), Farbtüchtigkeit mit dem Farbttest nach Ishihara, Phorie horizontal und vertikal und Stereosehen mittels Stereotest (jeweils auf „regelrecht“ nach Testanleitung).

Diese Daten dienen nicht zur Auswertung, sondern gelten als Filterkriterium für die Studienteilnahme. Als Eingangskriterium für die Teilnahme an der weiteren Untersuchung gilt ein Visus je >0,8 für R, L wie auch BIN, Farbtüchtigkeit, keine Auffälligkeit bzgl. Phorien sowie Stereosehen mit einem Stereogrenzwinkel von mindestens 160”.

3.2.3.2 Objektive Fernrefraktion

Die Ermittlungen der objektiven Fernrefraktion beruhen auf Messungen, die mit dem Auto Kerato-Refraktometer KR-7000 P der Fa. TOPCON (zertifiziert nach ISO 9001 SGS, No. 95/4370) durchgeführt wurden. Datengrundlage bilden dabei jeweils die gemittelten Werte aus drei erfolgreichen Einzelmessungen pro Auge.

Das sphärische Äquivalent (SE) – als Indikator für die Fehlsichtigkeit in der Ferne – wird zunächst getrennt für beide Augen nach folgender Formel berechnet:

$$SE = SPH + \frac{1}{2} CYL^{13}$$

Zur weiteren Auswertung wird für jeden Probanden das SE als Mittel beider Einzelaugen, gerundet auf 0,25 dpt angegeben.

Die Ermittlung der Refraktionwerte dient zum einen dazu, hohe Fehlsichtigkeiten, die das Untersuchungsergebnis verzerren können, auszuschließen, zum anderen, um Aussagen über etwaige unterschiedliche Refraktionszustände der einzelnen Untersuchungsgruppen zu erfassen.

¹³ Die Zylinderangabe erfolgt in Minuszylindernotation und wird in Pluszylinder transformiert.

3.3 Aufbau und Ablauf der Untersuchung

In einem dritten Schritt wurde das Testinstrumentarium zur Messung von verändertem Sehverhalten eingesetzt.

3.3.1 Wahl der Erhebungsmethode

Die Untersuchung der Fragestellungen sollte mittels einer Querschnittsuntersuchung durchgeführt werden. Auf eine Längsschnittuntersuchung zum Nachweis von arbeitsbedingten Sehveränderungen der gleichen Untersuchungsgruppe musste aus Zeit- und Kostengründen sowie aus Gründen der Praktikabilität verzichtet werden.

Zur Überprüfung unterstellter Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge wurde in dieser Untersuchung sowohl das Instrument der Befragung wie auch des Experiments gewählt. Die Befragung der Probanden wurde mittels des standardisierten Fragebogens zur Erfassung der soziodemographischen Daten wie auch subjektiver Bewertungen durchgeführt. Der experimentelle Teil der Untersuchung fand davon unabhängig statt.

3.3.2 Untersuchungszeitraum und Untersuchungszeitpunkt

Die Erhebungen bzw. Untersuchungen wurden im Zeitraum Mai 2002 bis November 2004, jeweils Mittwoch bis Samstag durchgeführt. Die Befragungen und Untersuchungen fanden zum gleichen Termin an einem Vormittag nach mindestens zwei regulären Arbeitstagen des Probanden statt. Außerdem mussten die zwei vorausgehenden Wochen regulären Arbeitswochen ohne Urlaubszeiten entsprechen. Weiterhin war Testbedingung, dass die Testpersonen am Untersuchungstag vor der Untersuchung noch nicht Ihrer Arbeitstätigkeit nachgegangen sind. Damit wurde versucht, die Einflüsse tageszeitlicher Schwankungen und unmittelbar vorausgehender Beanspruchungen des Sehvermögens weitestgehend auszuschließen.

3.3.3 Auswahl der Testpersonen

Um die aus der erklärenden Theorie abgeleiteten Forschungshypothesen im Rahmen eines Experiments überprüfen zu können, galt es, eine geeignete Auswahl an Testpersonen festzulegen. Zum einen wurden verschiedene Gruppen von Bildschirmarbeitern, zum anderen als Kontrollgruppe Arbeitspersonen, die nicht an Bildschirmgeräten tätig sind, benötigt.

Es wurden gesunde männliche und weibliche Probanden im Alter von 20 bis 43 Jahren untersucht. Die Probanden wurden aus dem Kundenkreis der Fa. Optik Degle GmbH mittels persönlicher Ansprache und über Poster mit einer Vorstellung des Forschungsprojektes gewonnen.

Es wurden ausschließlich Personen in die Stichprobe aufgenommen, die 43 Jahre und jünger waren, um altersbedingte Einflüsse auf das Sehen zu minimieren. Weiterhin mussten die Testpersonen mindestens 3 Jahre im gleichen Beruf sein bzw. die gleiche Tätigkeit ausführen. Personen, bei denen systemische Erkrankungen oder Augenerkrankungen bekannt waren oder bei denen eine Medikation Einfluss auf das Sehen nahm, wurden nicht in die Stichprobe aufgenommen. Um eine Verzerrung der Ergebnisse durch außerberufliche Bildschirmtätigkeit zu vermeiden, wurden nur Probanden in die Untersuchungsgruppen aufgenommen, die in ihrer Freizeit täglich weniger als 0,5 Stunden pro Tag am Bildschirm tätig waren. Dem Einfluss moderierender Variablen wie Fernsehkonsum und Freizeitverhalten wurde versucht durch große Fallzahlen in den Untersuchungsgruppen und Matching hinsichtlich Qualifikation und Bildung zu entgegenen.

Es wurden 4 Untersuchungsgruppen gebildet:

- die Studiengruppe (SG): Arbeit am Bildschirmgerät in unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen
- eine erste Kontrollgruppe (KG1): „Konventionelle“ Bürotätigkeit ohne/mit geringer Tätigkeit am Bildschirm
- eine zweite Kontrollgruppe (KG2): Handwerkstätigkeit ohne/mit geringer Tätigkeit am Bildschirm
- eine dritte Kontrollgruppe (KG3): Berufskraftfahrer – Fernfahrer, Taxifahrer, Busfahrer, Straßenbahnfahrer – mit Ferndominanz des Sehens während der Tätigkeit

Die einzelnen Kontrollgruppen werden teilweise auch einheitlich als Kontrollgruppe (KG) betrachtet.

Die Studiengruppe setzte sich hinsichtlich Alters- und Geschlechtsverteilung aus zufällig ausgewählten Probanden zusammen. Die Verteilung nach Arbeitsaufgabe und Arbeitszeit am Datensichtgerät unterlag ebenfalls dem Zufallsprinzip.

Bei den Kontrollgruppen KG1 bis KG3 wurde versucht, diese hinsichtlich der Alters- und der Geschlechtsverteilung zu matchen, wobei als Bezugsgröße für das Alter eine

vergleichbare Verteilung bzw. auch ein annähernd gleicher Mittelwert zwischen den Gruppen galt. In die Studien- und Kontrollgruppe wurden Probanden entsprechend ihrer Teilnahmebereitschaft, Erfüllung der Eingangskriterien aufgenommen. Bei den Kontrollgruppen wurden im Verlauf der Studie gezielt Probanden für die einzelnen Altersgruppen gesucht.

Das Matching hinsichtlich des Alters und der Geschlechtsverteilung musste aus Gründen der altersbedingten physiologischen Sehleistungsveränderungen und eventueller Unterschiede bzgl. der Geschlechter erfolgen. In allen Gruppen wurde darauf geachtet, dass eine zur Überprüfung der Untersuchungshypothesen ausreichend lange und kontinuierliche Tätigkeit im jeweiligen Bereich stattfand. Als weiteres Eingangskriterium wurde für die Studien- und Kontrollgruppen jeweils das Bestehen des Siebtests des berufsgenossenschaftlichen Grundsatzes G 37 „Bildschirm-Arbeitsplätze“ gewählt, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Eine Übersicht über die Einschlusskriterien zeigt Tab. 5.

- Alter zwischen 20 und 43 Jahren
- Mindestens 3 Jahre im gleichen Beruf bzw. gleiche Tätigkeit
- Keine systemischen Erkrankungen/Augenerkrankungen/medikamentöse Beeinflussung des Sehens
- Die beiden vorausgegangenen Tage entsprachen normalen Arbeitstagen.
- Die beiden letzten Arbeitswochen entsprachen normalen Arbeitswochen ohne Urlaub o.ä..
- Keine außerberufliche Tätigkeit am Bildschirm, die 0,5h/Tag übersteigt.
- Bestehen des Siebtests nach G 37 ohne Auffälligkeit.

Tab. 5: Allgemeine Einschlusskriterien

3.3.4 Beschreibung der Stichprobe

3.3.4.1 Aufteilung der Stichprobe nach dem Alter

Die Stichprobe setzt sich insgesamt aus n=321 Testpersonen mit einem Durchschnittsalter von 32,22 Jahren zusammen. Die Altersverteilung der Gesamtstichprobe ergibt sich aus Tab. 6; eine Übersicht zur Verteilung in den einzelnen Untersuchungsgruppen findet sich in Anhang B (Abb. B1-B6).

Da das Durchschnittsalter der Kontrollgruppen (gesamte KG: 32,6 Jahre) jeweils über

dem Durchschnittsalter der Studiengruppe (SG: 31,8 Jahre) liegt, ist damit nicht zu erwarten, dass altersbedingte Einflüsse die Ergebnisse verzerren (vgl. Tab. 6).

Gruppe	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
SG	31,78	5,162	20	43
KG1	32,11	5,373	22	42
KG2	32,58	4,998	20	43
KG3	33,31	5,331	23	43
Insgesamt	32,22	5,145	20	43

Tab. 6: Übersicht über die Altersmittelwerte und Standardabweichung und Spannweiten der Stichprobe

3.3.4.2 Aufteilung der Stichprobe nach dem Geschlecht

Die Studiengruppe besteht aus 69,6% weiblichen und 30,4% männlichen Testpersonen (vgl. Tab. 7). Die Kontrollgruppen weisen eine ähnliche Verteilung auf. Der Anteil der weiblichen Testpersonen ist in KG1 mit 77,8% etwas höher, in KG2 (60,6%) etwas geringer als in der Studiengruppe. Bei relativ geringen Fallzahlen ist in KG3 überwiegen die weiblichen Testpersonen mit nur 53,1%. In der gesamten Kontrollgruppen sind 62,0% weibliche, 38,0% männliche Testpersonen.

Gruppe			Häufigkeit	Prozent
SG	Gültig	männlich	48	30,4
		weiblich	110	69,6
		Gesamt	158	100,0
KG1	Gültig	männlich	6	22,2
		weiblich	21	77,8
		Gesamt	27	100,0
KG2	Gültig	männlich	41	39,4
		weiblich	63	60,6
		Gesamt	104	100,0
KG3	Gültig	männlich	15	46,9
		weiblich	17	53,1
		Gesamt	32	100,0

Tab. 7: Aufteilung der Testpersonen in den einzelnen Untersuchungsgruppen nach Geschlecht

3.3.4.3 Aufteilung der Stichprobe nach Schulabschluss und Ausbildung

Die Verteilung von schulischer Bildung und beruflicher Qualifikation innerhalb der

Stichproben geht aus Tab. 8 und Tab. 9 hervor. Die Anzahl der Testpersonen mit (Fach-) Abitur ist in der SG mit 17,7% etwas höher als in den Kontrollgruppen KG1 (11,1%) und KG2 (10,6%). In Kontrollgruppe KG3 sind keine Testpersonen mit (Fach-) Abitur. Hinsichtlich der Berufsausbildung ist der Anteil der Lehrausbildung in KG1 (74,1%) und KG2 (85,6%) höher als in der SG (57,0%). Kontrollgruppe KG3 enthält keine Teilnehmer mit Studium als Berufsausbildung.

Gruppe			Häufigkeit	Prozent
SG	Gültig	Hauptschule	39	24,7
		Mittlere Reife	91	57,6
		(Fach-)Abitur	28	17,7
		Gesamt	158	100,0
KG1	Gültig	Hauptschule	9	33,3
		Mittlere Reife	15	55,6
		(Fach-)Abitur	3	11,1
		Gesamt	27	100,0
KG2	Gültig	kein	1	1,0
		Hauptschule	27	26,0
		Mittlere Reife	65	62,5
		(Fach-)Abitur	11	10,6
		Gesamt	104	100,0
KG3	Gültig	Hauptschule	18	56,3
		Mittlere Reife	14	43,8
		Gesamt	32	100,0

Tab. 8: Aufteilung der Stichprobe nach Schulabschluss

Gruppe			Häufigkeit	Prozent
SG	Gültig	keine	6	3,8
		Lehre	90	57,0
		Studium	20	12,7
		Sonstige	42	26,6
		Gesamt	158	100,0
KG1	Gültig	Lehre	20	74,1
		Studium	3	11,1
		Sonstige	4	14,8
		Gesamt	27	100,0
KG2	Gültig	Lehre	89	85,6
		Studium	13	12,5
		Sonstige	2	1,9
		Gesamt	104	100,0
KG3	Gültig	Lehre	19	59,4
		Sonstige	13	40,6
		Gesamt	32	100,0

Tab. 9: Aufteilung der Stichprobe nach Berufsausbildung

3.3.4.4 Aufteilung der Stichprobe nach der Arbeitstätigkeit

Die Studiengruppe teilt sich hinsichtlich der Art der Bildschirmtätigkeit gemäß Tab. 10 auf. In der Studiengruppe zeigt sich ein Schwerpunkt der Bildschirmtätigkeit der untersuchten Testpersonen bei Datenerfassung (20,3%), Datenakquise (22,2%) und Texterfassung (20,9%). Es fließen in die Auswertung jedoch auch Programmierung (8,2%), CAD (7,6%) und gemischte Aufgaben am BAP (11,4%) mit ein. 9,5% der Untersuchten konnten ihre Tätigkeit am BAP nicht eindeutig zuordnen. Eine Verteilung der Arbeitstätigkeiten in der gesamten Stichprobe zeigt Abb. 19. Innerhalb der Gruppe der konventionellen Bürotätigkeit (KG1), der Handwerker (KG2) und der Kontrollgruppe, die während Ihrer Arbeitstätigkeit überwiegend ihren Blick in die Ferne gerichtet hat, (KG3) wurde nicht nach Tätigkeitsinhalten differenziert. Die Studiengruppe ist zum Untersuchungszeitpunkt im Mittel 8,1 Jahre am Bildschirmarbeitsplatz beschäftigt gewesen (Anhang B, Abb. B7). Die durchschnittliche Arbeitszeit in den letzten drei Jahren liegt im Mittel bei ca. 6,5 Stunden/Tag (Anhang B, Abb. B8). Die wöchentliche Arbeitszeit am Bildschirm ist im Mittel 30,2 Stunden (Anhang B, Abb. B9).

		Häufigkeit	Prozent
Gültig	Datenerfassung	32	20,3
	Datenakquise	35	22,2
	Texterfassung	33	20,9
	Programmierung	13	8,2
	CAD	12	7,6
	Gemischte Aufgaben	18	11,4
	Andere	15	9,5
	Gesamt	158	100,0

Tab. 10: Verteilung der verschiedenen Arbeitstypen innerhalb der Studiengruppe SG und der Kontrollgruppe

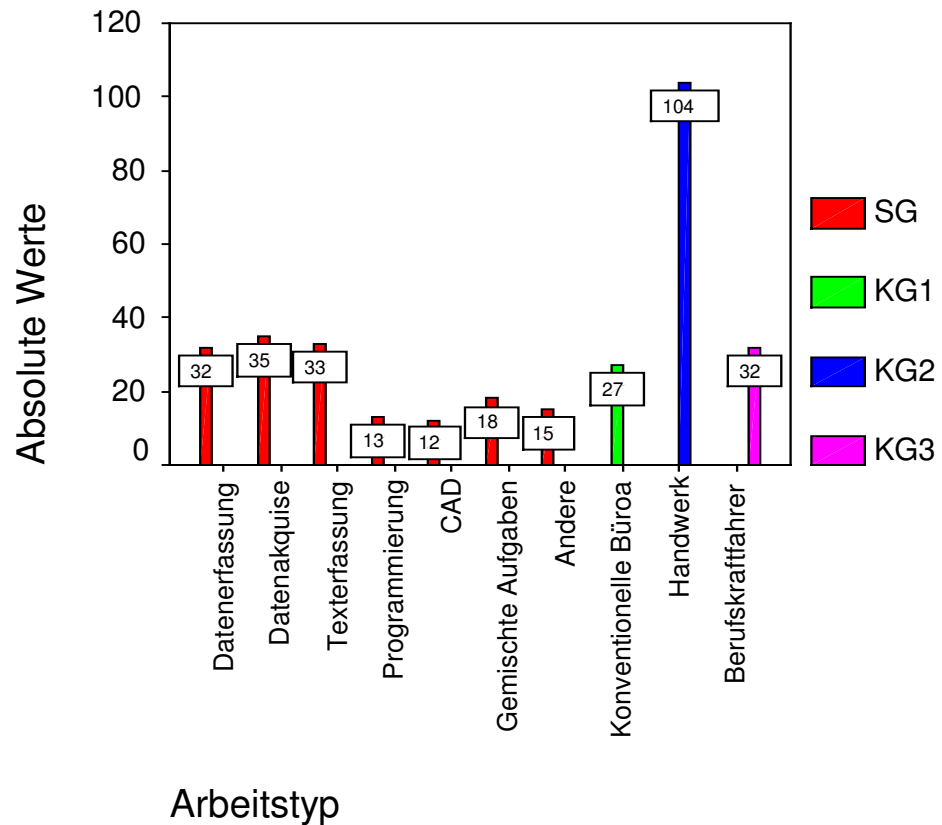


Abb. 19: Verteilung der verschiedenen Arbeitstypen innerhalb der Studiengruppe SG und der Kontrollgruppe

3.3.4.5 Subjektive ergonomische Bewertung des Arbeitsplatzes

95,6% der Studiengruppe und 96,3% der gesamten Kontrollgruppe sind der Meinung, dass ihr Arbeitsplatz so eingerichtet ist, dass er „sicheres und angenehmes Arbeiten“ ermöglicht und aktuellen ergonomischen Standards entspricht. Einen Verbesserungsbedarf hinsichtlich des Sehens bei Ihrer Arbeit sehen 24,1% in der Studiengruppe, 17,2% der gesamten Kontrollgruppe.

3.3.4.6 Arbeitspausen bei Bildschirmarbeit

93,7% der untersuchten Testpersonen in der Studiengruppe ist es möglich, Arbeitsunterbrechungen (Kurzpausen von 5 bis 10 min) einzulegen. 91,8% der untersuchten Testpersonen der SG können dabei die Pausen selbst einteilen. Allgemeine

Entspannungsübungen am Bildschirmarbeitsplatz führen 17,1% der SG durch. Nur 3,8% der Studiengruppe führen Augenentspannungsübungen am Arbeitsplatz durch.

3.3.5 Durchführung der Untersuchung

Der Erstkontakt zu den Probanden wurde mündlich über den Kundenkreis der Fa. Optik Degle GmbH und via Plakate hergestellt. Die Interessenten wurden über die Studie mittels eines Infoblattes aufgeklärt und es wurden Untersuchungstermine vereinbart.

Im Rahmen des Untersuchungstermins wurden die Versuchsteilnehmer nochmals über Inhalt und Ablauf der Untersuchung sowie über datenschutzrechtliche Bestimmungen und über die Freiwilligkeit der Teilnahme an der Untersuchung aufgeklärt. Es wurde eine Selektion anhand der Einschlusskriterien vorgenommen (vgl. Tab. 5).

Die Probanden unterzogen sich dem Eingangsscreening nach G37, bevor schließlich die einzelnen ausführlichen Tests durchgeführt wurden.

Die Testpersonen befanden sich zum Zeitpunkt der Untersuchung in einem abgetrennten Untersuchungsraum der Fa. Optik Degle GmbH, Augsburg. Die Anordnung der Messgeräte erfolgte in Reihenfolge der Untersuchung, so dass trotz des Umfangs der Einzeluntersuchungen eine angemessene Untersuchungszeit inklusive der Einweisung von ca. 30 bis 45 min pro Proband erreicht werden konnte. An einem Vormittag wurden maximal drei Testpersonen untersucht.

Im Anschluss an die Untersuchungen wurden die Testpersonen gebeten, den ergänzenden Fragebogen auszufüllen. Damit wurde versucht, die Untersuchung nicht durch den Kontext des Fragebogens nach subjektiven Beschwerden durch Bildschirmarbeit zu beeinflussen. Außerdem war damit dem Prüfer die Gruppenzugehörigkeit des Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung nicht bekannt.

3.3.6 Datenanalyse

Die statistischen Auswertungen der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen hinsichtlich der geprüften Sehfunktionen und der subjektiven Einschätzungen der Testpersonen. Die Auswertungen wurden ausschließlich mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows Version 11.0 vorgenommen.

Alle abhängigen Variablen wurden, falls das Prüfverfahren dies erfordert, mittels des Kolmogorov-Smirnov-Test (K-S-Anpassungstest) auf Normalverteilung geprüft. Wenn

nicht anders angegeben, erfüllen die abhängigen Variablen diese Voraussetzung.

Die analytischen Methoden zur Berechnung von Unterschieden zwischen den einzelnen Gruppen werden jeweils bei den Ergebnissen erwähnt.

Alle Hypothesen wurden zweiseitig auf dem Signifikanzniveau $p < 0.05$ geprüft. Falls ein höheres Signifikanzniveau erreicht wurde, so ist dieses bei den jeweiligen Auswertungsergebnissen angegeben.

Die statistischen Auswertungen finden sich in Anhang D.

3.4 Ergebnisse der Messungen

3.4.1 Kontrastsehen

Die Ergebnisse der Kontrastempfindlichkeit zeigen Unterschiede für die Untersuchungsgruppen bei mittleren (Reihe B,C) und höheren (Reihe D,E) Ortsfrequenzen (vgl. Abb. 20 und Tab. 11).

Über alle Ortsfrequenzen B-E weist die Studiengruppe einen geringeren Mittelwert auf als die gesamte Kontrollgruppe (T-Test, $p < 0,001$). Bei der geringen Ortsfrequenz A ergibt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen. Weiterhin fällt auf, dass bei Kontrollgruppe KG1 (konventionelle Büroarbeit) gegenüber den Kontrollgruppen KG2 (Handwerker) und KG3 (Berufskraftfahrer) ebenso im Mittel eine reduzierte Kontrastempfindlichkeit erkennbar ist. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass alle diese Werte im von Hersteller angegebenen Normalbereich liegen, so dass eine individuelle Messung und deren Interpretation in der Regel noch keinerlei Auffälligkeit zeigen würde.

Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese **H1 „Kontrast“: Das Kontrastsehen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen beeinträchtigt. Subjektiv sind dadurch feine Helligkeitsabstufungen schlechter wahrnehmbar.**

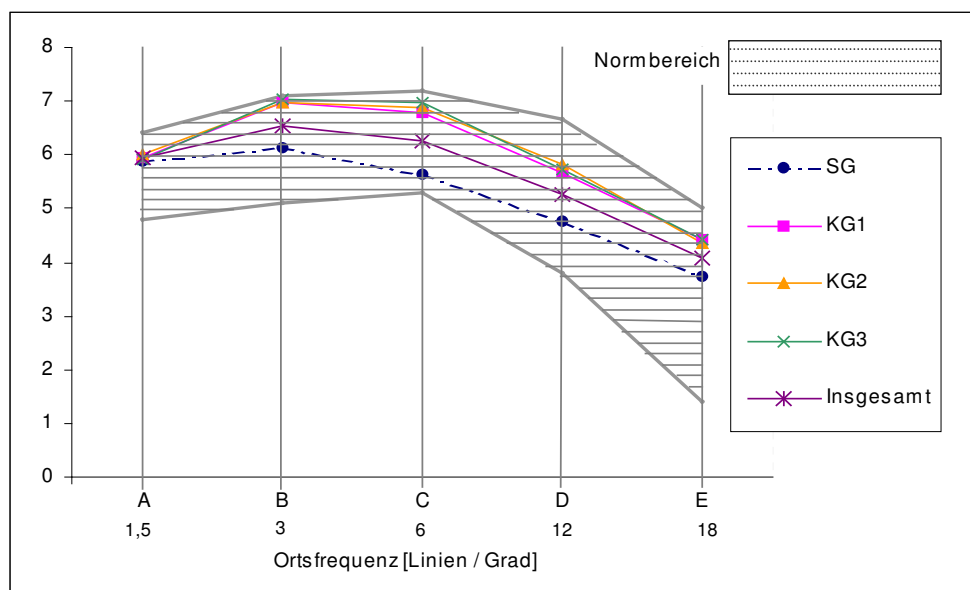


Abb. 20: Mittelwerte der Kontrastempfindlichkeit der einzelnen Gruppen bezogen auf die Ortsfrequenz unter Berücksichtigung des Normbereiches (Ordinate repräsentiert die Kontraststufen)¹⁴

¹⁴ Diese Abbildung berücksichtigt auf der Ordinate die erreichten Kontraststufen der Testtafel, nicht die

Gruppe		A	B	C	D	E
SG	Mittelwert	5,89	6,12	5,62	4,77	3,75
	N	158	158	158	158	158
	Standardabweichung	,512	,522	,683	,724	,597
KG1	Mittelwert	5,93	6,96	6,78	5,67	4,41
	N	27	27	27	27	27
	Standardabweichung	,675	,649	,424	,480	,694
KG2	Mittelwert	6,02	6,96	6,88	5,81	4,36
	N	104	104	104	104	104
	Standardabweichung	,574	,481	,489	,464	,775
KG3	Mittelwert	5,91	7,03	6,97	5,72	4,41
	N	32	32	32	32	32
	Standardabweichung	,588	,474	,740	,634	,712
Insgesamt	Mittelwert	5,94	6,55	6,26	5,27	4,07
	N	321	321	321	321	321
	Standardabweichung	,556	,669	,880	,798	,745

Tab. 11: Mittelwerte und Standardabweichungen der erreichten Kontraststufen für die getesteten Ortsfrequenzen

3.4.2 Farbunterscheidungsvermögen

Die Untersuchung nach dem Farbtonunterscheidungsvermögen mittels des Munsell-Farnsworth-100-Hue-Tests bestätigt das Ergebnis der Unterschiede im Kontrastsehen für Bildschirmarbeiter und Nichtbildschirmarbeiter auch im Bereich des Farbsehens.

Auch hier liegen die Werte aller Gruppen verglichen mit den Angaben der Testhersteller im Normalbereich¹⁵, so dass die Interpretation eines individuellen Messergebnisses keine Auffälligkeiten zeigt.

Die Testergebnisse bzw. Fehlerzahlen zeigen gleichsam, dass die Farbabstufungen im roten Farbspektrum (Hue 85-21) am einfachsten, im blauen (Hue 43-63) am schwierigsten zu unterscheiden sind¹⁶.

Eine Normalverteilung bei Fehlerzahlen kann nicht unterstellt werden. Deshalb wurde als

Kontrastempfindlichkeit bzw. des Schwellenkontrasts. Somit ergibt sich ein flacherer Kurvenverlauf als in der logarithmierten Darstellung. Auf eine Transformation der erreichten Kontraststufen in Kontrastempfindlichkeit bzw. Schwellenkontrast wurde aus Komplexitätsgründen verzichtet, insbesondere da ein Vergleich von absoluten Kontrastempfindlichkeiten in dieser Arbeit nicht von Interesse war.

¹⁵ Bis 20 Fehler gelten als gutes, 21 bis 100 als durchschnittliches, über 100 als schlechtes Farbtonunterscheidungsvermögen. Vgl. Berke/Münschke (1996), S. 204..

¹⁶ Vgl. Berke/Münschke (1996), S. 203.

Prüfverfahren der Welch-Test für einen Mittelwertvergleich nicht normalverteilter Daten bei zwei Stichproben angewandt. Nach dem diesem Test ergibt sich ein höchst signifikanter Unterschied ($p < 0,001$) in allen Farbbereichen zwischen der Studiengruppe und der gesamten Kontrollgruppe, wobei die Kontrollgruppen untereinander sich nur geringfügig unterscheiden. Es kann damit bestätigt werden:

H2 „Farbe“: Das Farbunterscheidungsvermögen bei feinen Farbnuancen ist bei Bildschirmarbeitern geschmälert. Differenzierungen bei feinen Farbschattierungen sind dadurch erschwert.

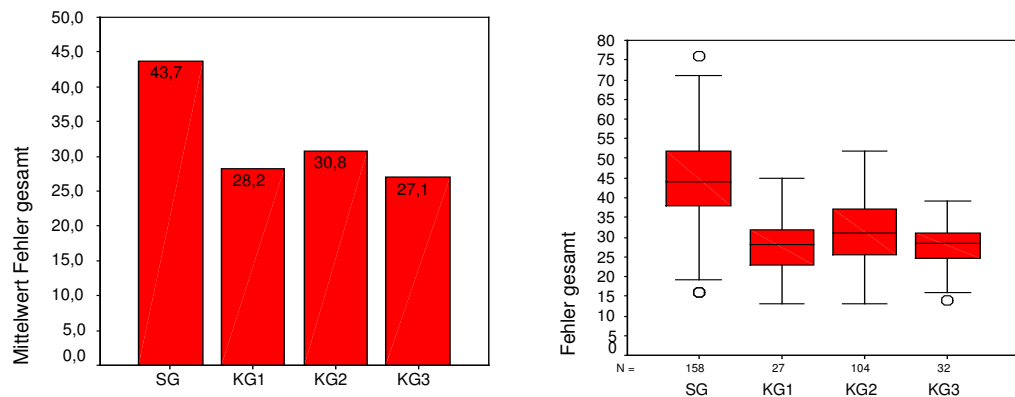


Abb. 21: Mittelwerte und Boxplot der Gesamtfehlerzahlen des Munsell-Farnsworth-100-Hue-Tests

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum	
					Untergrenze	Obergrenze			
Hue 85-21	SG	158	8,55	5,279	,420	7,72	9,38	0	25
	KG1	27	7,93	4,358	,839	6,20	9,65	0	19
	KG2	104	8,32	4,970	,487	7,35	9,28	0	26
	KG3	32	4,81	3,237	,572	3,65	5,98	0	12
	Gesamt	321	8,05	5,038	,281	7,50	8,60	0	26
Hue 22-42	SG	158	10,61	6,048	,481	9,66	11,56	0	34
	KG1	27	4,74	3,404	,655	3,39	6,09	0	12
	KG2	104	6,85	4,244	,416	6,02	7,67	0	21
	KG3	32	6,28	4,214	,745	4,76	7,80	0	15
	Gesamt	321	8,47	5,585	,312	7,85	9,08	0	34
Hue 43-63	SG	158	13,35	5,307	,422	12,51	14,18	3	36
	KG1	27	8,85	2,013	,387	8,06	9,65	5	13
	KG2	104	9,04	2,512	,246	8,55	9,53	3	18
	KG3	32	9,78	2,636	,466	8,83	10,73	6	17
	Gesamt	321	11,22	4,617	,258	10,71	11,73	3	36
Hue 64-84	SG	158	11,22	5,009	,398	10,43	12,00	0	27
	KG1	27	6,67	3,187	,613	5,41	7,93	2	18
	KG2	104	6,57	2,380	,233	6,10	7,03	0	14
	KG3	32	6,25	3,090	,546	5,14	7,36	0	15
	Gesamt	321	8,83	4,628	,258	8,32	9,34	0	27
Hue gesamt	SG	158	43,73	11,232	,894	41,96	45,49	16	76
	KG1	27	28,19	7,442	1,432	25,24	31,13	13	45
	KG2	104	30,77	7,783	,763	29,26	32,28	13	52
	KG3	32	27,13	6,079	1,075	24,93	29,32	14	39
	Gesamt	321	36,57	11,855	,662	35,27	37,87	13	76

Tab. 12: Anzahl der Fehler des Munsell-Farnsworth-100-Hue-Tests der einzelnen Gruppen sowie über die gesamte Stichprobe

3.4.3 Gesichtsfeld

Zunächst wurden die Gruppen SG und KG mittels des Welch-Test verglichen, da eine Normalverteilung der Messergebnisse in den einzelnen Gruppen nicht zugrunde gelegt werden konnte. Die Mittelwerte beider Gruppen unterscheiden sich um 4,0 Grad (SG: 178,9°, KG: 182,9°) auf höchst signifikantem Niveau ($p < 0,001$). So kann abgeleitet werden, dass langjährige Bildschirmarbeit die periphere Wahrnehmung einschränkt:

H3 „Gesichtsfeld“: Die visuelle Wahrnehmung im peripheren Gesichtsfeld bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitstypen reduziert.

Wenn es auch hier keine Vergleichsmessungen absoluter Werte bzw. Normwerte gibt, so kann anhand der Spannweite der Daten abgeleitet werden, dass individuelle Werte auch bzgl. des peripheren Gesichtsfeldes bei einer Einzelmessung sich nicht „auffällig“ verhalten würden.

Die geringen Fallzahlen in KG1 und KG3 erlauben bei nicht normalverteilten Daten keinen aussagekräftigen Intragruppenvergleich innerhalb der gesamten Kontrollgruppe. Ein Vergleich des Boxplots in Abb. 22 der einzelnen Kontrollgruppen lässt jedoch erkennen, dass in KG1 vergleichsweise viele Fallzahlen im unteren Bereich, in KG3 im oberen Bereich auftreten.

Der Kruskal-Wallis-H-Test für mehrere unabhängige Stichproben bei nicht normalverteilten Daten bestätigt diese Abweichungen zwischen den einzelnen Kontrollgruppen ($p < 0,001$). Damit kann daraus geschlossen werden, dass KG3 ein größeres Gesichtsfeld hat als KG1 und KG2, was für die durch Berufsanforderungen bedingte, ausgeprägte periphere Wahrnehmung in KG3 spricht.

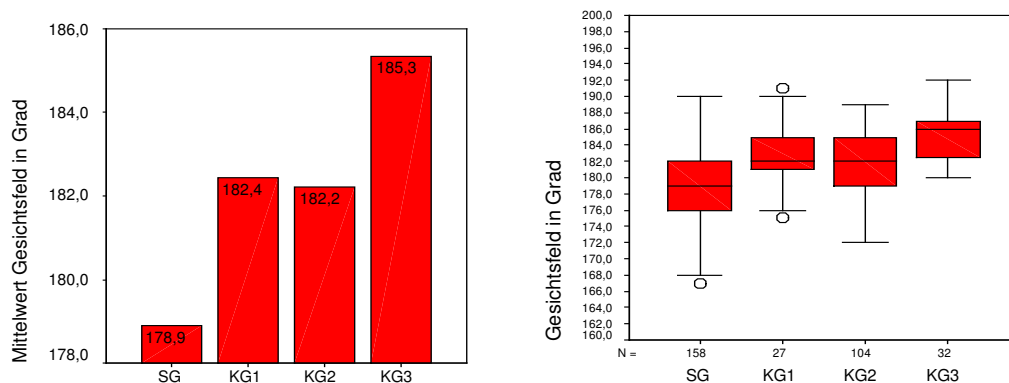


Abb. 22: Mittelwerte und Boxplot der Messwerte des peripheren Gesichtsfeldes in Grad

3.4.4 Blickbewegungen

Die Ergebnisse in der Kategorie Blickbewegungen weisen in der Studiengruppe wie in der gesamten Kontrollgruppe eine Normalverteilung ($p < 0,01$) auf. Die beiden Gruppen unterscheiden sich nach dem T-Test für normalverteilte Stichproben bei gleicher Varianz höchst signifikant ($p < 0,001$). Der Mittelwert der SG weicht um 0,74 Punkte nach unten von der KG ab. Die Testpersonen der Kontrollgruppe konnten demnach in gleicher Zeit der vorgegebenen Linienführung weiter folgen, ohne Blicksprünge auszuführen. Deshalb wird folgende Hypothese angenommen:

H4 „Blickbewegungen (Dynamik)“: Die Fähigkeit zu schweifenden, flüssigen Blickbewegungen ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich zu anderen Arbeitsformen eingeschränkt.

Ein Vergleich innerhalb der Kontrollgruppen erfolgt wiederum zunächst graphisch anhand Abb. 23, da bei KG1 und KG3 keine Normalverteilung zugrunde gelegt werden kann. Der Mittelwert der erreichten Punktezah scheint auch hier bei KG3 am höchsten zu sein. Der Kruskal-Wallis-H-Test bestätigt dies mit höchster Signifikanz ($p < 0,001$).

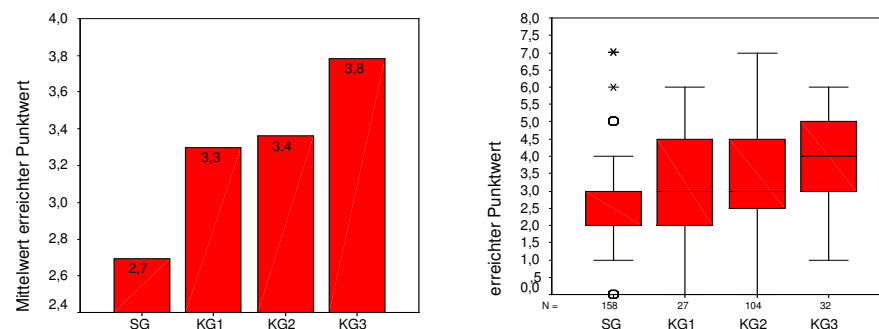


Abb. 23: Mittelwerte und Boxplot des erreichten Punktwertes (schweifender Blick) für die Studiengruppe SG (absolute Fallzahlen)

3.4.5 Distanz

3.4.5.1 Motilität der Akkommodation und Konvergenz

Die Motilität der Akkommodation und Konvergenz kann in der Studiengruppe und der gesamten Kontrollgruppe als normalverteilt angenommen werden ($p < 0,001$ für SG, $p < 0,05$ für KG). Da die Varianzgleichheit nicht bestätigt werden kann, wird auf den Welch-Test zurückgegriffen, der die Unterschiedlichkeit der Mittelwerte der SG (21,81 Zyklen/min) und der KG (22,62 Zyklen/min) als höchst signifikant bestätigt ($p < 0,001$). Damit kann belegt werden, dass die Bildschirmarbeit die Akkommodations-Motilität

beeinträchtigt.

Eine genauere Betrachtung der Ergebnisse (vgl. Abb. 24) zeigt jedoch, dass sich die Mittelwerte der Studiengruppe und der Kontrollgruppe KG1 (konventionelle Büroarbeit) nicht unterscheiden. Demnach kann die Hypothese

H5 „Distanz“: Die Motilität der Akkommodation und Konvergenz ist bei Bildschirmarbeitern im Vergleich mit anderen Arbeitsformen geringer.

nur teilweise als bestätigt gelten. Vielmehr ist davon auszugehen, dass die konstante Naharbeit allgemein die Motilität beeinträchtigt.

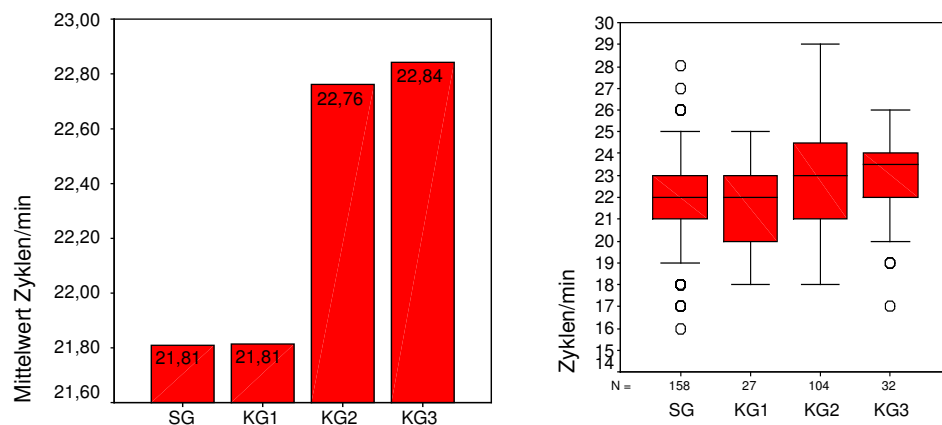


Abb. 24: Mittelwerte und Boxplot der Motilität der Akkommodation im Gruppenvergleich

3.4.5.2 Objektive Fernrefraktion

Die Ergebnisse der objektiven Fernrefraktion zeigen unterschiedliche Ergebnisse für die einzelnen Untersuchungsgruppen (vgl. Tab. 13). Die Studiengruppe weist im Mittel mit $-1,34$ dpt (SD 1,73) einen weit höheren Myopiegrad auf als die gesamte Kontrollgruppe mit $-0,12$ dpt (SD 1,44). Verglichen mit der Gesamtstichprobe, die eine mittlere Fehlsichtigkeit von $-0,72$ dpt (SD 1,70) aufweist¹⁷, lässt sich eine deutlich höhere Myopie in der SG erkennen.

¹⁷ Die Werte der Gesamtstichprobe stimmen mit den bereits in einer weiteren Arbeit erhobenen altersabhängigen objektiven Refraktionsdaten überein. -vgl. Degle (2004).

Der Mittelwertvergleich bei unabhängigen normalverteilten Stichproben (T-Test) bestätigt dieses Phänomen auf dem Signifikanzniveau $p < 0,05$.

Folgende Hypothese kann bestätigt werden.

H6 „Fehlsichtigkeit“: Bildschirmarbeiter sind im Mittel myoper sind als Tätige in anderen Arbeitsformen.

Auf einen statistischen Vergleich der Studiengruppe mit den einzelnen Kontrollgruppen wird aufgrund der geringen Fallzahlen bei einer großen Intragruppenvarianz der Messwerte verzichtet, wenn sich auch anhand der graphischen Analyse (Abb. 25) ein Unterschied erkennen lässt. Testpersonen mit konventioneller Bürotätigkeit (KG1) weisen im Mittel ebenso eine höhere Myopisierung auf als Handwerker (KG2) und Berufskraftfahrer (KG3).

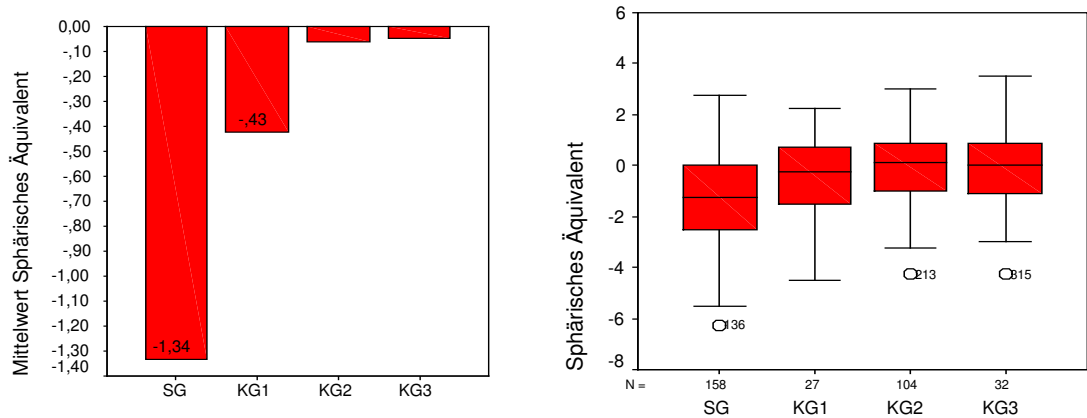


Abb. 25: Mittelwert und Boxplot des sphärischen Äquivalents in dpt

Sphärisches Äquivalent			
Gruppe	Mittelwert	N	Standardabweichung
SG	-1,3354	158	1,73361
KG1	-,4259	27	1,61545
KG2	-,0625	104	1,32597
KG3	-,0469	32	1,66491
Insgesamt	-,7181	321	1,70327

Tab. 13: Mittelwert des sphärischen Äquivalents im Vergleich (in dpt)

3.4.6 Räumliches Sehen

Die möglichen Messergebnisse des Stereosehens liegen bedingt durch die Testvorgabe bei 0,5', 1', 2' oder 3'. Damit sind die Antwortkategorien nicht vollständig äquidistant und ein Mittelwertvergleich ist kritisch zu betrachten. Es erfolgt deshalb Vergleich über alle Gruppen mittels Kruskal-Wallis-H-Test und Mediantest, über die Studiengruppe und gesamte Kontrollgruppe mittels Mann-Whitney-U-Test. Aufgrund geringer Fallzahlen in den Kontrollgruppen KG1 und KG3 wird und einer großen Spannweite der Messergebnisse wird auf eine differenzierte Betrachtung der verschiedenen Kontrollgruppen verzichtet.

Das räumliche Sehen unterscheidet sich gemäß der Überprüfung in der Ferne in den einzelnen Untersuchungsgruppen höchst signifikant (Kruskal-Wallis-H-Test: $p < 0,001$, Median-Test: $p > 0,001$, Mann-Whitney-U-Test: $p < 0,001$). In der Studiengruppe wird in 34,2% der Fälle ein Stereogrenzwinkel von 0,5' erreicht, in der gesamten Kontrollgruppe hingegen bei 65,6% der untersuchten Personen (vgl. Tab. 14 und Abb. 26, Abb. 27).

Bei der Überprüfung des räumlichen Sehens in der Nähe erreichten in der Studiengruppe 20,9% einen Stereogrenzwinkel von 0,5', in der gesamten Kontrollgruppe hingegen 35,0% (vgl. Tab. 15 und Abb. 28, Abb. 29). Die Überprüfung ergibt gemäß Kruskal-Wallis-H-Test höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,001$), jedoch lässt der Median-Test ($p = 0,054$) zwar einen Trend erkennen, weist aber keine Signifikanz für eine Differenzierung der einzelnen Gruppen auf. Der Vergleich mittels Mann-Whitney-U-Test von Studiengruppe und gesamter Kontrollgruppe bestätigt signifikante Unterschiede des Stereosehens in der Nähe ($p < 0,05$). Folgende Hypothese wird deshalb angenommen:

H7 „Raum“: Das Differenzierungsvermögen des Stereosehens ist bei Bildschirmarbeitern geringer als bei Tätigen in anderen Arbeitsformen.

SG-KG		Häufigkeit	Prozent
SG	0,5'	54	34,2
	1'	80	50,6
	2'	23	14,6
	3'	1	,6
	Gesamt	158	100,0
KG	0,5'	107	65,6
	1'	44	27,0
	2'	12	7,4
	Gesamt	163	100,0

Tab. 14: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne (in Winkelminuten)

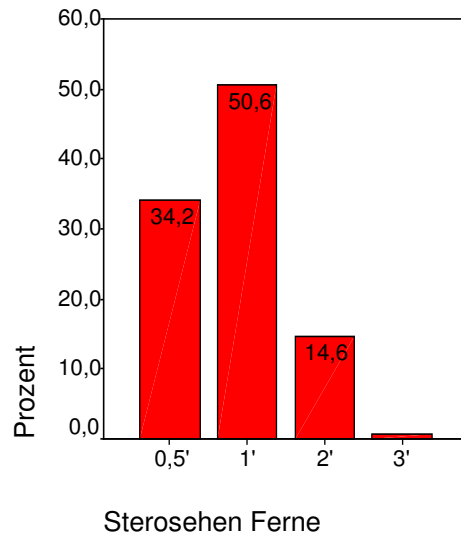


Abb. 26: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne in der Studiengruppe SG (in Winkelminuten)

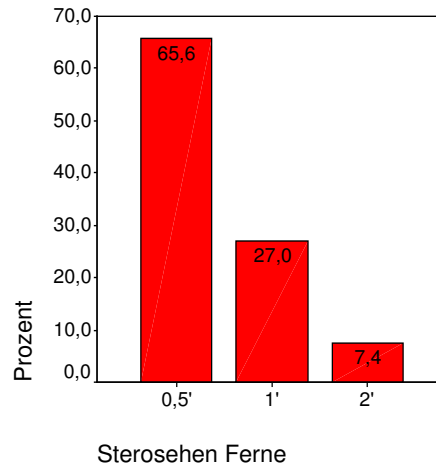


Abb. 27: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Ferne in der gesamten Kontrollgruppe KG (in Winkelminuten)

Stereosehen Nähe			
SG-KG	Häufigkeit	Prozent	
SG	0,5'	33	20,9
	1'	88	55,7
	2'	35	22,2
	3'	2	1,3
	Gesamt	158	100,0
KG	0,5'	57	35,0
	1'	74	45,4
	2'	30	18,4
	3'	2	1,2
	Gesamt	163	100,0

Tab. 15: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe (in Winkelminuten)

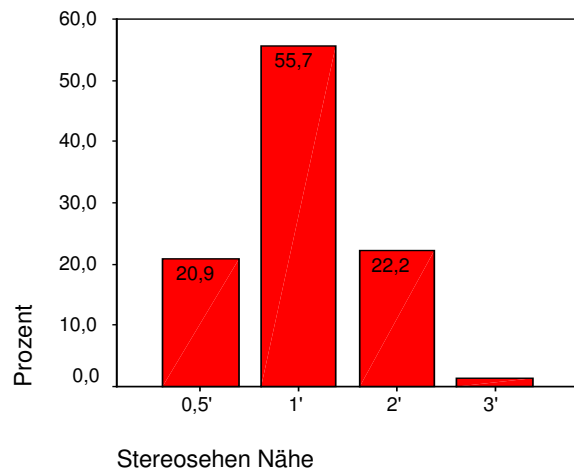


Abb. 28: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe in der Studiengruppe SG (in Winkelminuten)

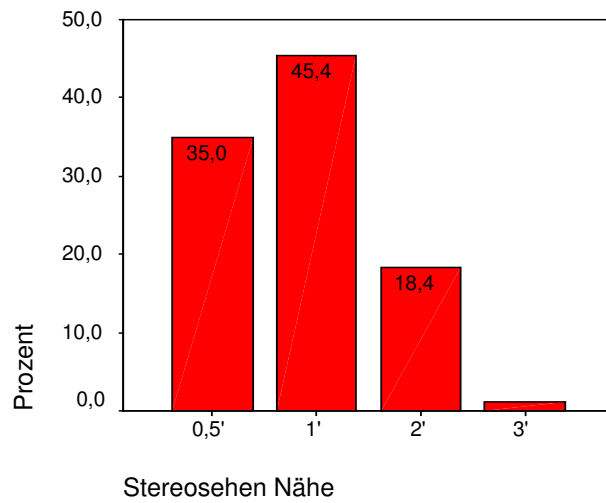


Abb. 29: Erreichter Stereogrenzwinkel beim Stereotest Nähe in der gesamten Kontrollgruppe KG (in Winkelminuten)

3.4.7 Wahrnehmungspräferenz

Hinsichtlich der Wahrnehmungspräferenzen wurde die Studiengruppe mit der gesamten Kontrollgruppe nach der Reihenfolge der Nennung einzelner Bildelemente verglichen. Die Auswertung erfolgte getrennt nach der Reihenfolge der ersten fünf Nennungen. Die Prüfung auf signifikante Unterschiede wurde mittels des Chi-Quadrat-Tests vorgenommen.

Abb. 30 zeigt in der Studiengruppe als häufigste Erstnennung „Temperatur“ mit 26,6%, in der gesamten Kontrollgruppe dominieren hingegen „Strand/Sand“ (19,6%), „blauer Himmel“ (19,0%) und „Frau“ (16,6%). In der Erstnennung tritt damit bei den Bildschirmarbeitern die symbolische Darstellung hoch signifikant häufiger auf als in der Kontrollgruppe, bei welcher der erste Blick auf natürliche Objekte dominiert (Chi-Quadrat-Test: $p < 0,01$). Auch in der zweiten Nennung (Abb. 31) dominieren in der Studiengruppe symbolische Darstellungen („Temperatur“: 20,9%, „Wolken“: 18,4%), in der Kontrollgruppe die bildhaften Elemente („Strand/Sand“: 21,5%, „Frau“: 19,0%) ($p > 0,001$). Diese Dominanz der häufigeren Nennungen von symbolischen Elementen in der Studiengruppe der Bildschirmtätigen zeigt sich ebenso bei den Nennungen drei bis fünf (vgl. Abb. 32, Abb. 33 und Abb. 34). Die Ergebnisse unterscheiden sich jeweils höchst signifikant (jeweils $p < 0,001$).

Daraus lässt sich erkennen, dass in der Gruppe der Bildschirmarbeiter eine eindeutige Präferenz in der Wahrnehmungsreihenfolge bei den symbolhaften Bildelementen liegt. In der Kontrollgruppe werden zunächst vermehrt natürliche Objekte des Bildes genannt.

Deshalb wird auch folgende Hypothese angenommen:

H8 „Wahrnehmungspräferenz“: Präferenzen der visuellen Aufmerksamkeit und der Wahrnehmungsreihenfolge sind bei Bildschirmarbeitern unterschiedlich zu Präferenzen von Tätigen in anderen Arbeitsformen.

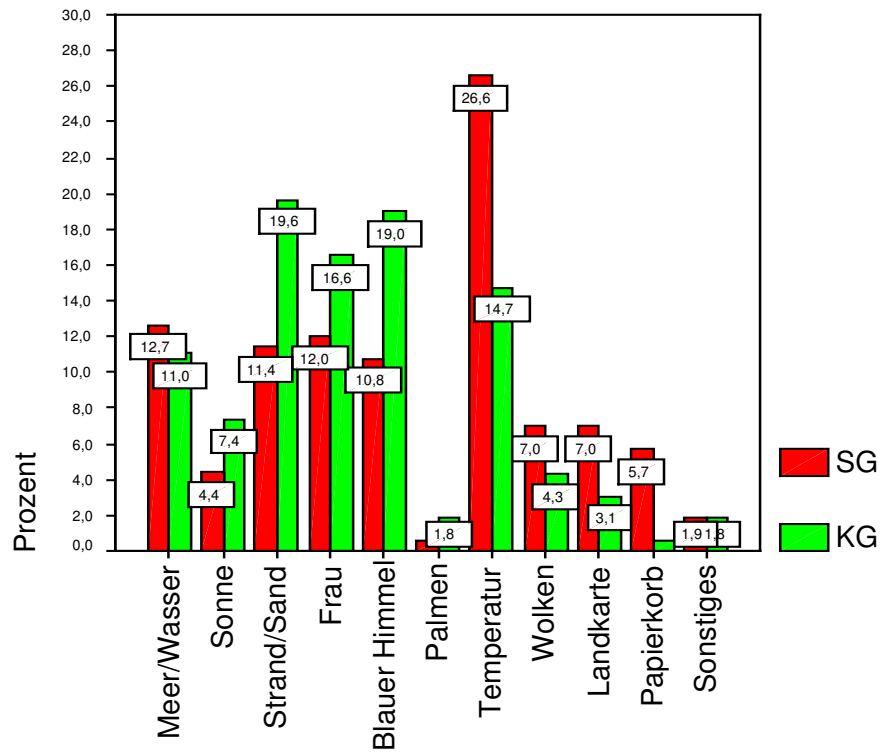


Abb. 30: Häufigkeit der ersten Nennung der jeweiligen Objekte

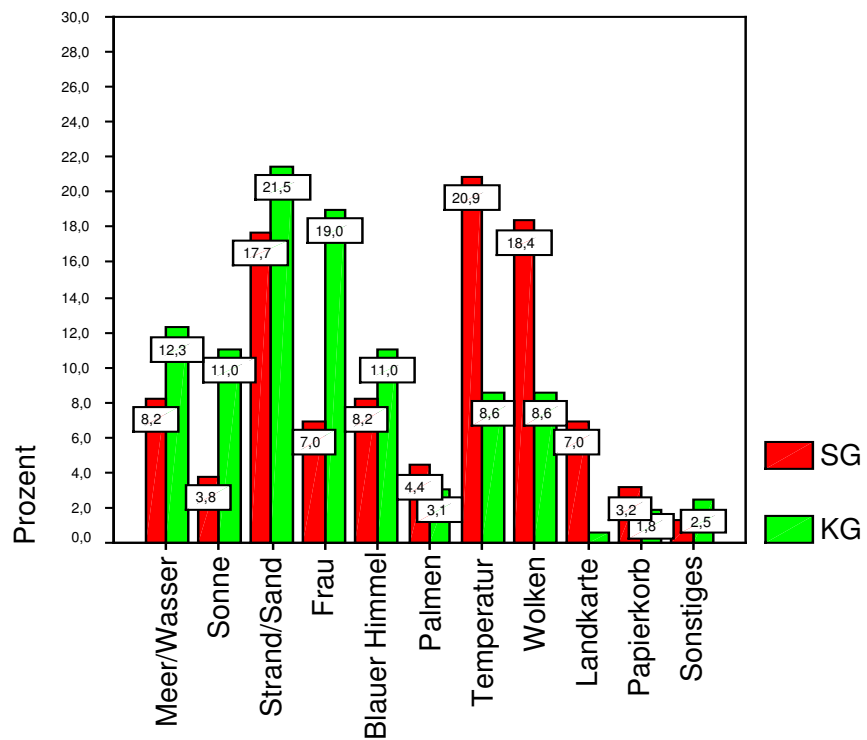


Abb. 31: Häufigkeit der zweiten Nennung der jeweiligen Objekte

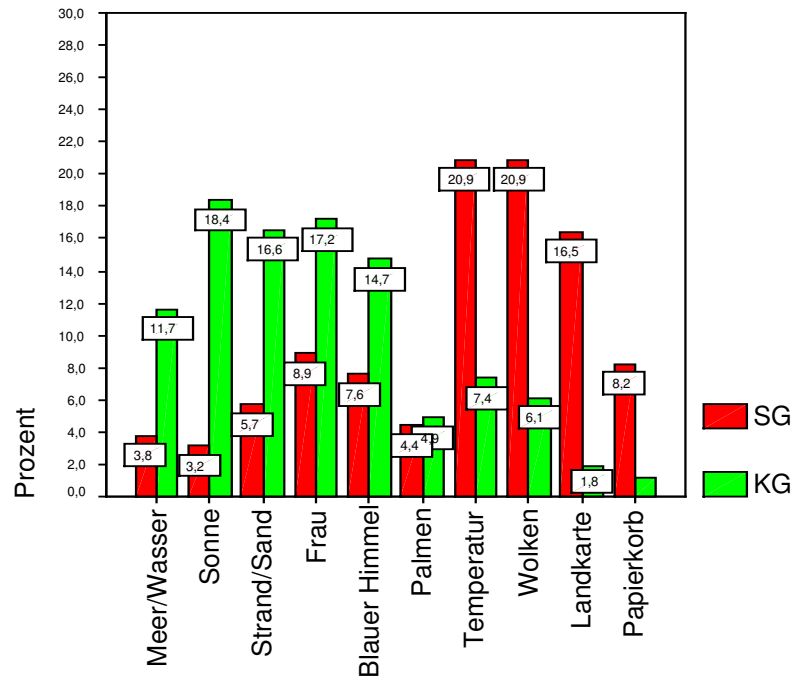


Abb. 32: Häufigkeit der dritten Nennung der jeweiligen Objekte

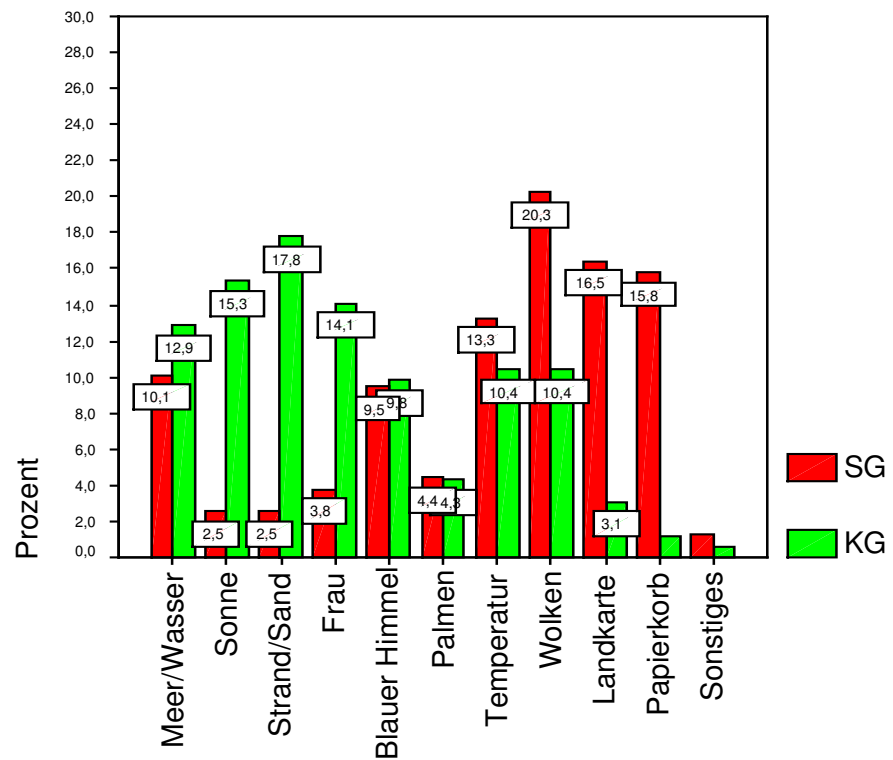


Abb. 33: Häufigkeit der vierten Nennung der jeweiligen Objekte

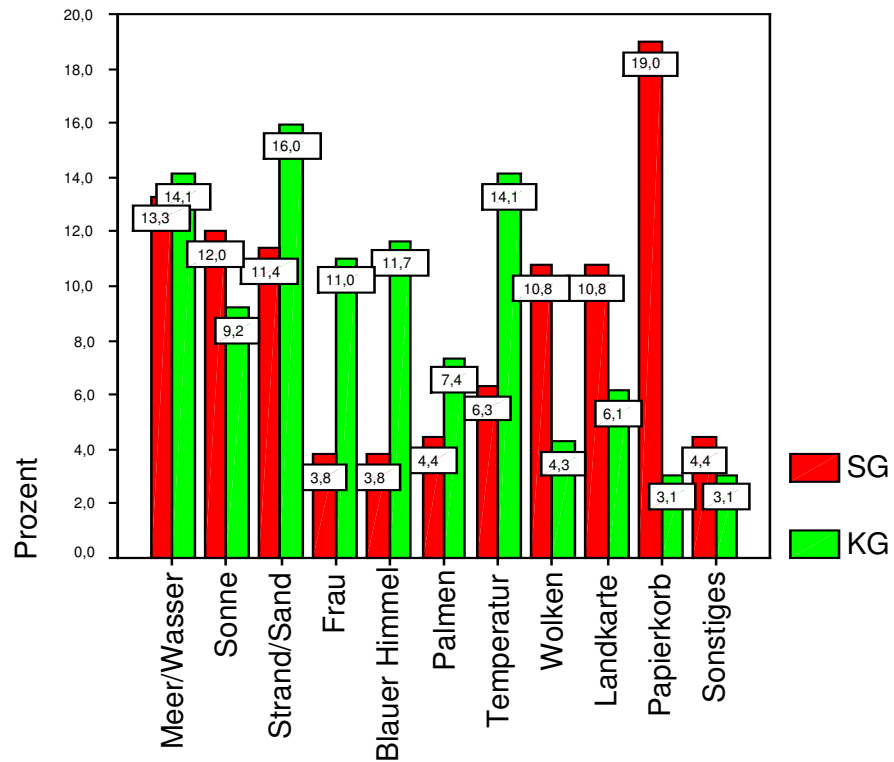


Abb. 34: Häufigkeit der fünften Nennung der jeweiligen Objekte

3.4.8 Diskussion der Messergebnisse

Die oben dargestellten Messergebnisse belegen durchwegs signifikant verändertes Sehen der Gruppe der Bildschirmarbeiter im Vergleich mit den Kontrollgruppen.

Im Vergleich zu anderen Studien wurden hier bewusst (bis auf die Fehlsichtigkeit) bei allen untersuchten Kategorien psychophysische Messungen vorgenommen, um auch nicht strukturell bedingte Veränderungen des Sehens zu erfassen. Entgegen dem Trend der Technisierung und Computerisierung sowie einer Reduktion der Überprüfung auf organische Funktionen, wird auf praxisnahe Messverfahren zurückgegriffen, die subjektive Komponenten des Sehvorgangs mit berücksichtigen. Damit können auch in einfacher Weise dynamische Sehvorgänge untersucht werden. Ein Problem der

psychophysischen Messungen stellt die Verbalisierung der Wahrnehmung dar. Bei der Auswahl und Konstruktion der Messverfahren wurde versucht, diesen Einfluss so gering wie möglich zu halten, wenn er auch nie ausgeschlossen werden kann.

Auch unterschiedliche Beteiligung der Probanden, Verständnis der Fragestellung und Ratewahrscheinlichkeit sind Einflüsse, die bei einer psychophysischen Messung nie ganz ausgeschlossen werden können. Es wurde jedoch versucht diese Störfaktoren weitestgehend zu minimieren.

Die Ergebnisse des Kontrastsehens stimmen tendenziell mit den kurzfristigen Einflüssen der Bildschirmarbeit auf das Kontrastsehen, die mit psychophysischen Verfahren geprüft wurden überein (z.B. Pesch et al., 1994). In der vorliegenden Arbeit zeigen sich ähnliche Ergebnisse bei einer größeren Stichprobe und unabhängig von vorausgehender Arbeit. Messungen der Kontrastempfindlichkeit bei langjährigen Einflüssen anhand psychophysischer Messverfahren liegen nicht vor. In einem langfristigen Vergleich des Kontrastsehens ergeben sich ähnliche Erkenntnisse wie bei Murata et al. (1996), die das Kontrastsehen mit Hilfe von VEP und CFF nach einer Arbeitswoche überprüften. Langfristige Auswirkungen auf das Kontrastsehen anhand der CFF waren nach 2,5 Jahren Bildschirmarbeit bei De Groot und Kamphuis (1983) allerdings nicht nachweisbar. Es könnte so vermutet werden, dass sich Auswirkungen auf das Kontrastsehen zunächst nicht physisch nachweisen lassen, sondern feine Helligkeitsabstufungen/Schattierungen kognitiv nicht unterschieden werden.

Das schlechtere Farbunterscheidungsvermögen der SG könnte damit erklärt werden, dass das Erkennen feiner Farbabstufungen (ähnlich den Grauschattierungen beim Kontrastsehen) am Bildschirm nicht gefordert und somit „verlernt“ wird. Auch auf Stimmungen von Farben kommt es am Bildschirmarbeitsplatz nicht an. Damit sind feine Farbnuancen beim Wahrnehmungsvorgang nicht von Interesse. Krankheitsbedingte Einflüsse des Farbsehens (z.B. Rot-Grün-Schwäche) wurden versucht auszuschließen, indem eine Farbsinnprüfung nach G37 erfolgte. Da keine vergleichbaren Studien zum Farbunterscheidungsvermögen abhängig von der Arbeitsform vorliegen, bleibt eine weitere Überprüfung zukünftiger Forschung offen.

Auch für die Einschränkung des peripheren Gesichtsfelds liegen keine vergleichbaren Studien vor. Es könnte sein, dass dieses Phänomen z.B. durch eine gewöhnlich starke Fixation und Konzentration der Wahrnehmung auf den Monitor hervorgerufen wird und eine Selektion der Aufmerksamkeit erfolgt. In einer weiteren Studie könnten diese Ergebnisse mit einem anderen zentralen Fixationsobjekt (z.B. Monitor) und automatisierter Fixationskontrolle überprüft und damit validiert werden,

Ebenso liegen in der Literatur keine Erkenntnisse über flüssige – sakkadische Blickbewegungen abhängig von der Arbeit vor. Das in der Verhaltensoroptometrie praktizierte und hier erweiterte Testverfahren kann nur bedingt flüssige Folgebewegungen kontrollieren. Deshalb gilt es als neue Aufgabe, z.B. mittels eines Eye-Trackers, Blickverläufe bei standardisierten Reizvorgaben in Abhängigkeit von Arbeitstypen zu untersuchen und damit dieses Ergebnis zu validieren.

Da zu Veränderungen von Konvergenz und Akkommodation zahlreiche Studien vorliegen, die statische Größen überprüfen, wurde im Rahmen dieser Untersuchung auf eine weitere Prüfung dieser Größen verzichtet. Unter Berücksichtigung der dynamischen Komponenten des Sehens sollte die Beweglichkeit der Akkommodation bzw. Konvergenz beim Distanzwechsel anhand der Motilität überprüft werden. Die Ergebnisse dieser Studie gleichen den von Iribarren et al. (2001) bei ähnlicher Messmethodik nach kurzfristiger Bildschirmarbeit. Jedoch konnte von Iribarren et al. kein signifikanter Unterschied zwischen Naharbeit und Bildschirmarbeit festgestellt werden. Höhere Zyklen/min in dieser Arbeit resultieren vermutlich aus hier verwendeten relativ großen Optotypen (Nah-Visus 0,7 in 40cm). Für eine weitere Überprüfung könnte mit einer Automatisierung des Gläserwechsels, einer Suppressionskontrolle und einer automatisierten Monitordarbietung der Optotypen eine Verbesserung des Messverfahrens erfolgen.

Die festgestellte höhere Myopie in der Studiengruppe im Vergleich zu den Kontrollgruppen, lässt nur bedingt Rückschlüsse auf einen Zusammenhang mit Bildschirmarbeit zu, da ein großer Anteil der Fehlsichtigkeit sich im Kindesalter bildet. Es könnte sich hier durchaus um eine statistische Zufälligkeit handeln. Eine Überprüfung anhand einer größeren Stichprobe könnte diese Untersuchungsergebnisse jedoch bekräftigen. Langfristig beständige Myopisierung wird beispielsweise auch von Kinge (2000) belegt, doch gibt es zahlreiche Studien die zu gegenteiligen Resultaten gekommen sind (vgl. 2.2.1.5.3).

Die Einschränkungen im räumlichen Sehen können ihre Ursache im Fehlen der Dreidimensionalität der Darstellung am Bildschirmarbeitsplatz wie auch in der statischen Konzentration auf eine Fixationsebene (Fehlende Plastizität) haben. Leider liegen auch hier in der Literatur keine gesicherten Erkenntnisse vor. Eine Beeinflussung des Stereosehens durch Phorien bzw. Konvergenzfehler wurde durch vorherige Prüfung im Rahmen des G 37-Tests weitgehend ausgeschlossen.

Bei der Messung der Wahrnehmungspräferenz konnte nicht auf ein standardisiertes Prüfverfahren zurückgegriffen werden. Das angewandte Verfahren der Bildanalyse sollte in einer weiteren Arbeit z.B. durch Vergleichsmessungen validiert werden. Die Ergebnisse

repräsentieren nicht eindeutig die Kategorien Form und Vorstellungsvermögen des kategorialen Schemas. Auch hier besteht Forschungsbedarf in der Entwicklung von Testverfahren in diesen Kategorien.

Zum Beispiel anhand des schlechteren Kontrastunterscheidungsvermögens, des Farbunterscheidungsvermögens oder der Einschränkungen im räumlichen Sehen in der Studiengruppe kann insgesamt die zentrale Frage beantwortet werden:

I) Durch langjährige Bildschirmarbeit wird die (qualitative) Vielfalt der Wahrnehmung, die sich über verschiedene Kategorien des Sehens erstreckt, beeinträchtigt, wenn diese Sehweisen nicht (mehr) „gebraucht“ werden.

Auch kann gefolgert werden:

II) Es zeigen sich Veränderungen des Sehverhaltens bei Bildschirmarbeit.

Diese Verhaltensänderungen zeigen sich direkt z.B. in der Motilität oder den Blickbewegungen, sie können aber auch aus allen anderen überprüften Kategorien des Sehens abgeleitet werden. Wenn beispielsweise Farbabstufungen nicht mehr wahrgenommen werden, das periphere Sehen eingeschränkt oder räumliches Differenzierungsvermögen reduziert ist, so ändert sich zwangsläufig das Sehverhalten – das „Wie wird gesehen?“.

Die Änderung des Sehverhaltens beschränken sich dabei nicht nur auf verändertes „Funktionieren“ bzw. einen anderen „Gebrauch“ der Augen mit entsprechenden physiologischen Optionen, sondern zeigen sich auch in kognitiven Verhaltensänderungen wie sich am Ergebnis unterschiedlicher Wahrnehmungspräferenzen zeigen lässt.

3.5 Ergebnisse der Befragung

3.5.1 Beschwerdehäufigkeiten

3.5.1.1 Vergleich der Beschwerdeanzahl der einzelnen Gruppen

Die Anzahl der asthenopischen Beschwerden variiert zwischen den Gruppen in höchst signifikantem Ausmaß (Welch-Test, $p < 0,001$). Die mittlere Beschwerdeanzahl liegt unter den Bildschirmarbeitern (SG) mit 5,59 Beschwerden (aus 16 vorgegebenen Antwortmöglichkeiten) deutlich über den Kontrollgruppen (KG1: 1,37; KG2: 1,01; KG3: 1,37). Die einzelnen Kontrollgruppen weisen nur geringe Unterschiede auf. Damit zeigt sich in der Anzahl der asthenopischen Beschwerden ein deutlicher Unterschied auch zwischen Bildschirmarbeit (SG) und konventioneller Bürotätigkeit. Folgende Hypothese wird deshalb angenommen:

H9 „Asthenopische Beschwerden“: Asthenopische Beschwerden treten bei Bildschirmarbeit häufiger auf als bei anderen Arbeitsformen.

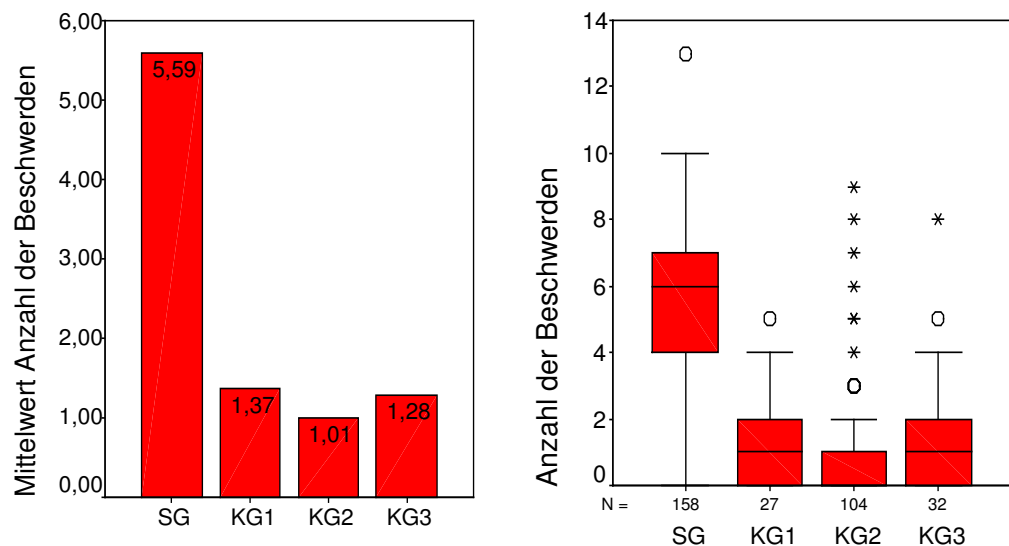


Abb. 35: Mittelwert und Boxplot der Anzahl der asthenopischen Beschwerden im Inter-Gruppenvergleich

3.5.1.2 Beschwerdearten im Intergruppenvergleich

Die Korrelation der Häufigkeit des Auftretens der einzelnen Beschwerden mit dem Arbeitstyp wurde mittels des Chi-Quadrat-Tests ermittelt.

3.5.1.2.1 Blendung

Blendung tritt in der SG mit einer Häufigkeit von 37,3% höchst signifikant ($p < 0,001$) häufiger auf als in den Kontrollgruppen. Aus Abb. 36 lässt sich erkennen, dass die Beschwerdebhäufigkeit „Blendung“ bei konventioneller Büroarbeit (KG1) am geringsten auftritt. Damit stellt Bildschirmarbeit bzgl. „Blendung“ im deutlichen Kontrast zu konventioneller Büroarbeit, zumal die Beschwerdebhäufigkeiten im Handwerk (KG2) und bei Berufskraftfahrern (KG3) höher sind.

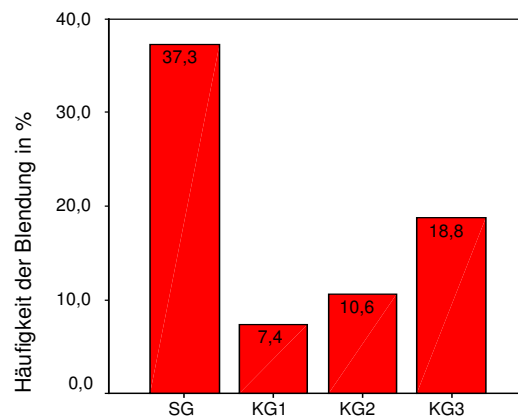


Abb. 36: Häufigkeit von Blendung als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.2 Reflexionen

Bezüglich der Reflexionen kann keine signifikant unterschiedliche Beschwerdebhäufigkeit festgestellt werden ($p = 0,103$). Überraschenderweise treten in KG2 unerklärbar viele Beschwerden diesbezüglich auf (vgl. Abb. 37).

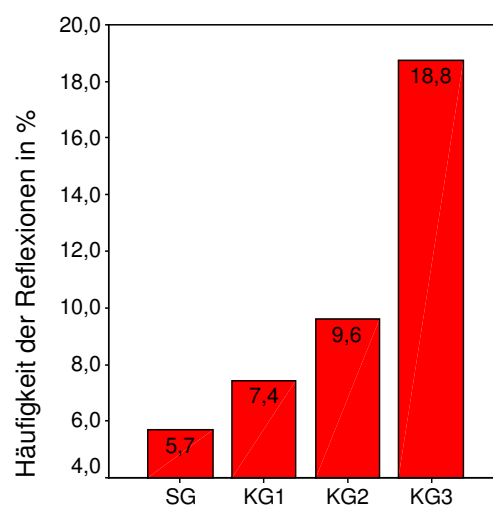


Abb. 37: Häufigkeit von Reflexionen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.3 Flimmerndes Bild

Flimmerndes Bild als Beschwerdetypus wird in der Studiengruppe mit einer Häufigkeit von 9,5% genannt (Abb. 38). Es liegt damit eine signifikant höhere Anzahl als in den Vergleichsgruppen vor ($p < 0,05$), wenn auch der Unterschied der relativen Häufigkeiten nicht so groß ist wie bei anderen Beschwerdetypen.

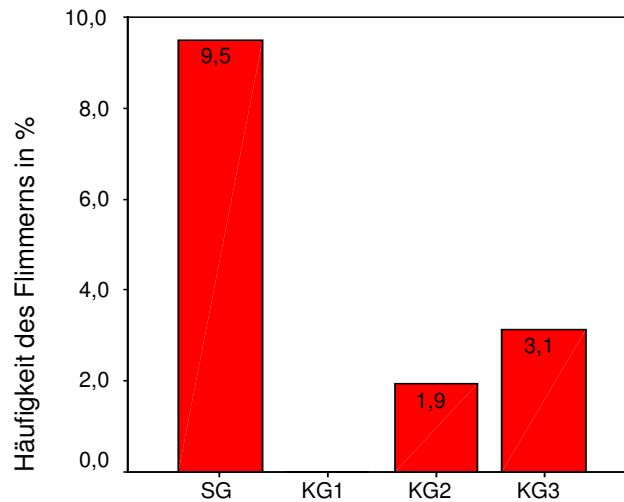


Abb. 38: Häufigkeit von Flimmern als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.4 Kontrastarmes Bild

Über Kontrastarmut klagen 33,5% der Befragten in der SG (Abb. 39) und damit hoch signifikant mehr als in den Kontrollgruppen ($p < 0,01$).

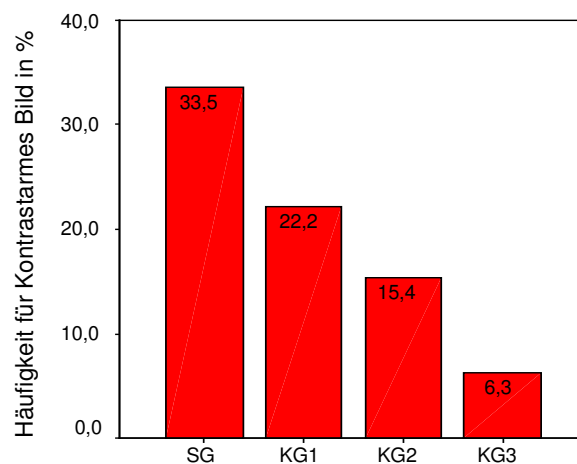


Abb. 39: Häufigkeit von Kontrastarmut als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.5 Blendempfindlichkeit

Über Blendempfindlichkeit klagen 33,5% der Studiengruppe (Abb. 40). Die Häufigkeit des Auftretens der Blendempfindlichkeit in der SG weicht damit höchst signifikant von der in den KG ab ($p < 0,001$). Auffällig ist, dass Blendempfindlichkeit in KG3 die geringste Häufigkeit aufweist, jedoch diese KG3 innerhalb der Kontrollgruppen am häufigsten über Blendung klagt (vgl. 3.5.1.2.1).

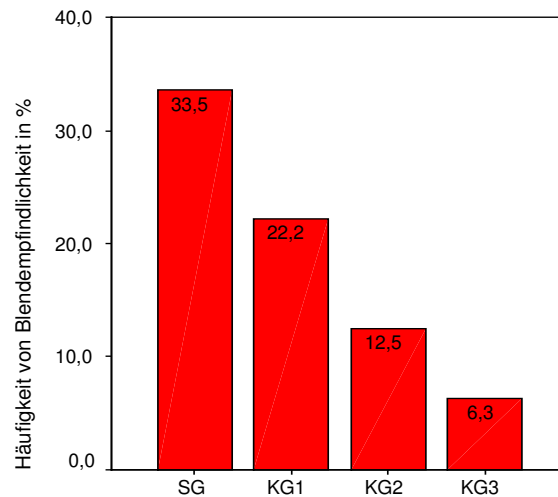


Abb. 40: Häufigkeit von Blendempfindlichkeit als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.6 Probleme beim Nachtsehen

43,7% der Probanden der SG – und damit höchst signifikant mehr als in den Kontrollgruppen ($p < 0,001$) – klagen über Sehprobleme beim Nachtsehen bzw. bei Dunkelheit (Abb. 41).

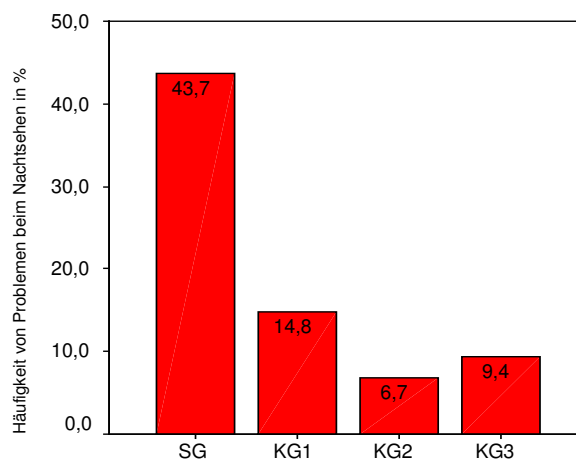


Abb. 41: Häufigkeit von Problemen beim Nachtsehen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.7 Schaukelndes Bild

Ein schaukelndes Bild (Abb. 42) beklagen 16,5% unter den Bildschirmtätigen. Damit ist die Beschwerدهäufigkeit in der SG hoch signifikant mehr als in den Kontrollgruppen ($p < 0,01$).

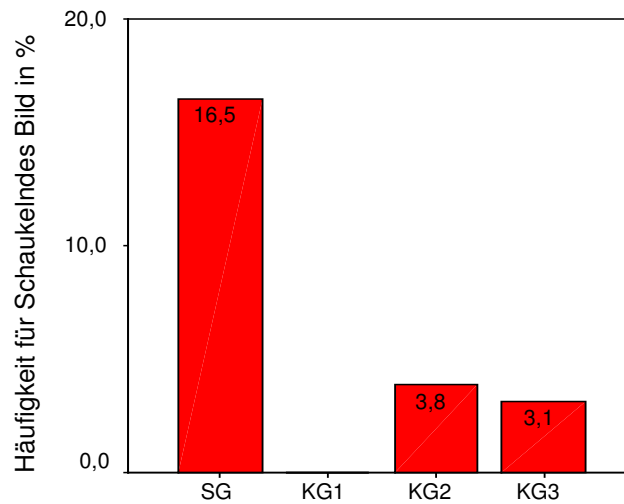


Abb. 42: Häufigkeit von Schaukeln als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.8 Doppelbilder

Doppelbilder als Beschwerden werden nur äußerst selten genannt. Es lässt sich bei diesem Beschwerdetyp kein Unterschied zwischen den einzelnen Gruppen feststellen. In der Studiengruppe wurde vier mal, in KG2 einmalig „Doppelbilder“ als Beschwerdetyp geäußert (Abb. 42).

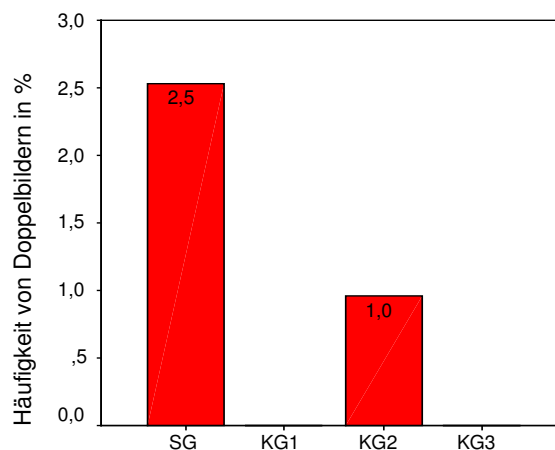


Abb. 43: Häufigkeit von Doppelbildern als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.9 Brennen/Jucken

Auch Brennen/Jucken tritt mit einer hohen Beschwerdehäufigkeit von 46,2% in der SG hoch signifikant häufiger auf als in den Kontrollgruppen (Abb. 44).

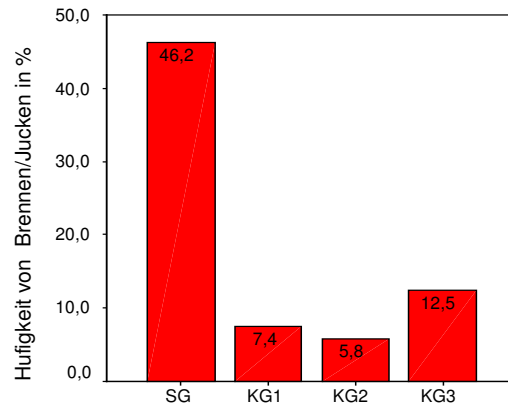


Abb. 44: Häufigkeit von Brennen/Jucken als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.10 Trockene Augen

Über trockene Augen klagen unter den Bildschirmarbeitern 52,5% (Abb. 45), höchst signifikant mehr als in den Kontrollgruppen ($p < 0,001$).

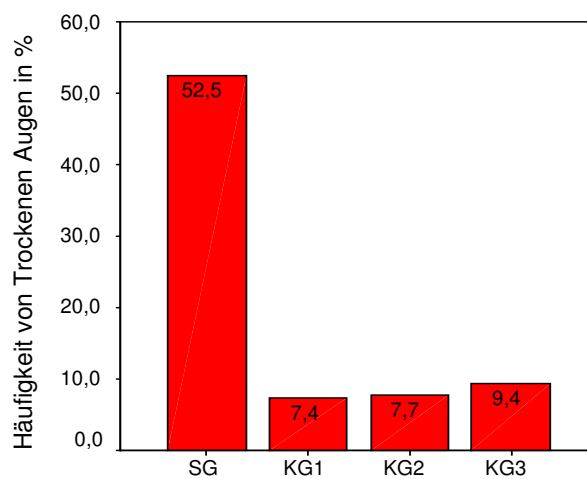


Abb. 45: Häufigkeit von trockenen Augen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.11 Tränen der Augen

36,7% der Testpersonen der SG klagt über Tränen der Augen (Abb. 46). Die Beschwerدهäufigkeit liegt auf dem Signifikanzniveau von $p > 0,001$ über der in den Kontrollgruppen.

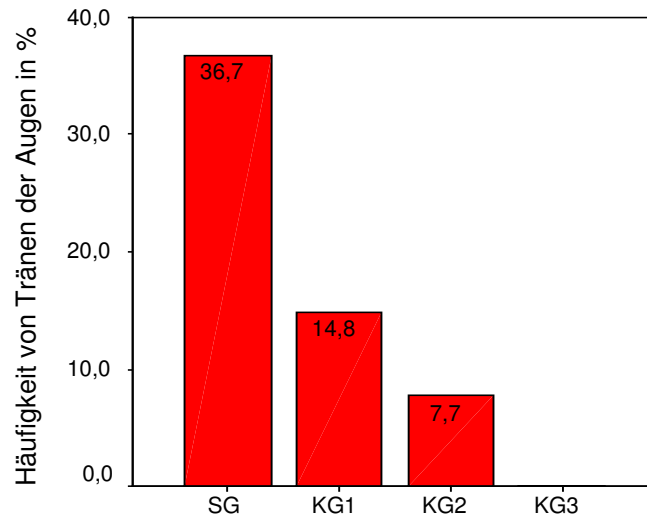


Abb. 46: Häufigkeit von Tränen der Augen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.12 Rötung der Augen

Über eine Rötung der Augen klagen 43,7% der Bildschirmarbeiter (Abb. 47), höchst signifikant mehr als in den Kontrollgruppen ($p < 0,001$).

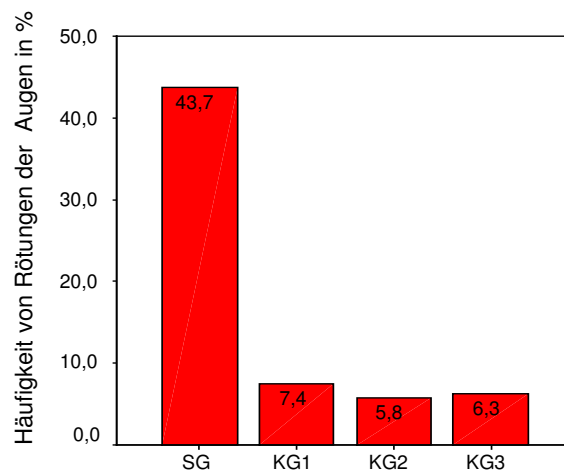


Abb. 47: Häufigkeit von Rötungen der Augen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.13 Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen

Ebenso klagt mehr als jeder zweite Bildschirmarbeiter (SG) über Umstellungsschwierigkeiten beim Wechsel Fern/Nah-Sehen (Abb. 48). Überraschenderweise wird dieser Beschwerdetypus in KG1, KG2 nicht genannt, in KG3 tritt er nur einmal auf. Akkommodationsprobleme treten damit höchst signifikant häufiger in der SG auf ($p < 0,001$).

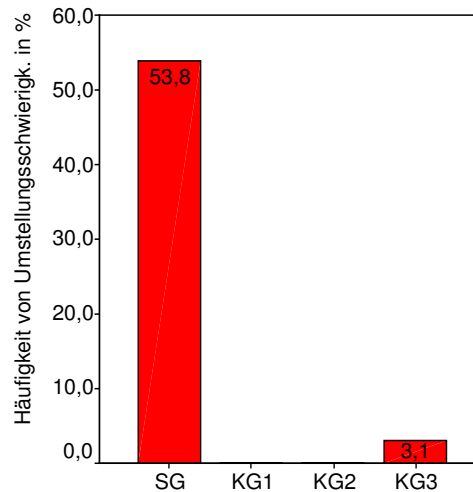


Abb. 48: Häufigkeit von Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.14 Unschärfe/Verschwommen Sehen

Unschärfe bzw. verschwommenes Sehen ist die häufigste Beschwerdeart in der SG mit 60,8% Nennungen (Abb. 49). Auch diese Häufigkeit in der SG weicht höchst signifikant von den KG ab ($p < 0,001$).

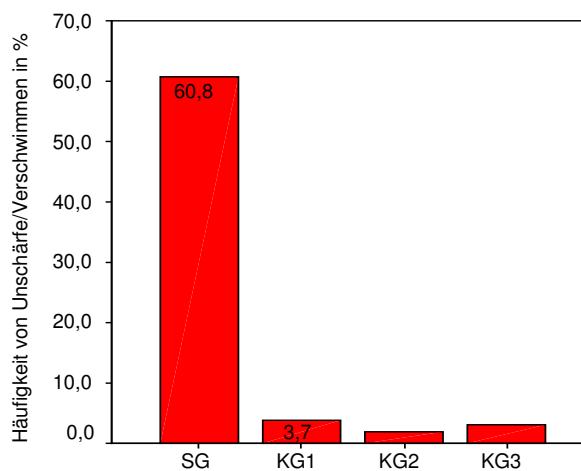


Abb. 49: Häufigkeit von Unschärfe/Verschwommen Sehen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.15 Ermüdung der Augen

Als zweit häufigste Beschwerdeform tritt die Ermüdung der Augen in der SG auf. Mit 58,9% klagt mehr als jeder zweite am Bildschirm Tätige über eine arbeitsbedingte Ermüdung der Augen (Abb. 50). Die Signifikanz liegt dieses Ergebnisses wird auf dem Niveau $p < 0,001$ bestätigt.

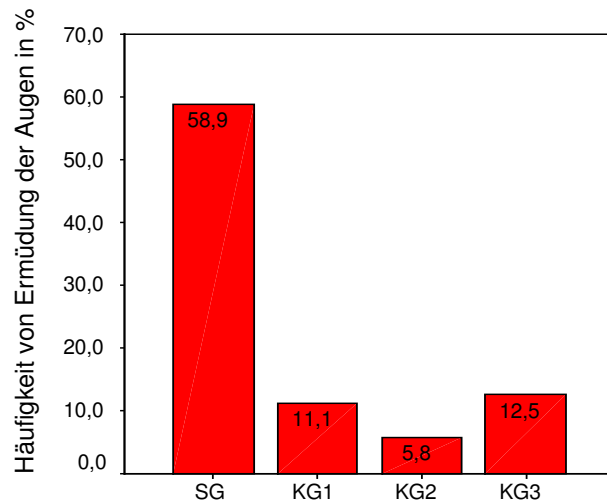


Abb. 50: Häufigkeit von Ermüdung der Augen als Beschwerdeäußerung

3.5.1.2.16 Kopfschmerzen

Fast ein Viertel der Probanden aus der SG (24,7%) klagen über Kopfschmerzen. Die Zahl der Nennungen weicht höchst signifikant von den KG ab. Es treten allerdings relativ hohe Fallzahlen auch in den Kontrollgruppen KG1 und KG3 auf (Abb. 51).

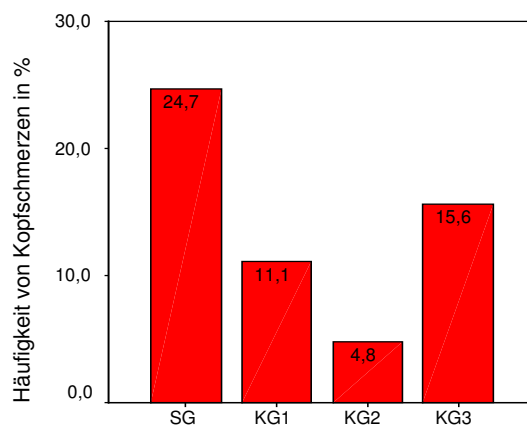


Abb. 51: Häufigkeit von Kopfschmerzen als Beschwerdeäußerung

3.5.2 Psychografisches Sehprofil der verschiedenen Arbeitsformen

Einen Vergleich der subjektiven Beurteilung des Sehens während der Arbeit und in der Vergleichssituation (Sitzen auf einer Parkbank, Betrachten der Landschaft) zeigen Tab. 16 und Tab. 17 sowie Abb. 52.

Für die Vergleichssituation zeigen sich keine signifikanten Abweichungen unter den einzelnen Untersuchungsgruppen. Bei der Beurteilung des Sehens während der Arbeit weichen die Ergebnisse jedoch gemäß Welch-Test bei allen Begriffspaaren höchst signifikant voneinander ab ($p < 0,001$).

Das Sehen bei Bildschirmarbeit (SG) wird als „anstrengender“ bewertet als von den Kontrollgruppen (A). Auch ist es „empfindungsloser“ als in bei den Vergleichstätigkeiten (B). Es wird als „unausgeglichener“ (C) und „sachlicher“ (D) beschrieben. Sehr große Unterschiede zeigen sich bei dem Begriffspaar „monotone – variationsreiche Wahrnehmung“ (E). Hier wird Bildschirmarbeit (SG) eindeutig der „monotonen“ Polarität zugeordnet, konventionelle Bürotätigkeit (KG1) wird eher indifferent bewertet, dagegen gelten KG1 (Handwerk) und KG2 (Berufskraftfahrer) als eher „variationsreich“. In der Kategorie „erfrischend – ermüdend“ (F) wird Bildschirmarbeit im Mittel als „ermüdendste“ Arbeitstätigkeit eingestuft. Ebenso werden ihr am meisten „sprunghafte Blicke“ (G) wie auch „starre, fixierende Blicke“ (H) zugeschrieben. Bei dem Begriffspaar „qualitativ beurteilend – quantitativ registrierend“ (I) wird Bildschirmarbeit als am meisten „quantitativ registrierend“ eingestuft. KG3 (Berufskraftfahrer) stuft das Sehen während der Arbeit ebenso deutlich als „quantitativ registrierend“ ein. Große Unterschiede zeigen sich bei dem Begriffspaar „spannend-langweilig“ (J). Das Sehen bei Bildschirmarbeit (SG) gilt als „langweilig“, bei Büroarbeit (KG1) und Handwerk (KG2) ist keine klare Tendenz zu erkennen, hingegen gilt es unter den Berufskraftfahrern als „spannend“. Am „unnatürlichsten“ wird das Sehen von der SG eingestuft (K). In der Studiengruppe dominiert auch der „Detailblick“ (L), während sowohl bei Büroarbeit als auch bei den Berufskraftfahrern eher die „ganzheitliche Betrachtung“ überwiegt.

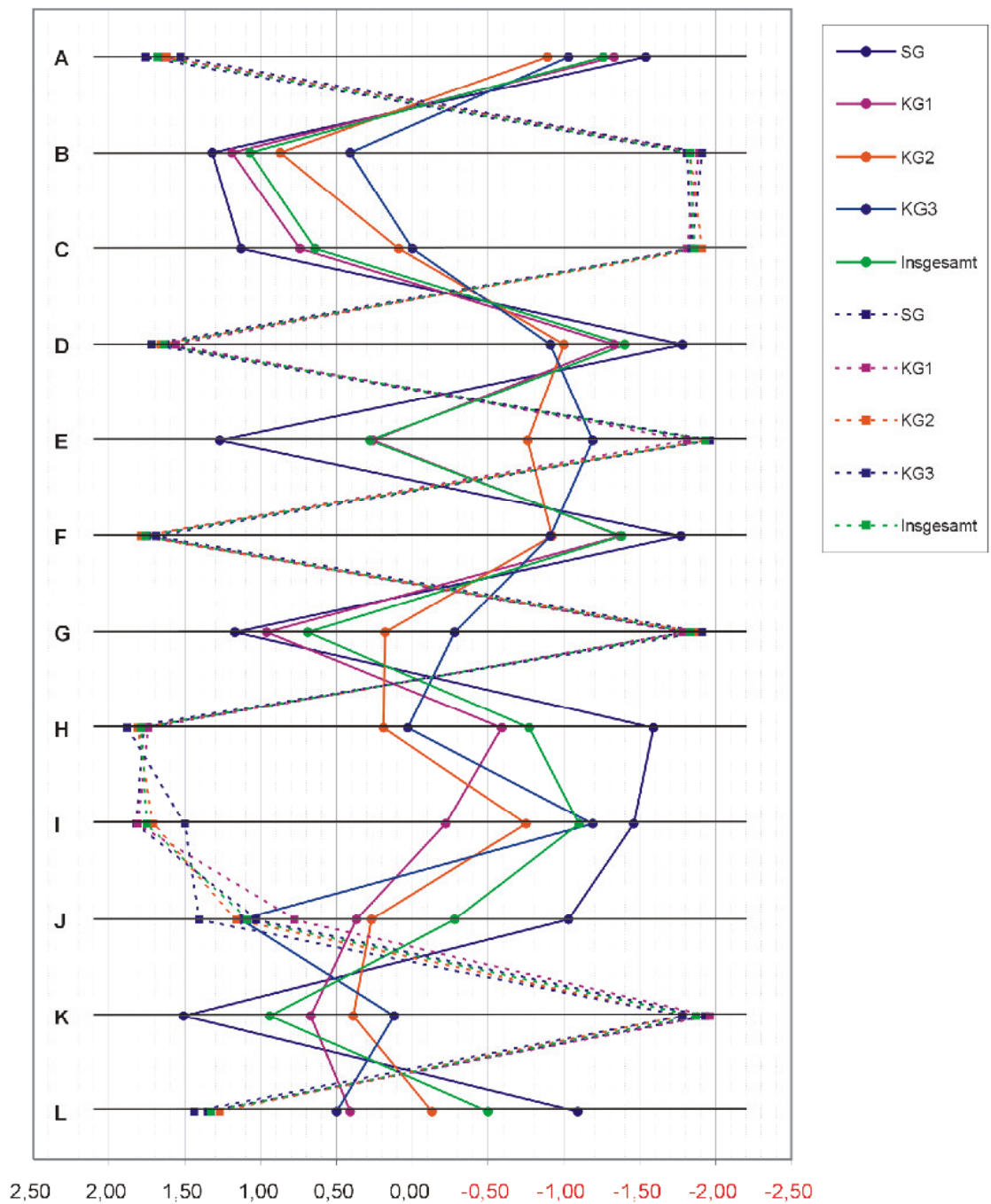
Es zeigt sich in der Gesamtbetrachtung der Begriffspaare nicht nur eine jeweils „schlechtere“ Bewertung des Sehens in der Studiengruppe gegenüber den Kontrollgruppen, sondern ebenso auch die größte Abweichung von einer natürlichen, entspannten Sehsituation, welche die Vergleichssituation repräsentiert.

	A = entspannt- anstrengend	B= empfindung slose- stimmungs- volle Wahrnehmu ng	C= unausgeg lichen-har monisch	D= emotionale -sachliche Betrachtung	E= monotone-variati onsreiche Wahrnehmung	F= erfrischend- ermüdend	G= sprunghafter -kontinuierlic her Blick	H= dynamische, umherschweif ende - starre,fixieren de Blicke	I= qualitativ beurteilend - quantitativ registrierend	J= spannend- langweilig	K= unnatürlich es-natürlich es Sehen	L= ganzheitliche Betrachtung- Detailblick	
Gruppe													
SG	Mittelwert	-1,54	1,32	1,13	-1,78	1,27	-1,77	1,17	-1,59	-1,46	-1,03	1,51	-1,09
	Standardabweichung	,762	,759	,804	,456	,718	,491	,688	,658	1,086	1,153	,843	1,340
KG1	Mittelwert	-1,33	1,19	,74	-1,33	,26	-1,37	,96	-,59	-,22	,37	,67	,41
	Standardabweichung	,555	,622	,813	,679	1,130	,492	,940	1,118	,801	1,079	1,209	1,279
KG2	Mittelwert	-,89	,87	-,09	-1,00	-,76	-,92	-,18	,19	-,75	,27	,39	-,13
	Standardabweichung	,606	,797	,871	,914	,830	,844	,911	,860	,679	1,054	1,368	1,163
KG3	Mittelwert	-1,03	,41	,00	-,91	-1,19	-,91	-,28	,03	-1,19	1,13	,12	,50
	Standardabweichung	,400	,665	,916	,689	,780	,818	,991	,595	1,070	1,947	1,270	
Insgesamt	Mittelwert	-1,26	1,07	,64	-1,40	,28	-1,38	,69	-,77	-1,10	-,28	,94	-,50
	Standardabweichung	,729	,807	,977	,777	1,298	,773	,982	1,136	1,012	1,351	1,330	1,412

Tab. 16: Profil des Sehens während der Arbeit

	A = entspannt- anstrengend	B= empfindung slose- stimmungs- volle Wahrnehmu ng	C= unausgeg lichen-har monisch	D= emotionale -sachliche Betrachtung	E= monotone-variati onsreiche Wahrnehmung	F= erfrischend- ermüdend	G= sprunghafte r-kontinuierlic her Blick	H= dynamische, umherschweif ende - starre,fixieren de Blicke	I= qualitativ beurteilend - quantitativ registrierend	J= spannend- langweilig	K= unnatürlich es-natürlich es Sehen	L= ganzheitliche Betrachtung- Detailblick	
Gruppe													
SG	Mittelwert	1,76	-1,81	-1,84	1,63	-1,96	1,75	-1,80	1,77	1,82	1,032	-1,93	1,35
	Standardabweichung	,522	,454	,420	,484	,206	,475	,476	,436	,415	1,2126	,279	,677
KG1	Mittelwert	1,63	-1,89	-1,81	1,56	-1,81	1,78	-1,78	1,74	1,81	,778	-1,96	1,33
	Standardabweichung	,629	,320	,396	,577	,483	,424	,577	,447	,396	1,3107	,192	,961
KG2	Mittelwert	1,62	-1,83	-1,91	1,66	-1,93	1,79	-1,87	1,81	1,71	1,163	-1,78	1,27
	Standardabweichung	,527	,405	,283	,514	,252	,410	,343	,396	,534	1,1070	,521	,827
KG3	Mittelwert	1,53	-1,91	-1,84	1,72	-1,94	1,69	-1,91	1,88	1,50	1,406	-1,78	1,44
	Standardabweichung	,567	,296	,448	,457	,246	,535	,296	,336	,672	,9108	,420	,801
Insgesamt	Mittelwert	1,68	-1,83	-1,86	1,64	-1,93	1,76	-1,83	1,79	1,75	1,090	-1,87	1,33
	Standardabweichung	,542	,414	,382	,498	,260	,456	,431	,415	,492	1,1651	,389	,764

Tab. 17: Profil des Sehens für die Vergleichssituation



(A= entspannt-anstrengend, B=empfindungslose-stimmungsvolle Wahrnehmung, C=unausgeglichen-harmonisch, D=emotionale-sachliche Betrachtung, E=monotone-variationsreiche Wahrnehmung, F= erfrischend-ermüdend, G=sprunghafter-kontinuierlicher Blick, H=dynamische,umherschweifende- starre,fixierende Blicke, I=qualitativ beurteilend-quantitativ registrierend, J=spannend-langweilig, K=unnatürliches-natürliches Sehen, L=ganzheitliche Betrachtung-Detailblick)

Abb. 52: Profil des Sehens während der Arbeit (durchgezogene Linien) und in der Vergleichssituation (gestrichelte Linien)

3.5.3 Diskussion der Ergebnisse der Befragung

Die Ergebnisse der Befragung nach asthenopischen Beschwerden sind vergleichbar den Ergebnissen aus anderen Studien (Aronsson/Strömberg, 1995; Elsner et al., 1998; Gomzi, 1994; Gur/Ron, 1992; Iribarren et al.; 2001; Salibello/Nilsen, 1995). Es zeigen sich in dieser Arbeit relativ hohe Beschwerdeanzahlen, die mit der Vorgabe der Antwortkategorien zusammenhängen könnten. Auffällig sind geringe Fallzahlen bei „Doppelbilder“. Dieser Einfluss könnte aus dem Ausschluss von „Auffälligen“ anhand des G37-Tests resultieren. Die häufigsten Beschwerden sind distanzbezogen, gefolgt von Beschwerden, die auf einen geringen Lidschlag zurückzuführen sind.

Eine Verfälschung der Testergebnisse kann sich durch die vorgegebenen Antwortmöglichkeiten und die damit erregte Aufmerksamkeit bzw. auch durch das höhere Involvement der Bildschirmarbeiter aufgrund von Presse- und Medienberichten zu Augenproblemen bei Bildschirmarbeit ergeben. Für weitere Forschung sollte nach während und nach der Arbeit bzw. unabhängig von der Arbeit auftretenden asthenopischen Beschwerden differenziert werden.

Um eine subjektive Einschätzung des Sehens während der Arbeit und eine Vergleichssituation zu erfragen, wurde ein psychografisches Profil erstellt. Es kann gezeigt werden, dass von den Testpersonen auch subjektiv das Sehen bei Bildschirmarbeit schlechter bewertet wird als bei anderen Arbeitsformen, die Vergleichssituation hingegen von allen Untersuchungsgruppen gleich bewertet wird. Diese Ergebnisse stimmen mit den Resultaten aus den Befragungen bei Böhle et al. (1998) überein. Es kann aus diesem Profil auch abgeleitet werden, dass der subjektivierende Modus des Sehens bei Bildschirmarbeit wesentlich geringer ausgeprägt ist als bei anderen Arbeitsformen. Das Sehen bei Bildschirmarbeit ist z.B. weniger „stimmungsvoll“, „unausgeglichener“, „sachlicher“, „monotoner“, ... Damit spiegeln sich in diesem Sehprofil die grau hinterlegten Felder des kategorialen Schemas wider (Tab. 2). Kritisch zu betrachten ist, ob diese abstrakten Begriffspaare sich nicht auf jede andere Arbeitsform ebenso anwenden lassen und ggf. dadurch die Ergebnisse beeinflusst sind.

3.6 Korrelationen der Messergebnisse und der Ergebnisse der Befragungen

Im folgenden werden ausgewählte Zusammenhänge der Messergebnisse und der Befragungsergebnisse dargestellt.

3.6.1 Korrelation der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren mit einzelnen Messergebnissen

Zunächst wurde überprüft, ob die Messergebnisse der psychophysischen Messungen von der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren innerhalb der Studiengruppe beeinflusst werden. Es zeigt sich gemäß Tab. 18 mittels der Korrelation nach Pearson ein Zusammenhang zwischen der kumulativen Tätigkeit am Bildschirm und dem Kontrastunterscheidungsvermögen bei hohen Ortsfrequenzen (E) ($r=-0,320$; $p<0,001$). Auch für die Ortsfrequenzen C ($r=-0,111$; $p=0,166$) und D ($r=-0,141$; $p=0,058$) ist ein Zusammenhang zu vermuten, wenn dieser auch nicht signifikant nachgewiesen werden kann. Die Motilität ($r=-0,206$; $p<0,05$), das periphere Gesichtsfeld ($r=-0,223$; $p<0,05$) und das Stereosehen in der Nähe ($r=0,164$; $p<0,05$) korrelieren mit der Dauer der Bildschirmtätigkeit in Jahren. Zu beachten ist an dieser Stelle aber, dass mit der Dauer der Bildschirmtätigkeit in Jahren auch das Alter der Testpersonen steigt. Insofern könnten diese Ergebnisse auch durch die Variable Alter beeinflusst werden.

	Bildschirmarbeit seit Jahren		
	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig)	N
Bildschirmarbeit seit Jahren	1	,	158
Sphärisches Äquivalent	-,130	,105	158
A	-,044	,581	158
B	-,048	,553	158
C	-,111	,166	158
D	-,151	,058	158
E	-,320**	,000	158
Hue gesamt	-,094	,240	158
Zyklen/min	-,206**	,010	158
erreichter Punktwert	,153	,056	158
Gesichtsfeld gesamt	-,223**	,005	158
Stereosehen Ferne	,056	,487	158
Stereosehen Nähe	,164*	,039	158

** · Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* · Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 18: Korrelation der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren mit einzelnen Messergebnissen

3.6.2 Abhängigkeit der Messergebnisse vom Alter

Tab. 19 zeigt die Abhängigkeit der Messergebnisse aller Studienteilnehmer vom Alter. Es zeigt sich keine signifikante Abhängigkeit bei dem sphärischen Äquivalent (Fehlsichtigkeit), bei dem Kontrastunterscheidungsvermögen, dem Farbunterscheidungsvermögen, dem Gesichtsfeld sowie dem Stereosehen. Eine Korrelation mit dem Alter ergibt sich bei der Motilität ($r=-0,216$; $p<0,001$). Die hoch signifikante positive Korrelation ($r=0,166$; $p<0,01$) des erreichten Punktwertes des dynamischen Sehens findet keine Erklärung.

	Sphärisches Äquivalent		
	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig)	N
Sphärisches Äquivalent	1	,	321
A	-,080	,150	321
B	,154**	,006	321
C	,228**	,000	321
D	,262**	,000	321
E	,179**	,001	321
Hue gesamt	-,241**	,000	321
Zyklen/min	,079	,159	321
erreichter Punktwert	,128*	,021	321
Gesichtsfeld gesamt	,167**	,003	321
Stereosehen Ferne	-,132*	,018	321
Stereosehen Nähe	-,112*	,045	321
Alter	-,030	,586	321

** · Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

* · Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tab. 19: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Alter

3.6.3 Korrelationen der Bildschirmarbeit in Stunden pro Woche mit einzelnen Messergebnissen

Korreliert man die Stundenzahl der Bildschirmarbeit pro Woche in der Studiengruppe mit den Messergebnissen (Tab. 20), so zeigt sich nur ein signifikanter Zusammenhang bei der Fehlsichtigkeit bzw. dem sphärischen Äquivalent ($r=-0,221$; $p<0,01$).

	Stunden Bildschirmarbeit pro Woche		
	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig)	N
Sphärisches Äquivalent	-,221**	,005	158
A	,052	,514	158
B	-,036	,655	158
C	,055	,490	158
D	,012	,881	158
E	,138	,083	158
Hue gesamt	-,027	,738	158
Zyklen/min	,051	,525	158
erreichter Punktwert	,134	,094	158
Gesichtsfeld gesamt	-,028	,723	158
Stereosehen Ferne	-,037	,647	158
Stereosehen Nähe	,027	,739	158
Stunden Bildschirmarbeit pro Woche	1	,	158

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tab. 20: Korrelationen der Bildschirmarbeit in Stunden pro Woche mit einzelnen Messergebnissen

3.6.4 Abhängigkeit der Messergebnisse vom Arbeitstyp bei Bildschirmarbeit

Tab. 21 zeigt die Mittelwerte der Messergebnisse aufgeteilt nach dem einzelnen Arbeitstyp bei Bildschirmarbeit. Ein Vergleich der Mittelwerte mittels einfaktorieller ANOVA ergibt keine signifikanten unterschiedlicher Formen der Bildschirmarbeit auf die Messergebnisse.

Arbeitstyp		Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklen/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Stereosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Dateneingabe	Mittelwert	-1,5156	5,84	6,19	5,44	4,59	3,56	43,41	22,00	2,69	179,656	,84	1,16
	N	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
	Standardabweichung	1,83375	,574	,397	,801	,756	,716	11,818	1,951	1,030	5,0648	,767	,515
Datenerfassung	Mittelwert	-1,3571	5,94	6,09	5,60	4,83	3,77	45,34	22,31	2,63	180,257	,74	,89
	N	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
	Standardabweichung	1,57214	,416	,445	,604	,747	,426	10,204	2,220	1,165	4,5912	,657	,676
Texterfassung	Mittelwert	-1,3182	5,94	6,21	5,70	4,64	3,82	42,30	21,76	2,61	179,545	,61	1,00
	N	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
	Standardabweichung	1,80632	,496	,600	,728	,699	,635	10,832	1,953	1,600	4,7703	,496	,661
Programmierung	Mittelwert	-1,5000	6,08	6,08	5,46	4,92	3,85	44,92	21,31	2,92	178,538	1,23	1,15
	N	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
	Standardabweichung	1,75891	,494	,494	,519	,760	,689	11,955	2,287	,954	3,6882	,725	,899
CAD	Mittelwert	-1,3750	5,75	6,00	5,50	4,75	3,92	48,33	22,75	3,25	177,917	1,00	,67
	N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	Standardabweichung	1,79171	,452	,426	,522	,754	,515	11,187	2,094	1,913	3,9648	,739	,778
Gemischte Aufgaben	Mittelwert	-1,3056	5,72	6,00	5,83	5,11	3,67	40,28	21,00	2,83	176,722	1,06	1,33
	N	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
	Standardabweichung	2,07675	,669	,686	,707	,676	,485	12,423	2,679	,985	5,1996	,725	,686
Andere	Mittelwert	-,8000	5,93	6,13	5,87	4,73	3,80	43,20	21,00	2,27	176,533	,60	1,07
	N	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
	Standardabweichung	1,40535	,458	,640	,640	,594	,676	11,378	2,138	1,100	4,1381	,737	,799
Insgesamt	Mittelwert	-1,3354	5,89	6,12	5,62	4,77	3,75	43,73	21,81	2,70	178,911	,82	1,04
	N	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158	158
	Standardabweichung	1,73361	,512	,522	,683	,724	,597	11,232	2,186	1,270	4,7583	,694	,695

Tab. 21: Korrelation des Arbeitstyps bei Bildschirmarbeit mit den einzelnen Messergebnissen

3.6.5 Abhängigkeit der Messergebnisse vom Geschlecht

Einen Vergleich der geschlechtsabhängigen Mittelwerte der Messergebnisse zeigt Tab. 22. Ein Vergleich der Mittelwerte mittels einfaktorieller ANOVA erklärt eine Abhängigkeit vom Geschlecht nur bei Ortsfrequenz D der Kontrastunterscheidung ($p < 0,05$) und für das periphere Gesichtsfeld ($p < 0,001$), wenn auch die absoluten Beträge der Mittelwerte sich nicht gravierend unterscheiden.

Geschlecht		Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklen/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
männlich	Mittelwert	-.5409	5,92	6,54	6,35	5,37	4,10	36,56	22,27	3,07	180,636	,66	,99
	N	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110
	Standardabweichung	1,79976	,561	,700	,819	,702	,729	12,189	2,400	1,406	5,3376	,720	,736
weiblich	Mittelwert	-.8104	5,95	6,56	6,21	5,22	4,05	36,57	22,19	3,07	181,066	,59	,92
	N	211	211	211	211	211	211	211	211	211	211	211	211
	Standardabweichung	1,64757	,554	,654	,909	,841	,754	11,707	2,170	1,407	4,2667	,673	,726
Insgesamt	Mittelwert	-.7181	5,94	6,55	6,26	5,27	4,07	36,57	22,22	3,07	180,919	,61	,95
	N	321	321	321	321	321	321	321	321	321	321	321	321
	Standardabweichung	1,70327	,556	,669	,880	,798	,745	11,855	2,248	1,405	4,6576	,689	,729

Tab. 22: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Geschlecht

3.6.6 Abhängigkeit der Messergebnisse von Schulabschluss und Berufsausbildung

Es wurde weiterhin untersucht, ob die Messergebnisse von Schulabschluss und Berufsausbildung abhängig sind. Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-H-Tests lassen darauf schließen, dass keine Abhängigkeit der Messergebnisse vom Schulabschluss vorliegt (vgl. Tab. 23). Die Signifikanz bei der Ortsfrequenz B des Kontrastsehens wird als statistisches Artefakt interpretiert. Es ergeben sich signifikante Abhängigkeiten der Messergebnisse von der Berufsausbildung für das sphärische Äquivalent ($p < 0,05$) und die Ortsfrequenzen B ($p < 0,05$), C ($p < 0,01$) und D ($p < 0,01$) (Tab. 24).

	Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklen/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Chi-Quadrat	,160	1,405	13,220	4,676	4,011	,590	2,214	1,978	2,519	6,615	5,026	4,180
df	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asymptotische Signifikanz	,984	,704	,004	,197	,260	,899	,529	,577	,472	,085	,170	,243

- a. Kruskal-Wallis-Test
b. Gruppenvariable: Schulabschluss

Tab. 23: Abhängigkeit der Messergebnisse vom Schulabschluss

	Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklen/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Chi-Quadrat	8,223	,413	9,943	17,723	17,222	4,926	5,892	1,378	1,762	5,087	2,798	3,281
df	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Asymptotische Signifikanz	,042	,938	,019	,001	,001	,177	,117	,711	,623	,166	,424	,350

- a. Kruskal-Wallis-Test
b. Gruppenvariable: Berufsausbildung

Tab. 24: Abhängigkeit der Messergebnisse von der Berufsausbildung

3.6.7 Korrelation der Beschwerdeanzahl mit den Messergebnissen

Den Zusammenhang der Anzahl der geäußerten subjektiven Beschwerden mit den Messergebnissen belegt Tab. 26. Zusätzlich wurde das Alter mit in die Übersicht aufgenommen. Hier zeigt sich keine signifikante Korrelation. Für die Kontrastempfindlichkeit bei mittleren und höheren Ortsfrequenzen (B – E) ist jeweils ein höchst signifikanter Zusammenhang mit der Beschwerdeanzahl festzustellen (für B: $r = -0,500$; $p < 0,001$; für C: $r = -0,544$; $p < 0,001$; für D: $r = -0,513$; $p < 0,001$; für E: $r = -0,337$; $p < 0,001$). Auch beim Farbunterscheidungsvermögen zeigt sich ein höchst signifikanter Zusammenhang zwischen der Zahl der Fehler und der Beschwerdeanzahl ($r = 0,446$; $p < 0,001$). Eine geringere Motilität korreliert mit einer höheren Beschwerdeanzahl ($r = -0,263$; $p < 0,001$) wie auch der erreichte Punktwert des dynamischen Sehens ($r = -0,194$; $p < 0,001$). Höchste Signifikanz zeigt sich auch für das periphere Gesichtsfeld ($r = -0,338$; $p < 0,001$) und das Stereosehen in der Ferne ($r = 0,209$; $p < 0,001$). Ein Zusammenhang der Beschwerdeanzahl mit dem Stereosehen in der Nähe lässt sich nicht signifikant nachweisen, es ist jedoch ein leichter Trend zu erkennen ($r = 0,096$; $p = 0,085$).

Unter Berücksichtigung weitestgehend signifikanter Korrelationen kann folgende Hypothese angenommen werden:

H10 „Korrelation der subjektiven Beschwerden und messbarer Veränderungen des Sehens“: Subjektive Sehbeschwerden korrelieren mit objektiv messbaren Veränderungen des Sehens.

	Anzahl der Beschwerden		
	Korrelation nach Pearson	Signifikanz (2-seitig)	N
Sphärisches Äquivalent	-,278**	,000	321
A	-,080	,152	321
B	-,500**	,000	321
C	-,544**	,000	321
D	-,513**	,000	321
E	-,337**	,000	321
Hue gesamt	,446**	,000	321
Zyklen/min	-,263**	,000	321
erreichter Punktwert	-,194**	,000	321
Gesichtsfeld gesamt	-,338**	,000	321
Stereosehen Ferne	,209**	,000	321
Stereosehen Nähe	,096	,085	321
Anzahl der Beschwerden	1	,	321

** . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tab. 25: Korrelation der Beschwerdeanzahl mit den Messergebnissen

3.6.8 Korrelation der subjektiven Beschwerden mit der Dauer der Bildschirmarbeit

Stellt man die Anzahl der Beschwerden mit der Dauer der Bildschirmarbeit gegenüber (Tab. 26), so zeigt sich keine Korrelation mit den durchschnittlichen Stunden an Bildschirmarbeit in den letzten drei Jahren und den Stunden Bildschirmarbeit pro Woche. Ein Zusammenhang der Beschwerdeanzahl von Bildschirmarbeit in Jahren kann nur als Trend festgestellt werden, da die Signifikanz nicht gesichert ist ($r=0,148$, $p=0,063$).

		Anzahl der Beschwerden
Anzahl der Beschwerden	Korrelation nach Pearson	1
	Signifikanz (2-seitig)	,
	N	158
Stunden Bildschirmarbeit in den letzten 3 Jahren	Korrelation nach Pearson	,048
	Signifikanz (2-seitig)	,547
	N	158
Stunden Bildschirmarbeit pro Woche	Korrelation nach Pearson	,075
	Signifikanz (2-seitig)	,347
	N	158
Bildschirmarbeit seit Jahren	Korrelation nach Pearson	,148
	Signifikanz (2-seitig)	,063
	N	158

Tab. 26: Korrelation der subjektiven Beschwerden mit der Dauer der Bildschirmarbeit

3.6.9 Abhängigkeit der subjektiven Beschwerden von Schulabschluss und Berufsausbildung

Die Mittelwerte der Anzahl der Beschwerden abhängig von Schulabschluss und Berufsausbildung zeigen Abb. 53 und Abb. 54. Der Kruskal-Wallis-H-Test bestätigt eine Abhängigkeit der Anzahl der subjektiven asthenopischen Beschwerden von Schulabschluss ($p<0,01$) und Berufsausbildung ($p<0,01$). Es ist dabei jedoch nicht zu erkennen, dass die Anzahl der Beschwerden mit der Qualifikation einhergeht, da einerseits zwar mit höherem Schulabschluss die Anzahl der Beschwerden ansteigt, andererseits aber die Beschwerdeanzahl ohne berufliche Ausbildung am höchsten ist.

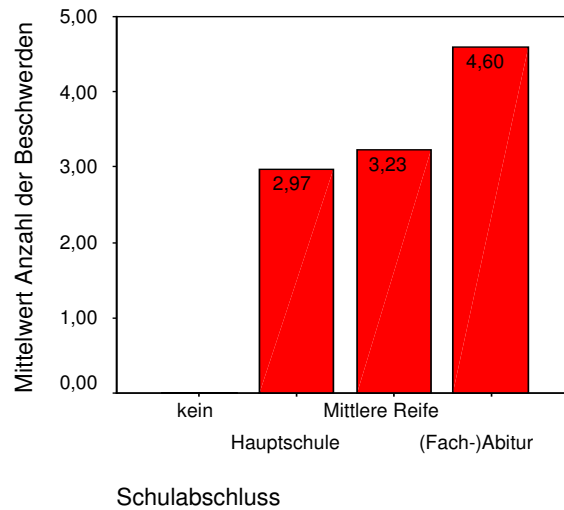


Abb. 53: Abhängigkeit der Anzahl der Beschwerden vom Schulabschluss

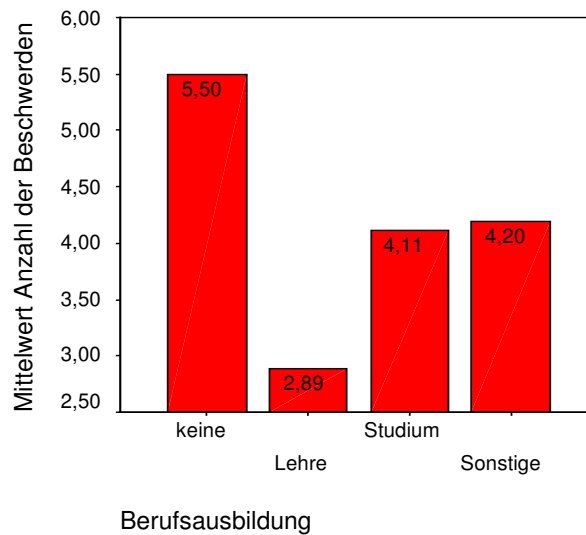


Abb. 54: Abhängigkeit der Beschwerdeanzahl von der Berufsausbildung

3.6.10 Korrelation von ausgewählten subjektiven Beschwerden mit der Motilität der Akkommodation/Konvergenz

Ein Zusammenhang von ausgewählten subjektiven Beschwerden mit der Motilität von Akkommodation/Konvergenz wurde über die gesamte Stichprobe (n=321) anhand der Korrelation nach Spearman untersucht (Tab. 27). Die Motilität bzw. die gemessenen

Zyklen/min sind sowohl mit dem Auftreten von Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen ($r=-0,191$; $p<0,01$), der Ermüdung der Augen ($r=-0,186$; $p<0,01$) als auch mit Unschärfe/Verschwommen Sehen ($r=-0,213$; $p<0,001$) in negativer Korrelation. Ein Trend kann auch bei dem Auftreten von Kopfschmerzen erkannt werden ($r=-0,088$; $p=0,116$).

		Zyklen/min	
Spearman-Rho	Zyklen/min	Korrelationskoeffizient	1,000
		Sig. (2-seitig)	,
		N	321
	Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen	Korrelationskoeffizient	-,191**
		Sig. (2-seitig)	,001
		N	321
	Ermüdung der Augen	Korrelationskoeffizient	-,186**
		Sig. (2-seitig)	,001
		N	321
	Unschärfe/Verschwimmen	Korrelationskoeffizient	-,213**
		Sig. (2-seitig)	,000
		N	321
	Kopfschmerzen	Korrelationskoeffizient	-,088
		Sig. (2-seitig)	,116
		N	321

** · Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant (2-seitig).

Tab. 27: Korrelation von ausgewählten subjektiven Beschwerden mit der Motilität

3.6.11 Korrelationen der Wahrnehmungspräferenz

Um die Wahrnehmungspräferenz auf Korrelationen zu überprüfen wurden symbolische Elemente und bildliche Elemente der ersten Nennung jeweils in einer Gruppe zusammengefasst. Anschließend wurde mittels einfaktorieller ANOVA überprüft, ob die Wahrnehmungspräferenz mit anderen Variablen und Messergebnissen der psychophysischen Tests korreliert.

Es kann festgestellt werden, dass die Wahrnehmungspräferenz höchst signifikant ($p<0,01$) mit der Dauer der Bildschirmarbeit in Jahren, den mittleren Ortsfrequenzen der Kontrastunterscheidung, der Motilität und der Anzahl der geäußerten Beschwerden korreliert (vgl. Tab. 28). Weitere signifikante Korrelation ergeben sich mit dem Alter, dem Farbunterscheidungsvermögen und dem Gesichtsfeld. Überraschend ergibt sich keine Korrelation mit den flüssigen Blickbewegungen. Auch konnte kein Zusammenhang mit dem Arbeitstyp der Bildschirmarbeit, Geschlecht und Bildung festgestellt werden.

	Signifikanz
Alter	,032
Bildschirmarbeit seit	,000
Sphärisches Äquivalent	,202
A	,104
B	,001
C	,000
D	,007
E	,035
Hue gesamt	,008
Zyklen/min	,000
erreichter Punktwert	,676
Gesichtsfeld gesamt	,002
Stereosehen Ferne	,745
Stereosehen Nähe	,121
Anzahl der Beschwerden	,000

Tab. 28: Korrelationen der Wahrnehmungspräferenz

3.6.12 Zusammenfassung und Diskussion der Korrelationen

Abb. 55 fasst die Korrelationen der psychophysischen Messungen und der Befragung zusammen.

	Bildschirm- tätigkeit in Jahren	Alter	Geschlecht	Arbeitstyp (CAD, Text,...)	Bildung	Beschwerde- anzahl
Kontrast	--	0	0	0	-	--
Farbe	--	0	0	0	0	--
Gesichtsfeld	--	0	++ (weiblich)	0	0	--
Blickbewegungen	-	0	0	0	0	--
Motilität	--	--	0	0	0	--
Fehlsichtigkeit	- (Trend)	0	0	0	-	0
Raum	-	0	0	0	0	--
Wahrnehmungs- präferenz	-	0	0	0	0	-
Alter, Geschlecht, Arbeitstyp, Bildung						0
Bildschirmtätigkeit in Jahren						0

Abb. 55: Überblick der Korrelationen (0 = keine Korrelation; -- = stark negativer Zusammenhang; - = schwach negativer Zusammenhang; ++ = stark positiver Zusammenhang, hier: Gesichtsfeld bei weiblichen Testpersonen größer)

Die oben dargestellten Korrelationen weisen einen Zusammenhang zwischen der Anzahl von subjektiven Beschwerden und dem Ausmaß objektiv messbarer Veränderungen des Sehens nach. Daraus kann abgeleitet werden, dass ein „zufälliges Ankreuzen“ bei den asthenopischen Beschwerden wie auch eine bewusste Manipulation der Messergebnisse weitgehend ausgeschlossen werden kann, da die Messungen getrennt und vor der Befragung durchgeführt wurden. Außerdem waren den Testpersonen keine Normwerte bekannt.

Weiterhin können Abhängigkeiten der Untersuchungsergebnisse von Alter, Geschlecht, Qualifikation, soweit sie nicht schon durch eine geeignete Stichproben- bzw. Kontrollgruppenauswahl vorgenommen wurden, ausgeschlossen werden.

Auffällig ist, dass sich keine Abhängigkeit der Mess- und Befragungsergebnisse von der geleisteten Bildschirmarbeit in Stunden pro Woche im Gegensatz zur kumulativen

Bildschirmarbeit in Jahren ergibt. Eine Erklärung hierfür könnte eine geringe Streubreite der geleisteten Wochenstunden am Bildschirm innerhalb der Studiengruppe sein. Außerdem konnte kein Einfluss des Arbeitstyps der Bildschirmarbeit auf die Messergebnisse festgestellt werden, wie dieser z.B. bei Aronsson/Strömberg (1995) und bei Ertel et al. (1997) festgestellt wurde.

3.7 Zur Aussagekraft der Ergebnisse

Die Aussagekraft der Ergebnisse einer empirischen Studie, in der Zusammenhänge zwischen nicht direkt beobachtbaren Konstrukten untersucht werden, ist zum großen Teil davon abhängig, inwieweit die interessierenden Konstrukte überhaupt in geeigneter Weise erfasst wurden. Eine exakte Erfassung eines theoretischen Konstruktes wird zwar grundsätzlich nicht möglich sein, dennoch ist zu gewährleisten, dass die gewählten Indikatoren die zu messenden Konstrukte auch repräsentieren.

Die Auswahl der Messmethoden basierte in dieser Untersuchung – soweit möglich – auf bereits etablierten Verfahren, wobei auch die bestehende Kritik an diesen Ansätzen Berücksichtigung fand. Bei Konstrukten, für deren Erfassung bisher keine Messmethoden vorlagen, mussten neue Methoden entwickelt werden. In diesem Fall wurde versucht, die betreffenden Messungen durch Anlehnung an andere Messverfahren weitestgehend zu validieren.

Glaubwürdige und möglichst wirklichkeitsnahe Experimentalbedingungen sind eine weitere Voraussetzung für den Erhalt aussagekräftiger Ergebnisse bei einem Experiment. Nicht nur auf die Auswahl geeigneter Messverfahren, sondern auch auf eine sorgfältige Gestaltung der Experimentalbedingungen wurde deshalb großer Wert gelegt.

Dennoch kann eine Laborsituation, wie sie im vorliegende Experiment gewählt war, keine wirklich reale Wahrnehmungs-Situation wiedergeben. Die Testpersonen dürften unter Experimentalbedingungen in der Laborsituation den Informationen grundsätzlich eine höhere Aufmerksamkeit schenken, als dies unter realen Gegebenheiten der Fall wäre. In der Realität werden viele vergleichbare Informationen, wenn eine Person nicht hoch involviert ist, wohl eher oberflächlich wahrgenommen.

3.8 Gesamtdiskussion

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf die Erfassung und Erklärung von Veränderungen des Sehens bei Bildschirmarbeit. Als Vergleichstätigkeiten wurden zu Kontrollzwecken konventionelle Büroarbeit, Handwerk und Berufskraftfahren ausgewählt. Im Querschnittsvergleich wurden psychophysische Messungen ohne unmittelbar vorausgehende Arbeitsbelastung durchgeführt. Zusätzlich wurden asthenopische Beschwerden erhoben und ein subjektives Profil des Sehens während der Arbeit erstellt.

Die Ergebnisse der Messungen bestätigen über alle Kategorien ein verändertes Sehen bei Bildschirmarbeit im Vergleich zu anderen Arbeitsformen. Damit stimmen sie mit vorliegenden Ergebnissen kurzfristiger Einflüsse der Bildschirmarbeit auf das Sehen tendenziell überein (vgl. 2.2.1). Es ist hervorzuheben, dass alle Versuchspersonen bei dem Siebtest nach G 37 keine Auffälligkeiten zeigten, da dieser als Eingangskriterium galt. – Insofern stellt sich die Frage, ob dieser in seiner aktuellen Form eine sinnvolle Überprüfung des Sehens und von Sehbeschwerden bei Bildschirmarbeit erlaubt und eine weitestgehende Beschwerdefreiheit bzw. Eignung für Bildschirmarbeit attestieren kann.

Das Kontrastsehen bewegt sich im Intergruppenvergleich im Normalbereich des Ginsburg-Tests, jedoch kann eine eindeutige Reduktion der Kontrastsensitivität in Bereich höherer Ortsfrequenzen bei Bildschirmarbeit belegt werden. Das Farbunterscheidungsvermögen ist in der Gruppe der Bildschirmarbeiter geringer ausgeprägt, wenn auch hier die Werte im „Normalbereich“ liegen. Für das periphere Gesichtsfeld liegen bisher keine gesicherten Erkenntnisse aus anderen Studien vor, so dass die festgestellte Einschränkung dessen bei Bildschirmarbeitern Anlass für weitere Forschungsarbeit liefern kann. Ebenso gilt es, die hier gefundenen Beeinträchtigungen der flüssigen Blickbewegungen von Bildschirmarbeitern, explizit zu überprüfen.

Die Einflüsse der Bildschirmarbeit auf das Sehen in der Kategorie Distanz wurden anhand von reduzierter Motilität der Akkommodation bzw. Konvergenz belegt. Auch zeigt die Studiengruppe im Mittel eine wesentlich höhere Myopie als die Vergleichsgruppen. Das räumliche Sehen weist eine eingeschränkte Funktionalität auf. Bezüglich der untersuchten Wahrnehmungspräferenzen dominieren bei Bildschirmarbeitern symbolische Darstellungen, wie sie auch am Bildschirm vorzufinden sind. In den Kontrollgruppen fällt der Blick zunächst auf bildhafte Darstellungen.

Ein Kritikpunkt an der Methodik dieser Untersuchungen aus physiologischer Perspektive könnte sein, dass die verwendeten psychophysischen Messverfahren keine objektiven Ergebnisse liefern und damit keinen oder nur geringen Aussagegehalt haben. Aus interdisziplinärer Sicht muss dem entgegnet werden, dass das menschliche Sehen nicht

ausschließlich mit organischer Funktionalität und Struktur erklärt werden kann, sondern zusätzlich darauf aufbauende Prozesse berücksichtigt werden müssen. So liefern diese Messergebnisse nicht zwingend muskulär/strukturelle Veränderungen und damit Veränderungen des Sehens im physiologischen Sinne, die z.B. optisch korrigiert werden können. Vielmehr liefern diese Ergebnisse Auffälligkeiten des Sehverhaltens unter Berücksichtigung subjektiver Einflüsse, die sich bereits auf neurologischer/funktioneller bzw. neuromuskulär/symptomatischer Ebene nachweisen lassen (vgl. 2.6).

Unterstrichen werden diese psychophysischen Ergebnisse durch ein vermehrtes Auftreten asthenopischer Beschwerden unter Bildschirmarbeitern, wie dies auch in zahlreichen anderen Studien bereits belegt wurde. In der psychografischen Beschreibung des Sehens für die jeweilige Arbeitsform zeigt sich, dass die Situation des Sehens bei Bildschirmarbeit im Vergleich zu anderen Arbeitsformen durchwegs schlechter und unangenehmer beurteilt wird.

Durch das Studiendesign kann nie ganz ausgeschlossen werden, dass eine Berufswahl entsprechend den Anforderungen an das Sehen getroffen wird und damit zum Beispiel Personen mit besonderen Farbunterscheidungsvermögen bewusst Maler werden. Es wird allerdings davon ausgegangen, dass dies nur in Ausnahmen die Entscheidungsgrundlage für die Berufswahl darstellt und deshalb dieser Einfluss vernachlässigt werden kann.

Die Korrelationen der erhobenen Daten zeigen einen Einfluss der kumulierter Dauer der Bildschirmarbeit auf die Messergebnisse mehrerer Kategorien des Sehens bei einer weitestgehenden Unabhängigkeit der Ergebnisse von Alter, Geschlecht, Art der Bildschirmarbeit und Qualifikation. Weiterhin kann gezeigt werden, dass die Anzahl der asthenopischen Beschwerden mit den erhobenen Daten der psychophysischen Messungen korrelieren. Eine steigende Beschwerdeanzahl bei langjähriger Bildschirmarbeit wird als Trend festgestellt. Eine in anderen Studien unterstellte Abhängigkeit der asthenopischen Beschwerden von der Qualifikation der Testperson (z.B. Ertel et al., 1997) kann nicht generell nachgewiesen werden.

Eine Querschnittsstudie hat grundsätzlich den Nachteil, dass deren Ergebnisse von zahlreichen Variablen beeinflusst werden können, die das Untersuchungsergebnis verfälschen. Es wurde versucht durch geeignete Stichprobenwahl und –größe sowie durch einen weitestgehenden Ausschluss dieser Störvariablen anhand der Eingangskriterien Einflüsse externer Faktoren auszuschließen. – Trotzdem kann eine Beeinflussung der Ergebnisse z.B. durch unterschiedliches Involvement der Testpersonen, die Laborsituation, unbekannte (systemische) Veränderungen des Sehens, unbekannte kompensierende Freizeitgestaltung o.ä. nicht vollständig ausgeschlossen

werden.

Weiterhin ist es nur bedingt möglich, Veränderungen in einem Querschnittsvergleich nachzuweisen. In Ermangelung der Möglichkeit der Durchführung einer Längsschnittuntersuchung musste versucht werden, mit einem Vergleich von punktuell erhobenen, unabhängigen Daten unterschiedlicher Untersuchungsgruppen Einflüsse der Variable Bildschirmarbeit zu identifizieren. Die gezeigten Korrelationen legen nahe, dass es sich dabei um Veränderungen und nicht um statistische Artefakte z.B. durch Selektion der Stichprobe oder willkürliche Beantwortung des Fragebogens handelt. Eine Überprüfung der Querschnittsuntersuchung mittels einer geeigneten Längsschnittuntersuchung sollte ein Anliegen weiterer Forschung sein.

Betrachtet man die Ergebnisse unter interdisziplinären Aspekten, so zeigt sich, dass die „Erfahrung“ der Bildschirmarbeit und das „visuelle Lernen“ das Sehen nachhaltig beeinflussen. Ein Erklärungsansatz kann sein, dass trotz Einhaltung ergonomischer Richtlinien am Bildschirmarbeitsplatz besondere Sehbedingungen herrschen, die das Sehen durch Verhaltensanpassung beeinflussen (physiologische und verhaltensoptometrische Betrachtung, vgl. 2.2, 2.3). Eine weitere Möglichkeit der Erklärung besteht darin, dass kognitive Faktoren wie unterschiedliche proximale Reize, Selektivität und individuelle Kombination von Einzelreizen bedingt durch arbeitsbezogene Einstellungen, Erwartungen, Bedürfnisse und Erfahrungen das Sehen beeinflussen (2.5). Insbesondere kann somit die Subjektivität der Wahrnehmung Einfluss auf das Sehen nehmen (vgl. auch Schachtner, 1997), die sich der technisierten Welt anpasst und die Art und Weise des Sehens bestimmt. Das Fehlen des „subjektivierenden“ Sehens und eine Dominanz einzelner Polaritäten am Bildschirmarbeitsplatz, wie es aus arbeitssoziologischer Perspektive beschrieben wird, stellt einen umfassenden Erklärungsansatz für eine Vereinseitigung des Sehens bzw. in den einzelnen Kategorien nachgewiesene Veränderungen des Sehens dar (2.4). Einen alleinigen und allgemeingültigen Erklärungsansatz für Sehveränderungen bei Bildschirmarbeit wird es nicht geben, vielmehr müssen Einflüsse von Arbeit auf das Sehen interdisziplinär diskutiert und berücksichtigt werden.

Eine große Schwierigkeit für die Analyse von Veränderungen des Sehens stellt die Komplexität des Sehvorgangs dar. Deshalb ist es kaum möglich, exakte Kausalitäten bzw. Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge für einzelne Phänomene des Sehens abzugrenzen. Es wurde in dieser Studie versucht, diese Abgrenzungen in Anlehnung an das kategoriale Schema (Tab. 2) vorzunehmen, wenn auch die vorhandenen Messmethoden nicht klar nach den Modalitäten des Sehens getrennt untersuchen können. An dieser Stelle könnte eine weitere Forschungsarbeit ansetzen, die Messverfahren für die jeweilige Modalität

entwickelt und in einer empirischen Studie überprüft.

Vor dem Hintergrund einer möglichen gesundheitlichen Beeinträchtigung des Sehens muss Bildschirmarbeit bei Berücksichtigung eines modernen Gesundheitsbegriffs (1.3.1) kritisch betrachtet werden. Auch wenn nicht immer physiologische Dysfunktionen oder körperliche Defekte feststellbar sind, stellt die arbeitsbedingte Veränderung des Sehens ein Potenzial gesundheitlicher Gefährdung im Sinne des „(visuellen) Wohlergehens“ bei Bildschirmarbeit dar.

4 Fazit

Diese Studie versucht Antworten auf die eingangs gestellten Fragen zu geben: „Wird unser Sehen durch den Arbeitstypus beeinflusst? – „Benutzt“ ein Bildschirmarbeiter seine Augen anders als z.B. ein Handwerker? – Kann das Sehverhalten verlernt werden? – Zu welchen Veränderungen des Sehens kann Bildschirmarbeit führen? – Stellt Bildschirmarbeit somit ein gesundheitliches Risiko dar?“

Die Erkenntnisse des Querschnittsvergleichs von Bildschirmarbeit mit anderen Arbeitsformen liefern neue Beweise für einen nachhaltigen Einfluss der Arbeit auf verschiedene, auch bisher in der Forschung wenig berücksichtigte Kategorien des Sehens. Außerdem finden sich Änderungen des Sehens, die in der bisher dominierenden selektiven physiologischen Perspektive des Sehens nicht erfasst wurden und nur in einer (notwendigen) erweiterten Betrachtung von Veränderungen des Sehens bei Bildschirmarbeit entdeckt werden. Es kann gezeigt werden, dass das Sehen durch den Arbeitstypus beeinflusst wird bzw. dass Bildschirmarbeiter im Vergleich zum Beispiel mit Handwerkern ein „anderes Sehen haben“. Daraus kann auch gefolgert werden, dass Bildschirmarbeiter ihre Augen anders als z.B. Handwerker „benutzen“. Dieser verhaltensbezogene „Gebrauch der Augen“ kann mit dem in dieser Arbeit zusammengestellten Testinstrumentarium systematisch erfasst werden.

Zum Beispiel aus der geringeren Motilität der Akkommodation bei Bildschirmarbeitern, Einschränkungen fließender Blickbewegungen oder eingeschränktem räumlichen Sehen kann geschlossen werden, dass das Sehverhalten verlernt werden kann. – Ob ein erneutes Erlernen z.B. durch ausgleichendes gezieltes Training möglich ist bzw. dadurch eine Kompensation erreicht werden kann, stellt eine neue Herausforderung an weitere Forschung. Gleichzeitig wird damit auch in der Praxis ein neuer, großer Aufgabenbereich des Visualtrainings aufgetan, die arbeitsbedingten Veränderungen des Sehens zu kompensieren.

Veränderungen des Sehens konnten in allen betrachteten Kategorien des Sehens aufgezeigt werden. Insbesondere wenn die Aktivitäts-, Individualitäts- und Subjektivitätskomponente des Sehens, komplexe Zusammenhänge sowie das „Wie“ des Sehens berücksichtigt werden, kann ein gesundheitliches Risiko bei Bildschirmarbeit nicht ausgeschlossen werden.

Für die Wissenschaft ergibt sich bei interdisziplinärer Betrachtung von Arbeit und Sehen ein neues großes Forschungsfeld, in dem noch komplexere Zusammenhänge berücksichtigt werden müssen. Zunächst gilt es dabei, weitere Erkenntnisse unterschiedlicher Disziplinen zu vereinen, ehe dann ein Transfer in die betriebliche Praxis

erfolgen kann. Ein Ziel sollte dabei, im Interesse des praktischen Nutzens der Forschung, sein, Messverfahren für Auffälligkeiten des Sehverhaltens zu verbessern, um individuelle Beschwerden exakter definieren zu können und gezielte Therapien darauf aufbauen zu können.

Für die Physiologie ist dies ein Anlass, ihre Betrachtung des Sehens in Theorie und Methodik künftig komplexer – unter Berücksichtigung von Erkenntnissen anderer Forschungsdisziplinen – und weniger selektiv vorzunehmen, da sie mit einer allzu „biologisierten“ Sicht wesentliche Aspekte des Sehens ausgrenzt und Veränderungen damit nicht erfassen kann.

Der Handlungsbedarf in der Praxis liegt darin, zusätzlich zur Verhältnisprävention in die Verhaltensprävention zu investieren, ein Bewusstsein für das Sehen zu schaffen und gezielt Kompensationsmaßnahmen anzubieten. Dabei muss auch ein Umdenken weg von der Tauglichkeitsprüfung des Sehens und einer reinen Optimierung der Sehschärfe hin zu einer komplexen Betrachtung des Sehens über mehrere Kategorien stattfinden. Es stehen bereits heute viele Testmethoden in der Verhaltensoroptometrie und darauf aufbauende gezielte Trainingsmaßnahmen vor, die präventiv und kompensatorisch eingesetzt werden können. Gemäß dem in Abschnitt 2.2.2 als Parallele dargestellten „Ernährungsplan“ für das Sehen bei Bildschirmarbeit stellen ausgleichende Maßnahmen des Visualtrainings eine präventive „Nahrungsergänzung“ bei Bildschirmarbeit dar!¹⁸ – Auf dass wir nicht dank unserer computerisierten Welt irgendwann die Erde, den Himmel oder auch manches andere nicht mehr sehen...

¹⁸ Diese finden sich z. B. in Böhle et al. (1998).

Literaturverzeichnis

- Aronsson, G.; Strömberg, A. (1995): Work Content and Eye Discomfort in VDT work. In: International Journal Of Occupational Safety And Ergonomics, 1 (1), S.1-13
- Badura, B.; Ritter, W.; Scherf, M. (1999): Betriebliches Gesundheitsmanagement - ein Leitfaden für die Praxis. Ed. Sigma, Berlin
- Bauer, D. (1992): Evaluierung visueller Probleme bei Farbrasternschirmen. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Band Fb 663, Dortmund
- Becker, B. (1998): Leiblichkeit und Kognition. Anmerkungen zum Programm der Kognitionswissenschaften. In: Gold, P.; Engel, A.K. (Hrsg.): Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften. Frankfurt am Main, S.270-288.
- Berke, A.; Münschke, P. (1996): Screening - Prüfmethode der Optometrie. DOZ Verlag-Optische Fachveröffentlichung, Heidelberg
- Blaha, F. (2001): Trend der Bildschirmarbeit: Ein Handbuch über Recht, Gesundheit und Ergonomie in der Praxis. Springer-Verlag, Wien
- Böhle, F.; Weishaupt, S.; Hätscher-Rosenbauer, W.; Fritscher, B. (1998): Tätigkeitsbezogene Sehschulung. Ein zukunftsweisender Ansatz zur Förderung der Gesundheit bei visueller Beanspruchung am Arbeitsplatz (Forschungsbericht). Institut für Sozialforschung (ISF), München
- Böhle, F.; Schulze, H. (1997): Subjektivierendes Arbeitshandeln. Zur Überwindung einer gespaltenen Subjektivität. In: Schachtner, C. (Hrsg.): Technik und Subjektivität. Das Wechselverhältnis zwischen Mensch und Computer aus interdisziplinärer Sicht. Suhrkamp, Frankfurt/Main, S.26-46
- Burge, S. (1979): Suppression during binocular accommodative rock. In: Optometry Monthly, 79, S.867-872
- Burmester, M.; Görner, C.; Hacker, W.; Kärcher, M.; Kurtz, P.; Lieser, U.; Risch, W.; Wieland-Eckelman, R.; Wilde, H. (1997): Das SANUS-Handbuch. Bildschirmarbeit EU-konform. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Dortmund/Berlin
- Cernavin, O.; Weihrauch, M. (2000): Inhalte der Arbeitsschutzforschung für Innovationsbeschleunigung und Anwendungserfolg. In: Scheuch, K.; Haufe, E.; Weihrauch, M. (Hrsg.): Arbeitsschutzforschung am Ende des 20. Jahrhunderts. Workshop zum Forschungsauftrag "Bilanzierung der Arbeitsschutzforschung".

Selbstverlag der Techn. Universität, Dresden, S.183-194

- Cole, B. L.; Maddocks, J. D. (1996): Effect of VDUs on the Eyes: Report of a 6-Year Epidemiological Study. In: *Optometry and Vision Science*, 73 (8), S.512-528
- Collins, M. J.; Klovekorn-Norgall, K.; Buehren, T.; Voetz, S.; Lingelbach, B. (2005): Regression of Lid-Induced Corneal Topography Changes After Reading. In: *Optometrx & Vision Science*, 82 (9), S. 854-849
- Cox, J. L. (1997) : Our Heritage: A.M. Skeffington—The Man. In: *Journal Of Behavioral Optometry*, 8 (1), S. 2-14
- Dain, S. J.; McCarthy, A. K.; Chan-Ling, T. (1988): Symptoms in VDU operators. In: *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 65, S. 162-167
- Dainoff, M. J. (1982): Occupational stress factors in visual display terminal (VDT) operation: a review of empirical research. In: *Behaviour Information Technology*, 1, S.141-176
- De Groot, J. P.; Kamphuis, A. (1983): Eyestrain in VDU Users: Physical Correlates an Long-Term Effects. In: *Human Factors*, 25 (4), S.409-413
- Degle, S. (2000): Visuelle Beanspruchung am Bildschirmarbeitsplatz. Notwendigkeit zur Erweiterung der traditionellen Screening-Tests? Diplomarbeit an der Universität Augsburg, Augsburg
- Degle, S. (2003): Fehlsichtigkeiten - Altersabhängige Verteilung und Veränderung. Diplomarbeit an der FH Aalen, Aalen/Augsburg
- Doughty, M. J. (2001): Consideration of Three Types of Spontaneous Eyeblink Activity in Normal Humans: during Reading and Video Display Terminal Use, in Primary Gaze, and while Conversation. In: *Optometry and Vision Science*, 78 (10), S.712-725
- Ehrlich, D. L. (1987): Near Vision Stress: Vergence Adaptation and Accommodative Fatigue. In: *Ophthalmic & Physiological Optics*, 7 (4), S. 353-257
- Elsner, G.; Seidler, A.; Feinweber, E.; Feinweber, R. (1998): Betriebsärztliche Untersuchungen bei Bildschirmarbeitern. In: *Zentralblatt für Arbeitsmedizin*, 48, S. 330-337
- Ertel, M.; Junghans, G.; Pech, E.; Ullsperger, P. (1997): Auswirkungen der Bildschirmarbeit auf Gesundheit und Wohlbefinden (Schlußbericht). Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Band Fb 762, Dortmund/Berlin

- Fischer, B. (1999): Blickpunkte. Neurologische Prinzipien des Sehens und der Blicksteuerung. Verlag Hans Huber, Bern, Göttingen, Toronto, Seattle
- Flade, A. (1999): Wahrnehmung. In: Asanger, R.; Wenninger, S. (Hrsg.): Handwörterbuch der Psychologie. Beltz - Psychologie Verlags Union, Weinheim
- Flade, A. (1980): Wahrnehmung: Problemstellung (Kap. 1). FIM-Psychologie, Erlangen
- Fleischer, A. G.; Becker, G. (1996); Visuelle Informationsverarbeitung bei der Anwendung von Fenstertechniken. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Band Fb 752, Bremerhaven
- Gershenfeld, N. (1999): Wenn die Dinge denken lernen. Econ, München
- Ghiringhelli, L. (1980): Collection of subjective opinions on use of VDUs. In: Grandjean, E.; Vigliani, E. (Hrsg.): Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals. London, S.227-231
- Gierl, H. (1995): Marketing. Kohlhammer, Stuttgart, Berlin, Köln
- Ginsburg, A.P. (1984): New contrast sensitivity vision test chart. In: American Journal Of Optometry & Physiological Optics, 61, S.403-407
- Godnig, E.C. (1993); Hacunda, J.S.:Computers & Visual Stress: Staying Healthy. Seacoast Information Services, 2nd ed., Charlestown (USA)
- Gomzi, M. (1994): Work environment and health in VDT use. An ergonomic approach. Archives of Industrial Hygiene and Toxicology (Arh za hig rada toksikol), 45, S.327-334
- Gordon, I. E. (1997): Theories of visual perception. 2nd ed.. John Wiley & Sons Chichester, New York
- Gratton, I.; Piccoli, B.; Zaniboni, A.; Meroni, M.; Grieco, A. (1990): Change in visual function and viewing distance during work with VDTs. In: Ergonomics, 33 (12), S.1433-1441
- Griffin J.R.; Britz, D.; Zundell, M. (1972): A Study of Variables Influencing the Facility of Accommodation (Forschungsbericht). Southern California College of Optometry
- Griffin J.R.; Clausen, D.; Graham, G. (1977): A New Apparatus for Accomodative Rock (Forschungsbericht). Southern California College of Optometry
- Griffin J.R.; Grisham J.D. (2002): Binocular Anomalies. Diagnosis and Vision Therapy. 4th ed.. O.O.

- Grignolo, F. M, Di Bari, A.; Bellan Jr., B.; Camerino, L.; Maina, G. (1998): Long-term refractive and phoric changes in visual display unit (VDU) operators. In: *European Journal of Ophthalmology*, 8 (2), S.76-80
- Grisham, J.D. (1983): Treatment of Binocular Dysfunctions. In: Schor, C.M.; Ciuffreda, K.J. (Hrsg.): *Vergence Eye Movements*. Boston, S.607-623.
- Gröben, F.; Bös, K. (1999): *Praxis betrieblicher Gesundheitsförderung. Maßnahmen und Erfahrungen - ein Querschnitt*. Ed. Sigma, Rainer-Bohn Verlag, Berlin
- Gur, S.; Ron, S. (1992a): Does work with Visual Display Units impair visual activities after work? In: *Documenta Ophthalmologica*, 79 (3), S. 253-259
- Gur, S.; Ron, S. (1992b): Contrast Sensitivity and the near point of accommodation after work with a visual display unit. In: *Israel Journal of medical sciences*, 28 (8), S. 618-621
- Gur, S.; Ron, S.; Heicklen-Klein, A. (1994): Objective evaluation of visual fatigue in VDU workers. In: *Occupational Medicine*, 44 (4), S. 201-204
- Hahn, H.; Köchling, A.; Krüger, D.; Lorenz, D. (1995): *Arbeitssystem Bildschirmarbeit*. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Fa 31, Dortmund
- Hammer, G.; Groß, W. (1998): *Mehr Gesundheit und Wirtschaftlichkeit durch Bildschirmergonomie (Argumentationsleitfaden Nr. 11)*. Ergo-Screen-Projektbericht, Bremen
- Hammer, H.; Kostov, H.I. (1998): *Arbeitsorganisation. Sich die Arbeit richtig einteilen – Was heißt das? (Argumentationsleitfaden Nr. 2)*. Ergo-Screen-Projektbericht Bremen
- Hanne, W.; Brewitt, H. (1994): Veränderungen von Sehfunktion durch Arbeit am Datensichtgerät. In: *Der Ophthalmologe*, 91 (1), S. 107-112
- Hantel, W. (1997): *Grundlagen der visuellen Wahrnehmung*. Eigenverlag, München
- Hennessey, D.; Iosue, R. A.; Rouse, M. W.: Relations of symptoms to accommodative infacility of school-aged children. In: *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 61, S. 177-183
- Heron, G.; Charman, W. N.; Schor, C. M. (2001): Age Changes in the Interactions between the Accommodation and Vergence System. In: *Optometry and Vision Science*, 78 (10), S. 754-762

- Hoffman, D. D. (2001): Visuelle Intelligenz. Wie die Welt im Kopf entsteht. Klett-Cotta, Stuttgart
- Hollwich, F. (1988): Augenheilkunde. 11. Auflage, Thieme Verlag, Stuttgart
- Iribarren, R.; Fornaciari, A.; Hung, G.K. (2001): Effect of cumulative nearwork on accommodative facility and asthenopia. In: International Ophthalmology, 24, S. 205-212
- Ishikawa, S. (1990): Examination of the near triad in VDU operators. In: Ergonomics, 33 (6), S. 787-798
- Jaschinski, W. (1996a): Optometrische Funktionen am Bildschirmarbeitsplatz: Sehabstand und Blickneigungswinkel. WVAO-Sonderdruck, S. 21-28
- Jaschinski, W. (1996b): Belastungen des Sehorgans bei Bildschirmarbeit aus physiologischer Sicht. In: Optometrie, 2, S. 60-67
- Jaschinski, W. (1997): Fixation disparity and accommodation as a function of viewing distance and prism load. In: Ophthalmic & Physiological Optics, 17 (4), S. 324-339
- Jaschinski, W.; Heurer, H.; Kylian, H. (1998). Preferred Position of visual displays relative to the eyes: a field study of visual strain and individual differences: in. Ergonomics; 41 (7); S. 1034-1049
- Jaschinski, W. (1998): Fixation disparity at different viewing distances and the preferred viewing distance in a laboratory near-vision task. In: Ophthalmic & Physiological Optics, 18 (1), S. 30-39
- Jaschinski, W. (1999a): Die Bedeutung von Sehabstand und Blickneigung für individuelle Sehfunktionen und visuelle Ermüdung am Bildschirmarbeitsplatz. In: Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 34 (6), S. 225-230
- Jaschinski, W. (1999b): Zur individuellen ergonomischen Gestaltung am Bildschirmarbeitsplatz: Sehabstand und Blickneigungswinkel. In: Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 34 (7), S. 277-281
- Kalder, D. (1997): Komfortables Sehen am Bildschirmarbeitsplatz? In: Optometrie, 2, S. 26-37
- Kaneko, K.; Sakamoto, K. (2001): Spontaneous blinks as a criterion of visual fatigue during prolonged work on visual display terminals. In: Perceptual and Motor Skills, 92 (1), S. 234-250

- Kinge, B; Midelfart, A.; Jacobsen, G.; Rystad, J. (200): The influence of near-work on development of myopia among university students. A three-year longitudinal study among engineering students in Norway. In: *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 78 (1), S. 26-29
- Knabe, K. P. (1982): Bilanzierung der ergonomischen Erkenntnisse über die Arbeit am Bildschirmarbeitsplatz. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (Hrsg.), Fb 323, Dortmund
- Köhl, H.; Roth, G. (1995): *Augenoptik*. DOZ-Verlag, Heidelberg
- König, D. H.; Nerling, I.; Kirchner, J. H.; Erke, H.; Brandau, K. (1995): Aspekte kombinierter Belastungen bei Tätigkeiten an Arbeitsplätzen mit modernen Kommunikationstechnologien. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Unfallforschung (Hrsg.), Fb 724, Dortmund
- Kraus-Mackiw, E. (o.J.) : Was ist Rechtsichtigkeit am Bildschirmarbeitsplatz? In: *WVAO* (Hrsg.): *Die Brille für den Bildschirmarbeitsplatz*, Band 2, Mainz
- Lie, I.; Watten, R. G. (1994): VDT work, oculomotor strain, and subjective complaints: an experimental and clinical study. In: *Ergonomics*, 37 (8), S. 1419-1433
- Liu, J.S.; Lee, M.; Jany, J. (1979): Objective assessment of accommodation. Orthoptics: I. dynamic insufficiency. In: *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 56, S. 285-294
- Luczak, H. (Hrsg.); Röttig, M. (Hrsg.); Scheuch, K.; Sonntag, K. H.; Cernavin, O.; Luczak, H.; Röttig, M. (2001): *Forum arbeitsschutz. Bilanz und Zukunftsperspektiven des Forschungsfeldes*. Wb 25. Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven
- Lünow, N. (1999): *Sichere und gesundheitliche Gestaltung von Bildschirmarbeitsplätzen*. Bundesverband der Unfallkassen (Hrsg.), GUV 50.12, München
- Mack, A.; Rock, I. (1998): *Inattentional Blindness*. MIT Press, Cambridge, MA
- Manas, L. (1965): *Visuelle Analysen* (dt. Übersetzung: *Visual Analysis*, 3rd ed., Chicago, Professional Press, 1965)
- Mocci, F.; Serra, A.; Corrias, G. A. (2001): Psychological factors and visual fatigue in working with video display terminals. In: *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 58, S. 267-271
- Most, S.B.; Simons, D.J.; Scholl, B.J. Chabris, C.F. (2000): Sustained inattention blindness: The role of location in the detection of unexpected dynamic events. In:

- Most, S.B.; Simons, D.J.; Scholl, B.J.; Jimenez, R.; Clifford, E.; Chabris, C.F. (2001): How not to be seen: The contribution of similarity and selective ignoring to sustained inattentive blindness. In: *Psychological Science*, 12 (1), S. 9-17
- Murata, K.; Araki, S.; Yokoyama, K.; Yamashita, K.; Okumatsu, T.; Sakou, S. (1996): Accumulation of VDT Work-Related Visual Fatigue Assessed by Visual Evoked Potential, Near Point Distance and Critical Flicker Fusion. In: *Industrial Health*, 34 (2), S. 61-69
- Mutti, D. O.; Zadnik, K. (1996): Is computer use a risk factor for myopia? *Journal of the American Optometric Association*, 67 (9), S. 521-530
- Nakaishi, H.; Yamada, Y. (1999): Abnormal tear dynamics and symptoms of eyestrain in operators of visual display terminals. In: *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 56 (1), S. 6-9
- National Research Council Panel on impact of video viewing on vision of workers (Hrsg.) (1983): *Video displays, work, and vision*. Washington, DC
- Ostberg, O. (1980): Accommodation and visual fatigue in display work. In: Grandjean, E.; Vigliani, E. (Hrsg.): *Ergonomic Aspects of Visual Display Terminals*. London, S. 41-52
- Owens, D. A.; Wolf-Kelly, K. (1987): Near Work, Visual Fatigue, and Variations of Oculomotor Tonus. In: *Investigative ophthalmology & visual sciences*, 28 (4), S. 743-749
- Pelli, D.G.; Robson, J.G.; Wilkins, A.J. (1988): The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. In: *Clinical Vision Research*, 2, S. 187-199
- Pepper, R.C.; Nordgren, M.J.: *A multi-sensory approach to processing information & learning: an aspect of behavioural vision care*. Optometric Extension Program Foundation (Hrsg.), o.V., Santa Ana (USA)
- Pesch, T. W.; Makropulos, W.; Rozsnoki, M.; Einbrodt, H.J.; Reim, M. (1994): Untersuchungen zum objektiven Nachweis der Beanspruchung des visuellen Systems bei Bildschirm- und Büroarbeit durch Ableistung visuell evozierter kortikaler Potentiale (VECP) und Erfassung der Änderungen von Kontrastsensitivität und Refraktion. In: *Der Ophthalmologe*, 92 (2), S. 160-165
- Piccoli, B.; Braga, M.; Zambelli, P. L.; Bergamaschi, A. (1996): Viewing distance variation

- an related ophthalmological changes in office activities with and without VDUs. In: *Ergonomics*, 39 (5), S. 719-728
- Pope, R.S.; Wong, J.D.; Mah, M. (1981): Accommodative Facility Testing in Children: Norms and Validation (OD thesis). Berkeley, School Of Optometry, University Of California
- Rechichi, C.; Scullica, L. (1996a): Trends regarding myopia in video terminals. In: *Acta Ophthalmologica Scandinavia*, 74 (5), S. 493-496
- Rechichi, C.; Scullica, L. (1996b): VDU work: longitudinal survey on refractive defects. In: *Acta Ophthalmologica Scandinavia*, 74 (6), S. 629-631
- Richenhagen, G. (1997): Bildschirmarbeitsplätze: Mehr Arbeitsschutz am Computer. Luchterhand, Neuwied/Kriftel/Berlin
- Richenhagen, G.; Prümper, J.; Wagner, J. (1998): Handbuch der Bildschirmarbeit: mit einer Kommentierung der neuen BildscharbVO. Luchterhand, Neuwied/Kriftel
- Rohmert, W. (1984): Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept. In: *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 38, S. 193-200
- Rubin, G. S. (1988): Reliability and sensitivity of clinical contrast sensitivity tests. In: *Clinical Vision Research*, 2, S. 169-177
- Saito, S.; Sotoyama, M.; Saito, S.; Taptagaporn, S. (1994): Physiological Indices of Visual Fatigue due to VDT Operation: Pupillary Reflexes and Accommodative Responses. In: *Industrial Health*, 32, S. 57-66
- Salibello, C.; Nilsen, E. (1995): Is there a typical VDT patient? A demographic analysis. In: *Journal of the American Optometric Association*, 66 (8), S. 479-483
- Schachtner, C. (1997): Die Technik und das Soziale. Begründung einer subjektivitätsorientierten Technikforschung. In: Schachtner, C. (Hrsg.): *Technik und Subjektivität. Das Wechselverhältnis zwischen Mensch und Computer aus interdisziplinärer Sicht*. Suhrkamp, Frankfurt/Main, S. 7-25
- Scheiman, M.; Wick, B. (2002): *Clinical Management Of Binocular Vision. Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders*. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia
- Schwaninger, U.; Thomas, C.; Nibel, H.; Menozzi, M.; Läubli, T.; Krueger, H. (1992): Auswirkungen der Bildschirmarbeit auf die Augen sowie Stütz- und Bewegungsapparat. Bundesanstalt für Arbeitsschutz (Hrsg.), Fb 601,

Wirtschaftsverlag NW, Bremerhaven

- Sheedy, J. E. (1992): Vision problems at video display terminals: a survey of optometrists. In: *Journal of the American Optometric Association*, 63, S. 687-92
- Simons, D.J.; Chabris, C.F. (1999): Gorillas in our midst: Sustained inattention blindness for dynamic events. In: *Perception*, 28, S. 1059-1074
- Sinseder, I.; Schlegel, J. (2001): *Sehen am Arbeitsplatz* (Diplomarbeit FH Aalen), Fachhochschule Aalen
- Smith, M. (1997): Psychosocial aspects of working with video display terminals (VDTs) and employee physical and mental health. In: *Ergonomics*, 40 (10), S. 1002-1015
- Smith, A. (1998): Optimum lightning conditions for VDUs. In: *Optician*, 216 (5681), S. 28-30
- Smith, M.J. (1984): Health Issues in VDT work. In: *Visual Display Terminals, Usability Issues and Health Concerns*. Bennet, J. (Hrsg.), Prentice-Hall, New Jersey, 193-228
- Smith, M.J.; Cohen, B.G.F.; Sammerjohn, L.W. (1981): An investigation of health complaints and job stress in video terminal operations. In: *Human Factors*, 23, S. 387-400
- Starr, S.J.; Thompson, C.R.; Shute; S.J. (1982): Effects of video display terminals on telephone operators. In: *Human Factors*, 24, S. 699-711
- Stellman, J.M.; Klitzman, S.; Gordon, G.C.; Snow, B.R. (1987): Work Environment and the wellbeing of clerical and VDT-workers. In: *Journal of Occupational Behaviour*, 26, S. 95-114
- Suchoff, I.B. (1991): A Primer on Skeffington. In: *Journal Of Behavioral Optometry*, 2 (4), S. 93
- Tatemichi M.; Nakano T.; Tanaka, K.; Hayashi, T.; Nawa, T.; Miyamoto, T.; Hiro, H.; Sugita, M. (2004): Possible association between heavy computer users and glaucomatous visual field abnormalities: a cross sectional study in Japanese workers. In: *Journal of Epidemiology and Community Health*, 58 (12), S. 1021-1027
- VBG (1999): Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen“ Bildschirmarbeitsplätze G 37 (mit Kommentar). Schriftenreihe Prävention SP 5.3. Verwaltungs-Berufsgenossenschaft (Hrsg.),

Rautenberg-Druck, Glückstadt

- Watten, R. G.; Lie, I.; Birketvedt, O. (1994): The Influence Of Long-Term Visual Near-Work On Accommodation And Vergence: A Field Study. In: Journal of human ergology, 23 (1), S. 27-39
- Welk, A.; Lingelbach, B. (1996): Tetris – schädlich fürs Auge? In: Optometrie, 3, S. 107-112
- Wieland, R.; Koller, F. (1999): Bildschirmarbeit auf dem Prüfstand der EU-Richtlinien. Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (Hrsg.), Fb 855, Dortmund/Berlin
- Wittling, W. (1976): Einführung in die Psychologie der Wahrnehmung. Hoffmann und Campe, Hamburg
- Wolf, R.; Wolf, D. (1990): Vom Sehen zum Wahrnehmen: Aus Illusionen entsteht ein Bild der Wirklichkeit. In: Maelicke, A. (Hrsg.): Vom Reiz der Sinne. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, S. 47-73
- Yeow, P.T.; Taylor, S.P. (1991): Effects of Long-Term Visual Display Terminal Usage on Visual Functions. In: Optometry and Vision Science, 68, S. 930-941
- Yeow, P.T.; Taylor, S.P. (1989): Effects of short term VDT usage on visual functions. Optometry and Vision Science, 66, S. 459-66

Quellen aus dem Internet:

www.ergo-online.de: Sozialnetz Hessen, Informationsdienst Arbeit und Gesundheit, Schwerpunkt Bildschirmarbeit. Gesellschaft Arbeit und Ergonomie - online e.V. (Hrsg.), 10.7.2005

Anhang

A) Übersicht über aktuelle Studien zum Sehen bei Bildschirmarbeit

Autor	Jahr	Gegenstand der Untersuchung	Methode/ Stichprobe	Zentrale Befunde
Aronsson/ Stromberg, Schweden	1995	Arbeitsorganisatorische Auswirkungen auf Augenbeschwerden	Fragebogen, N=2025	<ul style="list-style-type: none"> Höchste Beschwerderate bei CAD, Datenerfassung, Textverarbeitung Starke Korrelation zw. Zeit am BAP, geringer Selbstkontrolle über die Arbeit, Zeitdruck und großem Arbeitsanfall Signifikanter Zusammenhang zwischen Stress, Zeit am BAP und Augenbeschwerden sowie Brennen, Stechen und Trockenheit der Augen
Cole/ Maddocks/ Sharpe, Australien	1996	Auswirkungen der Bildschirmarbeit auf die Augen	6-jährige epidemiologische Studie, SG=692 Bildschirmarbeiter, KG=624 Nicht-Bildschirmarbeiter, einmal jährliche Untersuchung	<ul style="list-style-type: none"> Obwohl Unterschiede zw. BAP-Tätigen und NBAP-Tätigen in Betrag der Myopie, der Prävalenz verschiedener Symptome und Augenkrankheiten erkennbar sind, gibt es keine klaren Trends oder Muster, die Bildschirmarbeit als Risikofaktor erkennen lassen. Keine signifikanten Unterschiede bei Katarakten
Dain/McCarthy /Chan-Ling, Australien	1988	Symptome visueller Ermüdung bei BAP	Retrospektive Studie subjektiver Symptome, Befragung und vollständige Augenuntersuchung bzw. Screening, n=1013 (in drei Gruppen), in zwei halbstaatlichen Verwaltungen	<ul style="list-style-type: none"> Es gibt signifikante Unterschiede zwischen BAP-Tätigen und NBAP-Tätigen bei Überrefraktion und horizontaler Heterophorie, trotzdem können keine validen visuellen Standards festgelegt werden.
De Groot/ Kamphuis, Niederlande	1983	Belastung der Augen bei Bildschirmarbeit: Physische Korrelationen und Langzeiteffekte	N=43, Longitudinalstudie über 2,5 Jahre, Messung von Sehschärfe, Akkommodation und CFF sowie subjektiver Beschwerden	<ul style="list-style-type: none"> Keine Veränderungen an Beschwerden vor Einführung der Bildschirmarbeit und nach 2,5 Jahren
Doughty, Großbritannien	2001	Veränderungen der Blinkfrequenz bei Bildschirmarbeit	Literaturstudie der Spontaneous Eye Blink Rate (SEBR)	<ul style="list-style-type: none"> SEBR ist bei Geradeausblick höher als bei Lesehaltung. SEBR ist höher, wenn Probanden miteinander in Konversation sind.
Ehrlich, Großbritannien	1987	Kurzfristige Auswirkungen von Nahsehstress auf Vergenz und Akkommodation	Experiment (zweistündige, kontinuierliche, binokulare Nahaufgabe) N=15 junge Personen	<ul style="list-style-type: none"> Die Vergenz-Anpassung ist hauptsächlich zurückzuführen auf die fusionelle Anforderung (67% der Varianz). Die Phorie-Veränderung ist zu 40% abhängig von Akkommodations-Beanspruchung. Kurzfristige Myopisierung ~ 0,29 dpt
Elsner/Seidler/ Feinweber/ Feinweber, Deutschland	1998	Betriebsärztliche Untersuchungen bei Bildschirmarbeitern	N=652, Untersuchung nach G37	<ul style="list-style-type: none"> Signifikanter Zusammenhang zwischen Dauer der Bildschirmtätigkeit und erstmaligem Auftreten augenbezogener Beschwerden Möglicher Zusammenhang zwischen Arbeitsbedingungen und – teilweise objektivierbaren – Beschwerden Keine ausschließliche Abhängigkeit von Bildschirmarbeit
Gomzi, Kroatien	1994	Arbeitsumgebung und Gesundheitszustand	Querschnitts-Befragung: SG=90 Bildschirmarbeiter, KG=130 traditionelle Büroarbeiter	<ul style="list-style-type: none"> Häufigere Nennungen von Ermüdung (78%), Kopfschmerzen (53%), Augenbeschwerden (48%) bei Bildschirmarbeitern als in der Kontrollgruppe Die hohe Rate tätigkeitsbezogener Beschwerden scheint mehr individuelle, milieubedingte und organisatorische Ursachen

				zu haben als mit Bildschirmarbeit zu korrelieren.
Gratton/Piccoli /Zaniboni/ Meroni/Grieco, Italien	1990	Veränderungen visueller Funktionen	N=7 weibl. Bankangestellte (24-32 J.), Laborversuch, 6 h Arbeitstag am BAP, Aufzeichnung des Abstands des Monitors	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikante Verschiebung der Akkommodationsruhelage zur Nähe in 13 von 14 Augen • Signifikante Abnahme fusioneller Konvergenz in 6 von 7 Fällen, kleiner Rückgang der Divergenz in allen Fällen
Grignolo/Di Bari/Bellan/ Camerino/ Maina, Italien	1998	Langzeit Refraktions- und Phorie-Änderungen bei Bildschirmarbeit	Längsschnitt-Studie, n=ca. 6000 mit zwei ophthalmologischen Untersuchungen	<ul style="list-style-type: none"> • Refraktionsstatus scheint hauptsächlich altersabhängig zu sein. • Leichte Tendenz zur Hyperopie • Keine Veränderung von Heterophorie zu Heterotropie
Gur/Ron, Israel	1992	Beeinträchtigung visueller Aktivität nach der Arbeit durch Bildschirmarbeit	Standard eye examination, SG=32, KG=15, NPA vor Arbeitstag und nach viertägiger Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Bildschirmarbeiter haben mehr als zweimal soviel Beschwerden wie die Kontrollgruppe. • Rückgang der Akkommodationsbreite bei Bildschirmarbeit einheitlich zwischen 0 dpt und 1.0 dpt, in Kontrollgruppe zwischen 0 dpt und 0,25 dpt • Die gesamte dynamische Akkommodationsbreite ist nach der zweiten Untersuchung geringer als bei der ersten. • Visueller Stress und Ermüdung durch Arbeit behindern visuelle Aktivität nach der Arbeit.
Gur/Ron, Israel	1992	Kontrastempfindlichkeit und Nahpunkt der Akkommodation	SG=13 BAP und KG=13 sporadische BAP-Nutzer, Messung vor und nach 5-6h Arbeit	<ul style="list-style-type: none"> • Kein Rückgang in Kontrastempfindlichkeit • Rückgang der Akkommodationsbreite bei Bildschirmarbeit einheitlich zwischen 0 dpt und 1.0 dpt, in Kontrollgruppe zwischen 0 dpt und 0,25 dpt • Geringere Akkommodationsbreite verantwortlich für Myopisierung
Gur/Ron/ Heicklen-Klein, Israel	1994	Konvergenz- und Akkommodationsveränderungen nach einer Woche Bildschirmarbeit	Subjektive NPA und NPC-Messung vor und nach einer Woche Arbeit, SG=16 und KG=13 (24-43J.)	<ul style="list-style-type: none"> • Akkommodations- und Konvergenzspektrum sind nach einer Woche Bildschirmarbeit signifikant eingeschränkt.
Hanne/Brewitt, Deutschland	1994	Veränderungen visueller Funktionen bedingt durch Bildschirmarbeit	5-jährige Prospektivstudie mit Matched-Pairs-Technik (Before-After-Untersuchung – G37 Test!)	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikanter Unterschied bzgl. der Asthenopie zw. Bildschirmarbeit unter 6h täglich und mehr als 6 h täglich • Exophorien scheinen sich zu verstärken (keine Signifikanz). • Sonst keine signifikante Unterschiede.
Heron/ Charman/ Schor, Großbritannien	2001	Altersbedingte Veränderungen im Akkommodations-Konvergenz-System	N=13 (16-48J.), Statische und dynamische Akkommodation, Konvergenz und deren Verhältnisse gemessen mit dem SRI Dual Purkinje Eye-Tracker	<ul style="list-style-type: none"> • Akkommodationsamplitude geht signifikant mit zunehmendem Alter zurück, die Vergenz nicht. Daraus folgt, dass das AC/A-Verhältnis signifikant mit dem Alter steigt, hingegen das CA/C-Verhältnis fällt. • Es gibt keine signifikanten Veränderungen in den Reaktionszeiten bzgl. Akkommodation und Vergenz.
Iribarren/ Fornaciari/ Hung, USA	2001	Effekte von langjähriger Naharbeit auf Akkommodations-Motilität und Asthenopie	N=87 Studenten und Büroarbeiter (18-31J.), Befragung zur Naharbeit und asthenopischen Beschwerden, Messung der Akkommodations-Motilität	<ul style="list-style-type: none"> • Negative Korrelation der kumulierten Dauer der Naharbeit mit der Akkommodations-Motilität • Positive Korrelation der kumulierten Dauer der Naharbeit mit asthenopischen Beschwerden • Korrelation der Motilität mit asthenopischen Beschwerden
Ishikawa, Japan	1990	Untersuchung der Nah-Trias bei Bildschirmarbeit	SG=19 professionelle BAP, KG1=12 Büroarbeiter ohne BAP, KG2=19	<ul style="list-style-type: none"> • Nur SG und KG1 haben Augenbeschwerden nach der Arbeit

			andere Arbeitsformen, alle 25-30 h Arbeit pro Woche über 2 Jahre	<ul style="list-style-type: none"> • Asymmetrische Nah-Trias zwischen rechtem und linkem Auge, Existenz einer Hysterese beim Verlauf der Pupillenreaktion und der Konvergenz • Keine Abnormalität in der Kontrollgruppe KG2 • SG 34,6% Abnormalität in der Nah-Trias, 18,5% in beiden Kontrollgruppen • Sogar mit denselben Augenbeschwerden, hat Bildschirmarbeit 1,8x höhere Abnormalitäten in der Nah-Trias, verursacht durch den tonischen Stimulus, zur Folge.
Jaschinski/Heuer/Kylian, Deutschland	1998	Bedeutung von Sehabstand und Blickneigung für individuelle Sehfunktionen und visuelle Ermüdung am Bildschirmarbeitsplatz	N=22, Messung von Sehabstand und Blickneigungswinkel am Arbeitsplatz, Befragung nach Beschwerden im Tages- und Monatsverlauf	<ul style="list-style-type: none"> • Beschwerden sind signifikant abhängig von Sehabstand und Blickneigungswinkel. • Bevorzugter Sehabstand und Blickneigungswinkel sind abhängig von Akkommodations- und Vergenzruhelage des Individuums.
Kaneko/Sakamoto, Japan	2001	Spontanes Blinzeln als Kriterium visueller Ermüdung bei andauernder Bildschirmarbeit	N=10, Elektromyogramm (EMG) und Elektrooculogramm (EOG), Fragebogen zu subjektiven Beschwerden, Aufgaben-Performance	<ul style="list-style-type: none"> • Die Symptome genereller Ermüdung indiziert durch EMG und EOG verstärkten sich linear mit der Zeit der Bildschirmtätigkeit. • Es konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen den objektiven Messergebnissen und subjektivem Befinden festgestellt werden.
Kinge/Midelfart/Jacobsen/Rystad, Norwegen	2000	Einfluss der Naharbeit auf die Myopisierung	N=192, Longitudinalstudie über 3 Jahre unter Studenten (Durchschnittsalter 20,6 J.), Refraktion und Befragung	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikante Myopisierung nach 3 Jahren (-0,51 +- 0,49dp) Nahtätigkeit • Kein signifikanter Unterschied zwischen konventioneller Nahtätigkeit und Bildschirmarbeit • Signifikanter Zusammenhang zwischen Zeit der Nahtätigkeit und Höhe der Myopisierung
Lie/Watten, Norwegen	1994	Okulomotorische Anstrengung und subj. Beschwerden	Studie I: Experiment, Studiengruppe n=18 mit 3h andauernder Bildschirmarbeit, n=19 Kontrollgruppe („sieht aus dem Fenster“), Studie II: Klinische Studie, n=14, „Health Effect“ der optischen Korrektur	<ul style="list-style-type: none"> • Studie I: Signifikante Veränderungen bei Ziliarmuskel, extraokuläre Muskeln, aber auch andere Muskelverspannungen sind für okulomotorische Anstrengung verantwortlich. • Studie II: Signifikante Pre-Post-Reduktion der Symptome, die zeigen, dass visuelle Anomalien zu arbeitsbezogenen Symptomen beitragen.
Mocci/Serra/Corrias, Italien	2001	Visuelle Ermüdung in Zusammenhang mit psychologischen Faktoren	N=212, Befragung: - NIOSH job questionnaire - Subjektive Augenbeschwerden in Zusammenhang mit Umgebung und Beleuchtung am Arbeitsplatz - Augenbeschwerden	<ul style="list-style-type: none"> • Soziale Unterstützung, Teamkonflikte, Verantwortung, Anforderungen und Arbeitszufriedenheit sind Prediktoren für Augenbeschwerden. • Ein Teil der subjektiv geäußerten visuellen Beschwerden sind indirekte Auswirkungen von subjektivem Diskomfort der Arbeitsbedingungen.
Murata/Araki/Yokoyama/Yamashita/Okumetsu/Sakou, Japan	1996	Visuelle Ermüdung gemäß visual evoked potential (VEP), Nahpunktstand (NPD) und critical flicker fusion (CFF)	SG=3, KG=3; 3x tägliche Messung von VEP, NPD und CFF von Mo-Fr	<ul style="list-style-type: none"> • Verschlechterung der Leistungen im wöchentlichen Verlauf • Bildschirmarbeit beeinflusst wahrscheinlich die visuelle Funktion bewertet nach visual evoked potential (VEP), near point distance (NPD) and critical flicker fusion (CFF). • Visuelle Ermüdung im Zusammenhang mit langandauernder Bildschirmarbeit scheint sich von Tag zu Tag anzuhäufen.
Mutti/Zadnik, USA	1996	Bildschirmarbeit als Risiko für Myopie	Literaturstudie	<ul style="list-style-type: none"> • Asthenopische Beschwerden sind um 1,4-1,5x häufiger bei Bildschirmarbeitern als in den Kontrollgruppen.

				<ul style="list-style-type: none"> • Vorübergehende, ermüdungsbedingte Veränderungen bei Akkommodation und Vergenzen treten nach Bildschirmarbeit auf. • Trotz dieser Veränderungen gibt es keinen signifikanten Zusammenhang von Bildschirmarbeit und (chronischer) Myopisierung im Vergleich zu anderen Formen der Naharbeit.
Nakaishi/ Yamada Japan	1999	Trockenes Auge und asthenopische Beschwerden	Querschnittsstudie, Augenprüfung/Experiment/Befragung, n=722 Bildschirmarbeiter (242 mit asthenopischen Beschwerden, 480 Kontrollgruppe)	<ul style="list-style-type: none"> • 30% der Bildschirmarbeiter mit asthenopischen Beschwerden weisen trockene Augen auf, Odds ratio 4.61 (p<0.001) • Odds Ratio für refraktive Auffälligkeiten 2.31 • Starke Korrelation zwischen Symptomen für trockenes Auge und asthenopischen Beschwerden
Owens/Wolf-Kelly, USA	1987	Veränderungen der tonischen Komponente und visuelle Ermüdung bei Naharbeit	N=28 (17-22J.) in 2 Gruppen mit 1h Bildschirmarbeit und 1h Lesetätigkeit; Fernvisus, Vergenzruhelage, Akkommodationsruhelage, Akkommodationsgenauigkeit gemessen für einen monokularen Reiz sowie subjektive Einschätzung der Ermüdung	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikante Veränderungen der Ruhelage der Akkommodation und Vergenz, Größe der Veränderung abhängig von dem ursprünglichen Ausgangszustand des Tonus • Myopisierung zwischen 0,35 und 0,6 dpt • Subjektive visuelle Ermüdung korreliert nicht mit Akkommodationsruhelage (r=0,13) aber mit Vergenzruhelage (r=0,58).
Pesch/ Makropulos/ Rozsnoki/ Einbrodt/Reim, Deutschland	1994	Objektive Beanspruchung des visuellen Systems, visuell evozierte kortikale Potentiale (VECP), Kontrastsensitivität, Refraktion	SG=10, KG1=10 bei konventioneller Büroarbeit, KG2=10 bei Spazierengehen im Freien, Messung vor und direkt nach 4h Tätigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Hochsignifikante Zunahme der P2-Latenzen (Zeit der Erregungsweiterleitung von der Retina bis zur Sehirnde) bei SG und KG1 • Signifikante Abnahme der P2-N1 Amplitude (Potentialhöhe) bei SG und KG1 • Abnahme der Kontrastsensitivität bei SG und KG1 (stärker bei SG in mittlerem Frequenzbereich) – psychophysische Messung mittels Vistech-Tafeln • Keine Tendenzen bei Refraktionsänderungen
Rechichi/ Scullica, Italien	1996	Trend zur Myopisierung bei Bildschirmarbeit	Längsschnitt-Studie, Nachuntersuchung nach 4 Jahren, n=6101 Beschäftigte der Italian Telecommunications Company	<ul style="list-style-type: none"> • Keine signifikanten Unterschiede bei Myopie weder im Zusammenhang der täglichen Arbeitszeit noch der langjährigen Tätigkeit
Saito/ Sotoyama/ Saito/ Taptagaporn, Japan	1994	Pupillenreflex und Akkommodationsfunktion als physiologische Indizes visueller Ermüdung	Experiment (4h anhaltende Bildschirmarbeit) n=5 Studenten (Durchschnittsalter 22,6 J.), Nah-Reflex und Licht-Reflex-Messung	<ul style="list-style-type: none"> • Verringerung in Höhe und Geschwindigkeit der Akkommodation nach Nahaufgabe • Verringerung der Pupillengröße, Vergrößerung der Licht-Reflex-Amplitude, Verzögerung des Reflexes
Salibello/ Nilsen, USA	1995	Demographische Analyse von typischen Eigenschaften eines Bildschirmarbeiters	Befragung von Bildschirmarbeitern durch 22 Optometristen, die min. 2 h am BAP arbeiten, n=324	<ul style="list-style-type: none"> • 65% der Bildschirmarbeiter klagen über Augenbeschwerden, 42% über Kopfschmerzen. • Über 75% der Patienten mit regelmäßigen Bildschirmgebrauch sind symptomatisch.
Sheedy, USA	1992	Auffällige Symptome bei Bildschirmarbeit	Befragung von Optometristen, n=1307	<ul style="list-style-type: none"> • Symptome, die sich von anderen Naharbeiten unterscheiden, insbesondere in Bezug auf Blendung, Spiegelung, besondere Sehanforderungen, Brillengläser • 36,8% der Symptome beziehen sich auf die Arbeitsumgebung. • Beste Lösung zur Problembeseitigung: Umfassende Untersuchung und Diagnostik unter Berücksichtigung der Arbeitsumgebung und der visuellen Probleme
Watten/Lie/ Birketvedt,	1994	Einfluss langjähriger Bildschirmarbeit auf	N=43 junge weibliche gesunde Angestellte (Durchschnittsalter 26,4 J.,	<ul style="list-style-type: none"> • Signifikante Reduktion in allen vier „Zone of Clear Single Vision Komponenten“ (ZCSV) nach einem Arbeitstag

Norwegen		Akkommodation und Konvergenz	Vollzeitarbeit (Positive Relative Accommodation (PRA), Negative Relative Accommodation (NRA), Positive Relative Convergence (PRC), Negative Relative Convergence (NRC) je vor und nach Arbeit gemessen)	Vision Komponenten" (ZCSV) nach einem Arbeitstag <ul style="list-style-type: none"> Vergenz-Reduktion als Grund für über 60% der ZCSV Veränderungen
Welk/ Lingelbach, Deutschland	1996	Einfluss der Bildschirmarbeit auf die Lidschlagfrequenz	Laborexperiment, einstündige Videobeobachtung bei Computerspiel, Messung von Lidschlagfrequenz und Temperatur der Sklera, n=9 (23-35J.)	<ul style="list-style-type: none"> Signifikante Herabsetzung der Lidschlagfrequenz bei konzentrierter Bildschirmarbeit mit Abtrocknung des Auges und Erhöhung der Temperatur der Sklera Ableitbare Symptome: brennendes, trockenes, rotes Auge
Yeow/Taylor, Malaysia	1991	Effekte langfristiger Bildschirmarbeit auf visuelle Funktionen	SG=178, KG=65, Längsschnittstudie über 2 J.: Refraktion, Sehschärfe, NPA, NPC, Phorie, Fixationsdisparation, Arbeitsumgebung	<ul style="list-style-type: none"> Kein Trend zur Myopie durch Bildschirmarbeit Reduktion des NPA ist signifikant größer unter Bildschirmarbeitern, insbes. in der Altersgruppe < 40J.. Reduktion des NPC ist altersabhängig, aber nicht signifikant abhängig von Bildschirmarbeit.
Yeow/Taylor, Malaysia	1989	Effekte kurzzeitiger Bildschirmarbeit auf visuelle Funktionen	I) SG=105 2h kontinuierliche Bildschirmarbeit, KG=61 (2h Schreibmaschinentätigkeit) II) SG=105, KG=84 über 4h: Sehschärfe, Akkommodation, NPA, NPC	<ul style="list-style-type: none"> kein signifikanter Effekt der Bildschirmarbeit auf visuelle Funktionen

B) Ergänzende Abbildungen:

Altersverteilung in den einzelnen Untersuchungsgruppen

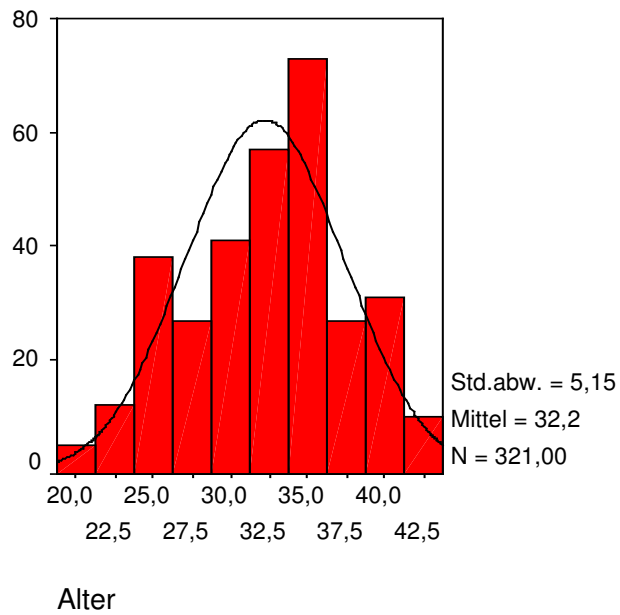


Abb. B1: Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der Gesamtstichprobe (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

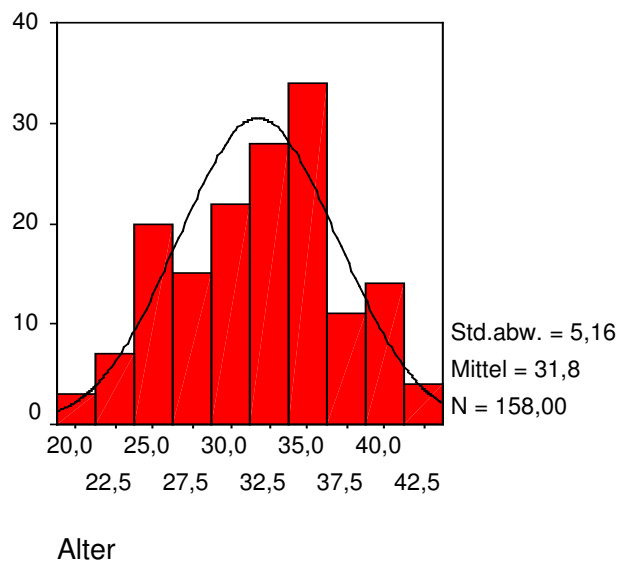


Abb. B2: Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der Studiengruppe SG (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

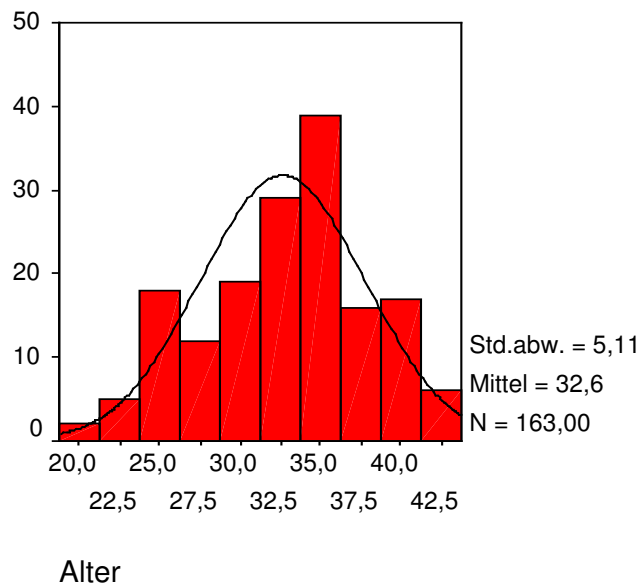


Abb. B3: Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der gesamten Kontrollgruppe KG (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

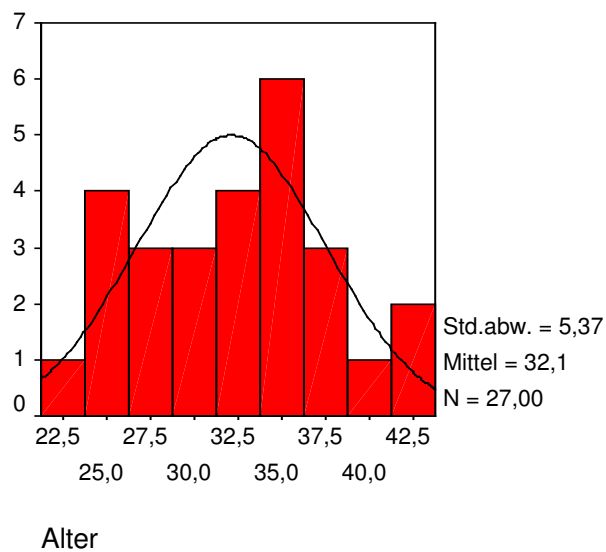


Abb. B4: Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der Kontrollgruppe 1 KG1 (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

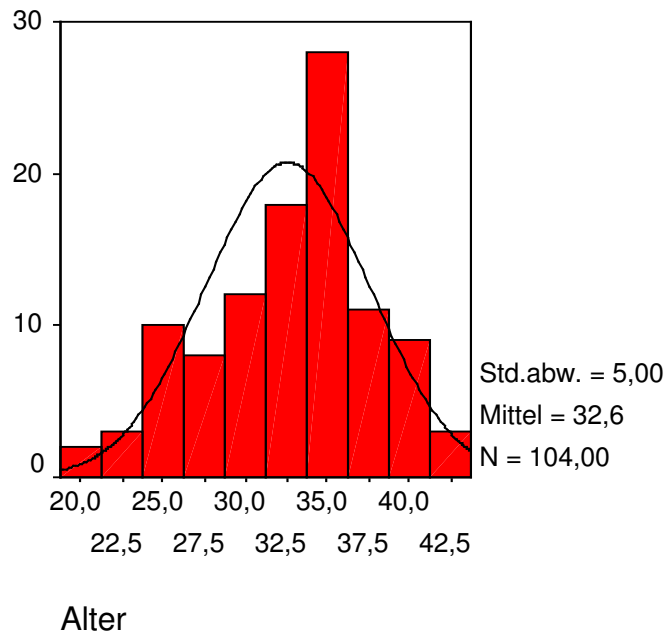


Abb. B5: Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der Kontrollgruppe 2 KG2 (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

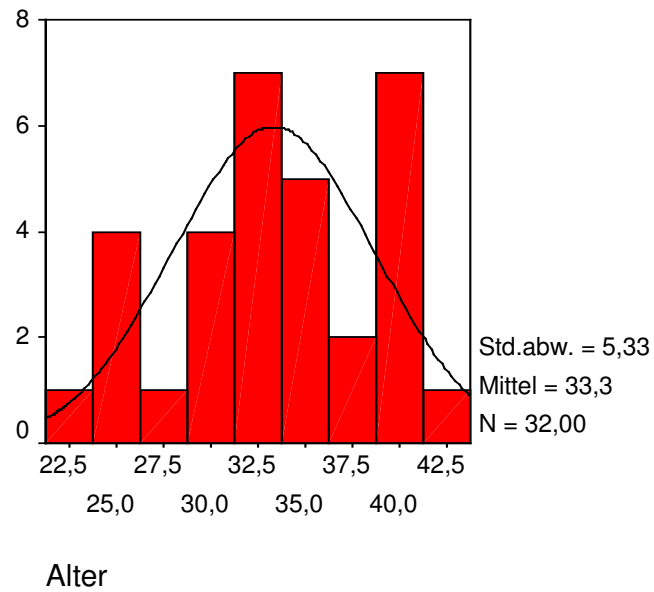


Abb. B6 Histogramm mit eingepasster Normalverteilungskurve der Altersverteilung der Kontrollgruppe 3 KG3 (absolute Fallzahlen, Alter in Jahren)

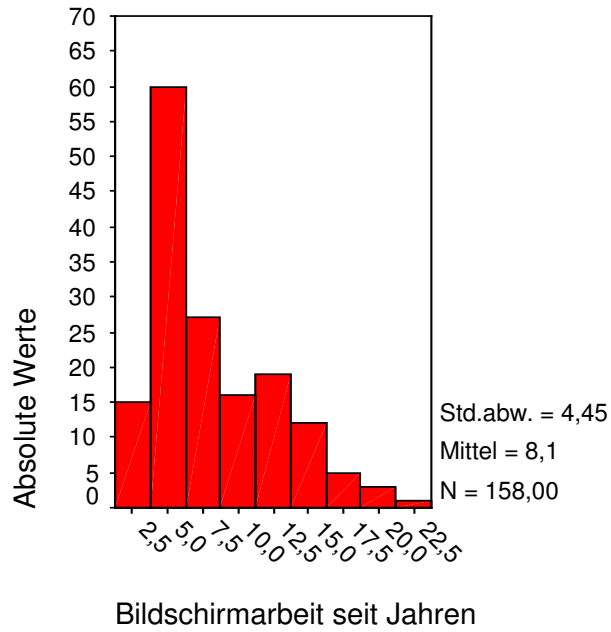


Abb. B/: Dauer der Tätigkeit am Bildschirmarbeitsplatz in Jahren (für Studiengruppe)

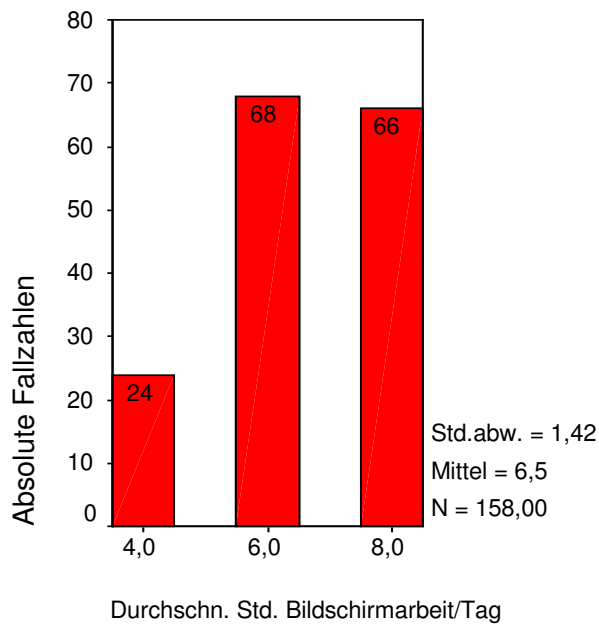


Abb. B8: Durchschnittliche Stunden Bildschirmarbeit/Tag in den letzten drei Jahren

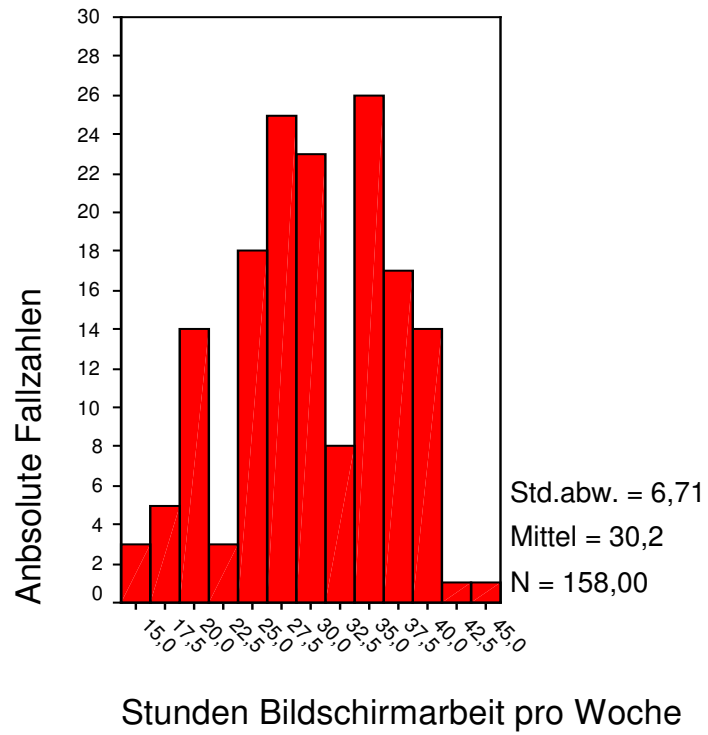


Abb. B9: Dauer der Bildschirmarbeit pro Woche in Stunden in der Studiengruppe

C) Fragebogen

*Universität Augsburg, Extraordinariat der Arbeits- und Berufswelt
in Kooperation mit: Fachhochschule Aalen, Studiengang Augenoptik und
Optik Degle GmbH, Augsburg*

Forschungsprojekt „Arbeit und Sehen“



Grafik: W. Wick

Dieser Fragebogen dient zur Erfassung Ihrer beruflichen Tätigkeit und Ihrer Beurteilung des Sehens am Arbeitsplatz. Er ist ein wichtiger Teil der Studie und ist zur Auswertung der Sehtest-Ergebnisse notwendig.

Die Daten dieses Fragebogens werden nur zum Zwecke dieser Studie verwendet, anonym ausgewertet und nicht an Dritte weitergegeben. Ein Rückschluss auf Ihre Person ist für Dritte nicht möglich.

Der vorausgegangene Sehtest ist unabhängig von einer Sehschärfenprüfung oder Brillenglasbestimmung und soll tätigkeitsbezogene Sehbeschwerden und Wahrnehmungsdefizite aufdecken. Die Ergebnisse fließen in eine Studie zur tätigkeitsbezogenen visuellen Beanspruchung und deren Folgen auf das Sehen ein.

Bitte geben Sie den Fragebogen nach der Beantwortung der Fragen bei uns ab!

Für Rückfragen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung!

Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Ihr Stephan Degle

Messprotokoll

Datum

Zeit

Lfd. Nr.

Folgende Voraussetzungen muss der Proband für eine Teilnahme am Test erfüllen:

allgem. Einschlusskriterien:

- Alter 20 bis einschließlich 43 Jahre
- Mehr als 3 Jahre im gleichen Beruf/Arbeitstyp
- Keine systemischen Erkrankungen/Augenerkrankungen/medikamentöse Beeinflussung des Sehens
- Die beiden vorausgegangenen Tage entsprechen normalen Arbeitstagen.
- Die letzten 2 Wochen entsprachen Arbeitswochen ohne Urlaub o.ä.
- Keine außerberufliche Tätigkeit am Bildschirm, die 0,5h/Tag übersteigt.

G37-Test:

VccFR $\geq 0,8$
 VccFL $\geq 0,8$
 VccFBIN $\geq 0,8$

Sphärisches Äquivalent:

Dpt

VccNBIN $\geq 0,8$

Ishihara alles erkannt

- Brille
- Kontaktlinsen
- Keine Sehhilfe

PhorieFH o.B.

PhorieFV o.B.

PhorieFH o.B.

PhorieFV o.B.

Stereo $\geq 160''$ ("9 vor 6" erkannt)

Durchführung der weiteren Tests nur, wenn alle Einschlusskriterien erfüllt!

Kontrast

A
 B
 C
 D
 E

Farbe

Hue 85-21
 Hue 22-42
 Hue 43-63
 Hue 64-84

Gesichtsfeld

R
 L

Akkommodations-Motilität

Zyklen/Min

Dynamik

Punktnummer

Stereo

Ferne
 Nähe

Form/Vorstellungsvermögen

1.
 2.
 3.
 4.
 5.

Bemerkungen:

--	--

Fragebogen "Arbeit und Sehen"

Datum Zeit Lfd. Nr.

Allgemeine Angaben zur Person:

Ihr Geschlecht männlich weiblich

Ihr Alter Jahre

Ihr Schulabschluss Ohne Hauptschule Mittl. Reife (Fach)Abitur Hochschule Keine Angabe

Ihre Berufsausbildung Keine Lehre Studium

Ein paar Fragen zu Ihrer beruflichen Tätigkeit:

Beschreiben Sie bitte kurz Ihre berufliche Tätigkeit:

Ihre Berufsbezeichnung

Ihr Aufgabenbereich

Ihre wöchentliche Arbeitszeit Stunden

Bitte kreuzen den Typ Ihrer Tätigkeit an:

- Datenerfassung und -verwaltung - Eingabe von Daten (z.B. Datenbanksysteme, Auftragserfassung)
- Datenakquise und -analyse am Bildschirm - Ablesen vom Bildschirm (z.B. Statistiken, Grafiken erstellen)
- Textverarbeitung
- Programmierung
- CAD - Computer Aided Design
- Ein Gemisch aus o.g. Aufgaben, wobei jede Aufgabe weniger als 50% Anteil hat.
- Andere Aufgaben am PC

- Konventionelle Büroarbeit (weniger als 0,5 Stunden pro Tag Tätigkeit am PC)
- Handwerk
Art des ausgeübten Handwerks:
- Berufskraftfahrer: Art:

Ist Ihrer Meinung nach Ihr Arbeitsplatz so eingerichtet, dass er Ihnen ein sicheres und angenehmes Arbeiten ermöglicht und aktuellen ergonomischen Standards entspricht? ja nein

Sehen Sie einen Verbesserungsbedarf hinsichtlich des Sehens bei Ihrer Arbeit? ja nein

Nur für Bildschirmtätigkeiten, sonst weiter auf Seite 2:

Ihre tägliche Arbeitszeit am Bildschirm in den letzten drei Jahren ca. 4 Stunden ca. 6 Stunden ca. 8 Stunden

Ihre wöchentliche Arbeitszeit am Bildschirm Stunden

Wie lange arbeiten Sie bereits in o.g. Aufgabenbereich? Jahre

Wie lange arbeiten Sie bereits an einem computergestützten Arbeitsplatz? Jahre

Ermöglicht Ihnen Ihre Tätigkeit, Arbeitsunterbrechungen (Kurzpausen von 5 bis 10 min) am Bildschirm? ja nein

Können Sie Ihre Arbeitspausen selbst einteilen? ja nein

Führen Sie allgemeine Entspannungsübungen am Arbeitsplatz durch? ja nein

Führen Sie Augen-Entspannungsübungen am Arbeitsplatz durch? ja nein

Ein paar Fragen zum Sehen:

Welche der folgenden Belastungen und Beschwerden, die Sie ausschließlich auf Ihre Arbeit zurückführen, treten bei Ihnen während/nach der Arbeit auf?
(Mehrfachnennungen möglich!)

Blendung	<input type="radio"/>	Rote Augen	<input type="radio"/>
Reflexionen	<input type="radio"/>	Ermüdung der Augen	<input type="radio"/>
Verschwommenes Sehen/Unschärfe	<input type="radio"/>	Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen	<input type="radio"/>
Kontrastarmes Bild	<input type="radio"/>	Trockene Augen	<input type="radio"/>
Fimmern des Bildes	<input type="radio"/>	Doppelbilder	<input type="radio"/>
Schaukeln des Bildes	<input type="radio"/>	Blendempfindlichkeit	<input type="radio"/>
Brennen/Jucken der Augen	<input type="radio"/>	Probleme beim Nachtsehen	<input type="radio"/>
Tränen der Augen	<input type="radio"/>	Kopfschmerzen	<input type="radio"/>

Erstellen Sie bei den letzten beiden Fragen bitte ein "Profil" Ihres Sehens/Ihrer Wahrnehmung:

Wie treffen die folgenden Eigenschaften auf das Sehen bei Ihrer Arbeitstätigkeit Ihrer Meinung nach zu?

	sehr zutreffend		weder noch		sehr zutreffend		
anstrengend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	entspannt
stimmungsvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	empfindungslos
harmonisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unausgeglichen
sachlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	emotional
variationsreich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	monoton
ermüdend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	erfrischend
kontinuierlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sprunghaft
starre, fixierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	dynamisch, umherschweifend
quantitativ registrierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	qualitativ beurteilend
langweilig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	spannend
natürlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unnatürlich
detailorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ganzheitlich

Stellen Sie sich nun folgende Situation vor:

Sie befinden sich in freier Natur, sitzen auf einer Parkbank und betrachten die Landschaft.
Bitte beurteilen Sie das Sehen nochmals in dieser Situation.

Wie treffen die folgenden Eigenschaften auf das Sehen in dieser Situation zu?

	sehr zutreffend		weder noch		sehr zutreffend		
anstrengend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	entspannt
stimmungsvoll	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	empfindungslos
harmonisch	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unausgeglichen
sachlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	emotional
variationsreich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	monoton
ermüdend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	erfrischend
kontinuierlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	sprunghaft
starre, fixierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	dynamisch, umherschweifend
quantitativ registrierend	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	qualitativ beurteilend
langweilig	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	spannend
natürlich	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	unnatürlich
detailorientiert	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	ganzheitlich

Sie haben es geschafft! - Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

D Statistische Auswertungen

zu 3.4.1 Kontrastsehen

Gruppenstatistiken

	SG-KG	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
A	SG	158	5,89	,512	,041
	KG	163	5,98	,593	,046
B	SG	158	6,12	,522	,041
	KG	163	6,98	,509	,040
C	SG	158	5,62	,683	,054
	KG	163	6,88	,537	,042
D	SG	158	4,77	,724	,058
	KG	163	5,77	,504	,039
E	SG	158	3,75	,597	,047
	KG	163	4,37	,746	,058

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
A	Varianzen sind gleich	,219	,640	-1,440	319	,151	-,09	,062	-,211	,033
	Varianzen sind nicht gleich			-1,444	314,871	,150	-,09	,062	-,211	,032
B	Varianzen sind gleich	3,257	,072	-14,873	319	,000	-,86	,057	-,968	-,742
	Varianzen sind nicht gleich			-14,867	317,984	,000	-,86	,058	-,968	-,742
C	Varianzen sind gleich	33,770	,000	-18,448	319	,000	-1,26	,068	-1,398	-1,128
	Varianzen sind nicht gleich			-18,380	297,997	,000	-1,26	,069	-1,398	-1,128
D	Varianzen sind gleich	20,866	,000	-14,412	319	,000	-1,00	,069	-1,138	-,864
	Varianzen sind nicht gleich			-14,334	279,336	,000	-1,00	,070	-1,139	-,864
E	Varianzen sind gleich	15,448	,000	-8,305	319	,000	-,63	,076	-,776	-,479
	Varianzen sind nicht gleich			-8,334	307,946	,000	-,63	,075	-,776	-,479

zu 3.4.2 Farbunterscheidungsvermögen

Test der Homogenität der Varianzen

	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
Hue 85-21	2,888	3	317	,036
Hue 22-42	4,382	3	317	,005
Hue 43-63	17,831	3	317	,000
Hue 64-84	14,324	3	317	,000
Hue gesamt	8,256	3	317	,000

ONEWAY ANOVA

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Hue 85-21	Zwischen den Gruppen	382,852	3	127,617	5,228	,002
	Innerhalb der Gruppen	7738,351	317	24,411		
	Gesamt	8121,202	320			
Hue 22-42	Zwischen den Gruppen	1529,265	3	509,755	19,122	,000
	Innerhalb der Gruppen	8450,642	317	26,658		
	Gesamt	9979,907	320			
Hue 43-63	Zwischen den Gruppen	1428,158	3	476,053	27,985	,000
	Innerhalb der Gruppen	5392,577	317	17,011		
	Gesamt	6820,735	320			
Hue 64-84	Zwischen den Gruppen	1770,703	3	590,234	36,816	,000
	Innerhalb der Gruppen	5082,212	317	16,032		
	Gesamt	6852,916	320			
Hue gesamt	Zwischen den Gruppen	16347,477	3	5449,159	60,336	,000
	Innerhalb der Gruppen	28629,333	317	90,313		
	Gesamt	44976,810	320			

Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte

		Statistik ^a	df1	df2	Sig.
Hue 85-21	Welch-Test	10,227	3	85,622	,000
Hue 22-42	Welch-Test	21,236	3	86,194	,000
Hue 43-63	Welch-Test	28,296	3	90,096	,000
Hue 64-84	Welch-Test	36,052	3	79,040	,000
Hue gesamt	Welch-Test	63,291	3	86,736	,000

a. Asymptotisch F-verteilt

zu 3.4.3 Gesichtsfeld

Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte

Gesichtsfeld gesamt

	Statistik ^a	df1	df2	Sig.
Welch-Test	69,757	1	293,504	,000

a. Asymptotisch F-verteilt

Deskriptive Statistiken

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Minimum	Maximum
Gesichtsfeld gesamt	321	180,919	4,6576	167,0	192,0
Gruppe	321	2,03	1,104	1	4

Kruskal-Wallis-H Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang
Gesichtsfeld gesamt	SG	158	121,77
	KG1	27	187,63
	KG2	104	185,78
	KG3	32	251,69
	Gesamt	321	

Statistik für Test^{a,b}

	Gesichtsfeld gesamt
Chi-Quadrat	68,807
df	3
Asymptotische Signifikanz	,000

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Gruppe

zu 3.4.4 Blickbewegungen

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

SG-KG		erreichter Punktwert
SG	N	158
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert Standardabweichung
		2,70 1,270
	Extremste Differenzen	Absolut Positiv Negativ
		,183 ,183 -,165
	Kolmogorov-Smirnov-Z	2,298
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000
KG	N	163
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert Standardabweichung
		3,44 1,436
	Extremste Differenzen	Absolut Positiv Negativ
		,147 ,147 -,129
	Kolmogorov-Smirnov-Z	1,874
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,002

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
b. Aus den Daten berechnet.

Gruppenstatistiken

	SG-KG	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
erreichter Punktwert	SG	158	2,70	1,270	,101
	KG	163	3,44	1,436	,112

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
erreichter Punktwert	Varianzen sind gleich Varianzen sind nicht gleich	4,179	,042	-4,880	319	,000	-,74	,152	-1,037	-,441
				-4,889	316,389	,000	-,74	,151	-1,037	-,442

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

Gruppe			erreichter Punktwert
SG	N		158
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	2,70
		Standardabweichung	1,270
	Extremste Differenzen	Absolut	,183
		Positiv	,183
		Negativ	-,165
	Kolmogorov-Smirnov-Z		2,298
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,000	
KG1	N		27
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	3,30
		Standardabweichung	1,514
	Extremste Differenzen	Absolut	,160
		Positiv	,137
		Negativ	-,160
	Kolmogorov-Smirnov-Z		,833
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,491	
KG2	N		104
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	3,37
		Standardabweichung	1,462
	Extremste Differenzen	Absolut	,176
		Positiv	,176
		Negativ	-,151
	Kolmogorov-Smirnov-Z		1,791
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,003	
KG3	N		32
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	3,78
		Standardabweichung	1,263
	Extremste Differenzen	Absolut	,194
		Positiv	,119
		Negativ	-,194
	Kolmogorov-Smirnov-Z		1,096
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,181	

- a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.
 b. Aus den Daten berechnet.

Kruskal-Wallis-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang
erreichter Punktwert	SG	158	135,31
	KG1	27	176,85
	KG2	104	181,30
	KG3	32	208,48
	Gesamt	321	

Statistik für Test^{a,b}

	erreichter Punktwert
Chi-Quadrat	27,599
df	3
Asymptotische Signifikanz	,000

- a. Kruskal-Wallis-Test
 b. Gruppenvariable: Gruppe

zu 3.4.5.1 Motilität der Akkommodation und Konvergenz

Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest

SG-KG		Zyklen/min	
SG	N		158
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	21,81
		Standardabweichung	2,186
	Extremste Differenzen	Absolut	,168
		Positiv	,124
		Negativ	-,168
	Kolmogorov-Smirnov-Z		2,106
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,000
KG	N		163
	Parameter der Normalverteilung ^{a,b}	Mittelwert	22,62
		Standardabweichung	2,242
	Extremste Differenzen	Absolut	,121
		Positiv	,087
		Negativ	-,121
	Kolmogorov-Smirnov-Z		1,547
	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)		,017

a. Die zu testende Verteilung ist eine Normalverteilung.

b. Aus den Daten berechnet.

Gruppenstatistiken

	SG-KG	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Zyklen/min	SG	158	21,81	2,186	,174
	KG	163	22,62	2,242	,176

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit						
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz	
									Untere	Obere
Zyklen/min	Varianzen sind gleich	1,307	,254	-3,274	319	,001	-,81	,247	-1,296	-,323
	Varianzen sind nicht gleich			-3,275	318,989	,001	-,81	,247	-1,296	-,323

ONEWAY ANOVA

erreichter Punktwert

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	43,861	1	43,861	23,816	,000
Innerhalb der Gruppen	587,491	319	1,842		
Gesamt	631,352	320			

Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte

erreichter Punktwert

	Statistik ^a	df1	df2	Sig.
Welch-Test	23,907	1	316,389	,000

a. Asymptotisch F-verteilt

zu 3.4.5.2 Objektive Fernrefraktion

Gruppenstatistiken

	SG-KG	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler des Mittelwertes
Sphärisches Äquivalent	SG	158	-1,3354	1,73361	,13792
	KG	163	-,1196	1,44427	,11312

Test bei unabhängigen Stichproben

		Levene-Test der Varianzgleichheit		T-Test für die Mittelwertgleichheit							
		F	Signifikanz	T	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz	95% Konfidenzintervall der Differenz		
										Untere	Obere
Sphärisches Äquivalent	Varianzen sind gleich	5,926	,015	-6,835	319	,000	-1,2158	,17787	-1,56577	-,86586	
	Varianzen sind nicht gleich			-6,816	305,363	,000	-1,2158	,17838	-1,56682	-,86481	

zu 3.4.6 Räumliches Sehen

Kruskal-Wallis-H-Test

Ränge

	Gruppe	N	Mittlerer Rang
Sterosehen Ferne	SG	158	186,99
	KG1	27	129,11
	KG2	104	146,19
	KG3	32	107,72
	Gesamt	321	
Stereosehen Nähe	SG	158	172,20
	KG1	27	155,19
	KG2	104	166,62
	KG3	32	92,36
	Gesamt	321	

Statistik für Test^{a,b}

	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Chi-Quadrat	35,305	24,124
df	3	3
Asymptotische Signifikanz	,000	,000

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Gruppe

Mediantest

Häufigkeiten

		Gruppe			
		SG	KG1	KG2	KG3
Sterosehen Ferne	> Median	104	8	42	6
	< = Median	54	19	62	26
Stereosehen Nähe	> Median	37	5	26	1
	< = Median	121	22	78	31

Statistik für Test^c

	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
N	321	321
Median	,00	1,00
Chi-Quadrat	36,648 ^a	7,644 ^b
df	3	3
Asymptotische Signifikanz	,000	,054

- a. Bei 0 Zellen (,0%) werden weniger als 5 Häufigkeiten erwartet. Die kleinste erwartete Zellenhäufigkeit ist 13,5.
- b. Bei 0 Zellen (,0%) werden weniger als 5 Häufigkeiten erwartet. Die kleinste erwartete Zellenhäufigkeit ist 5,8.
- c. Gruppenvariable: Gruppe

Mann-Whitney-U-Test

Ränge

	SG-KG	N	Mittlerer Rang	Rangsumme
Sterosehen Ferne	SG	158	186,99	29544,00
	KG	163	135,81	22137,00
	Gesamt	321		
Stereosehen Nähe	SG	158	172,20	27207,50
	KG	163	150,14	24473,50
	Gesamt	321		

Statistik für Test^a

	Sterosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Mann-Whitney-U	8771,000	11107,500
Wilcoxon-W	22137,000	24473,500
Z	-5,472	-2,321
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,000	,020

- a. Gruppenvariable: SG-KG

zu 3.4.7 Wahrnehmungspräferenz

NENN1 * SG-KG Kreuztabelle

			SG-KG		Gesamt
			SG	KG	
NENN1	Meer/Wasser	Anzahl	20	18	38
		Erwartete Anzahl	18,7	19,3	38,0
		% von NENN1	52,6%	47,4%	100,0%
		% von SG-KG	12,7%	11,0%	11,8%
		% der Gesamtzahl	6,2%	5,6%	11,8%
	Sonne	Anzahl	7	12	19
		Erwartete Anzahl	9,4	9,6	19,0
		% von NENN1	36,8%	63,2%	100,0%
		% von SG-KG	4,4%	7,4%	5,9%
		% der Gesamtzahl	2,2%	3,7%	5,9%
	Strand/Sand	Anzahl	18	32	50
		Erwartete Anzahl	24,6	25,4	50,0
		% von NENN1	36,0%	64,0%	100,0%
		% von SG-KG	11,4%	19,6%	15,6%
		% der Gesamtzahl	5,6%	10,0%	15,6%
	Frau	Anzahl	19	27	46
		Erwartete Anzahl	22,6	23,4	46,0
		% von NENN1	41,3%	58,7%	100,0%
		% von SG-KG	12,0%	16,6%	14,3%
		% der Gesamtzahl	5,9%	8,4%	14,3%
	Blauer Himmel	Anzahl	17	31	48
		Erwartete Anzahl	23,6	24,4	48,0
		% von NENN1	35,4%	64,6%	100,0%
		% von SG-KG	10,8%	19,0%	15,0%
		% der Gesamtzahl	5,3%	9,7%	15,0%
	Palmen	Anzahl	1	3	4
		Erwartete Anzahl	2,0	2,0	4,0
		% von NENN1	25,0%	75,0%	100,0%
		% von SG-KG	,6%	1,8%	1,2%
		% der Gesamtzahl	,3%	,9%	1,2%
	Temperatur	Anzahl	42	24	66
		Erwartete Anzahl	32,5	33,5	66,0
		% von NENN1	63,6%	36,4%	100,0%
		% von SG-KG	26,6%	14,7%	20,6%
		% der Gesamtzahl	13,1%	7,5%	20,6%
	Wolken	Anzahl	11	7	18
		Erwartete Anzahl	8,9	9,1	18,0
		% von NENN1	61,1%	38,9%	100,0%
		% von SG-KG	7,0%	4,3%	5,6%
		% der Gesamtzahl	3,4%	2,2%	5,6%
	Landkarte	Anzahl	11	5	16
		Erwartete Anzahl	7,9	8,1	16,0
		% von NENN1	68,8%	31,3%	100,0%
		% von SG-KG	7,0%	3,1%	5,0%
		% der Gesamtzahl	3,4%	1,6%	5,0%
	Papierkorb	Anzahl	9	1	10
		Erwartete Anzahl	4,9	5,1	10,0
		% von NENN1	90,0%	10,0%	100,0%
		% von SG-KG	5,7%	,6%	3,1%
		% der Gesamtzahl	2,8%	,3%	3,1%
	Sonstiges	Anzahl	3	3	6
		Erwartete Anzahl	3,0	3,0	6,0
		% von NENN1	50,0%	50,0%	100,0%
		% von SG-KG	1,9%	1,8%	1,9%
		% der Gesamtzahl	,9%	,9%	1,9%
Gesamt		Anzahl	158	163	321
		Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0
		% von NENN1	49,2%	50,8%	100,0%
		% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%
		% der Gesamtzahl	49,2%	50,8%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	26,192 ^a	10	,003
Likelihood-Quotient	27,455	10	,002
Zusammenhang linear-mit-linear	10,693	1	,001
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 5 Zellen (22,7%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,97.

NENN2 * SG-KG Kreuztabelle

			SG-KG		Gesamt
			SG	KG	
NENN2	Meer/Wasser	Anzahl	13	20	33
		Erwartete Anzahl	16,2	16,8	33,0
		% von NENN2	39,4%	60,6%	100,0%
		% von SG-KG	8,2%	12,3%	10,3%
		% der Gesamtzahl	4,0%	6,2%	10,3%
	Sonne	Anzahl	6	18	24
		Erwartete Anzahl	11,8	12,2	24,0
		% von NENN2	25,0%	75,0%	100,0%
		% von SG-KG	3,8%	11,0%	7,5%
		% der Gesamtzahl	1,9%	5,6%	7,5%
	Strand/Sand	Anzahl	28	35	63
		Erwartete Anzahl	31,0	32,0	63,0
		% von NENN2	44,4%	55,6%	100,0%
		% von SG-KG	17,7%	21,5%	19,6%
		% der Gesamtzahl	8,7%	10,9%	19,6%
	Frau	Anzahl	11	31	42
		Erwartete Anzahl	20,7	21,3	42,0
		% von NENN2	26,2%	73,8%	100,0%
		% von SG-KG	7,0%	19,0%	13,1%
		% der Gesamtzahl	3,4%	9,7%	13,1%
Blauer Himmel	Anzahl	13	18	31	
	Erwartete Anzahl	15,3	15,7	31,0	
	% von NENN2	41,9%	58,1%	100,0%	
	% von SG-KG	8,2%	11,0%	9,7%	
	% der Gesamtzahl	4,0%	5,6%	9,7%	
Palmen	Anzahl	7	5	12	
	Erwartete Anzahl	5,9	6,1	12,0	
	% von NENN2	58,3%	41,7%	100,0%	
	% von SG-KG	4,4%	3,1%	3,7%	
	% der Gesamtzahl	2,2%	1,6%	3,7%	
Temperatur	Anzahl	33	14	47	
	Erwartete Anzahl	23,1	23,9	47,0	
	% von NENN2	70,2%	29,8%	100,0%	
	% von SG-KG	20,9%	8,6%	14,6%	
	% der Gesamtzahl	10,3%	4,4%	14,6%	
Wolken	Anzahl	29	14	43	
	Erwartete Anzahl	21,2	21,8	43,0	
	% von NENN2	67,4%	32,6%	100,0%	
	% von SG-KG	18,4%	8,6%	13,4%	
	% der Gesamtzahl	9,0%	4,4%	13,4%	
Landkarte	Anzahl	11	1	12	
	Erwartete Anzahl	5,9	6,1	12,0	
	% von NENN2	91,7%	8,3%	100,0%	
	% von SG-KG	7,0%	,6%	3,7%	
	% der Gesamtzahl	3,4%	,3%	3,7%	
Papierkorb	Anzahl	5	3	8	
	Erwartete Anzahl	3,9	4,1	8,0	
	% von NENN2	62,5%	37,5%	100,0%	
	% von SG-KG	3,2%	1,8%	2,5%	
	% der Gesamtzahl	1,6%	,9%	2,5%	
Sonstiges	Anzahl	2	4	6	
	Erwartete Anzahl	3,0	3,0	6,0	
	% von NENN2	33,3%	66,7%	100,0%	
	% von SG-KG	1,3%	2,5%	1,9%	
	% der Gesamtzahl	,6%	1,2%	1,9%	
Gesamt	Anzahl	158	163	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0	
	% von NENN2	49,2%	50,8%	100,0%	
	% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	49,2%	50,8%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	41,272 ^a	10	,000
Likelihood-Quotient	43,728	10	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	21,775	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 4 Zellen (18,2%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,95.

NENN3 * SG-KG Kreuztabelle

			SG-KG		Gesamt
			SG	KG	
NENN3	Meer/Wasser	Anzahl	6	19	25
		Erwartete Anzahl	12,3	12,7	25,0
		% von NENN3	24,0%	76,0%	100,0%
		% von SG-KG	3,8%	11,7%	7,8%
	Sonne	Anzahl	5	30	35
		Erwartete Anzahl	17,2	17,8	35,0
		% von NENN3	14,3%	85,7%	100,0%
		% von SG-KG	3,2%	18,4%	10,9%
	Strand/Sand	Anzahl	9	27	36
		Erwartete Anzahl	17,7	18,3	36,0
		% von NENN3	25,0%	75,0%	100,0%
		% von SG-KG	5,7%	16,6%	11,2%
	Frau	Anzahl	14	28	42
		Erwartete Anzahl	20,7	21,3	42,0
		% von NENN3	33,3%	66,7%	100,0%
		% von SG-KG	8,9%	17,2%	13,1%
	Blauer Himmel	Anzahl	12	24	36
		Erwartete Anzahl	17,7	18,3	36,0
		% von NENN3	33,3%	66,7%	100,0%
		% von SG-KG	7,6%	14,7%	11,2%
	Palmen	Anzahl	7	8	15
		Erwartete Anzahl	7,4	7,6	15,0
		% von NENN3	46,7%	53,3%	100,0%
		% von SG-KG	4,4%	4,9%	4,7%
	Temperatur	Anzahl	33	12	45
		Erwartete Anzahl	22,1	22,9	45,0
		% von NENN3	73,3%	26,7%	100,0%
		% von SG-KG	20,9%	7,4%	14,0%
	Wolken	Anzahl	33	10	43
		Erwartete Anzahl	21,2	21,8	43,0
		% von NENN3	76,7%	23,3%	100,0%
		% von SG-KG	20,9%	6,1%	13,4%
	Landkarte	Anzahl	26	3	29
		Erwartete Anzahl	14,3	14,7	29,0
		% von NENN3	89,7%	10,3%	100,0%
		% von SG-KG	16,5%	1,8%	9,0%
	Papierkorb	Anzahl	13	2	15
		Erwartete Anzahl	7,4	7,6	15,0
		% von NENN3	86,7%	13,3%	100,0%
		% von SG-KG	8,2%	1,2%	4,7%
Gesamt		Anzahl	158	163	321
		Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0
		% von NENN3	49,2%	50,8%	100,0%
		% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%
		Anzahl	158	163	321
		Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0
		% von NENN3	49,2%	50,8%	100,0%
		% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	90,705 ^a	9	,000
Likelihood-Quotient	98,243	9	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	82,749	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,38.

NENN4 * SG-KG Kreuztabelle

			SG-KG		Gesamt
			SG	KG	
NENN4	Meer/Wasser	Anzahl	16	21	37
		Erwartete Anzahl	18,2	18,8	37,0
		% von NENN4	43,2%	56,8%	100,0%
		% von SG-KG	10,1%	12,9%	11,5%
		% der Gesamtzahl	5,0%	6,5%	11,5%
	Sonne	Anzahl	4	25	29
		Erwartete Anzahl	14,3	14,7	29,0
		% von NENN4	13,8%	86,2%	100,0%
		% von SG-KG	2,5%	15,3%	9,0%
		% der Gesamtzahl	1,2%	7,8%	9,0%
	Strand/Sand	Anzahl	4	29	33
		Erwartete Anzahl	16,2	16,8	33,0
		% von NENN4	12,1%	87,9%	100,0%
		% von SG-KG	2,5%	17,8%	10,3%
		% der Gesamtzahl	1,2%	9,0%	10,3%
	Frau	Anzahl	6	23	29
		Erwartete Anzahl	14,3	14,7	29,0
		% von NENN4	20,7%	79,3%	100,0%
		% von SG-KG	3,8%	14,1%	9,0%
		% der Gesamtzahl	1,9%	7,2%	9,0%
Blauer Himmel	Anzahl	15	16	31	
	Erwartete Anzahl	15,3	15,7	31,0	
	% von NENN4	48,4%	51,6%	100,0%	
	% von SG-KG	9,5%	9,8%	9,7%	
	% der Gesamtzahl	4,7%	5,0%	9,7%	
Palmen	Anzahl	7	7	14	
	Erwartete Anzahl	6,9	7,1	14,0	
	% von NENN4	50,0%	50,0%	100,0%	
	% von SG-KG	4,4%	4,3%	4,4%	
	% der Gesamtzahl	2,2%	2,2%	4,4%	
Temperatur	Anzahl	21	17	38	
	Erwartete Anzahl	18,7	19,3	38,0	
	% von NENN4	55,3%	44,7%	100,0%	
	% von SG-KG	13,3%	10,4%	11,8%	
	% der Gesamtzahl	6,5%	5,3%	11,8%	
Wolken	Anzahl	32	17	49	
	Erwartete Anzahl	24,1	24,9	49,0	
	% von NENN4	65,3%	34,7%	100,0%	
	% von SG-KG	20,3%	10,4%	15,3%	
	% der Gesamtzahl	10,0%	5,3%	15,3%	
Landkarte	Anzahl	26	5	31	
	Erwartete Anzahl	15,3	15,7	31,0	
	% von NENN4	83,9%	16,1%	100,0%	
	% von SG-KG	16,5%	3,1%	9,7%	
	% der Gesamtzahl	8,1%	1,6%	9,7%	
Papierkorb	Anzahl	25	2	27	
	Erwartete Anzahl	13,3	13,7	27,0	
	% von NENN4	92,6%	7,4%	100,0%	
	% von SG-KG	15,8%	1,2%	8,4%	
	% der Gesamtzahl	7,8%	,6%	8,4%	
Sonstiges	Anzahl	2	1	3	
	Erwartete Anzahl	1,5	1,5	3,0	
	% von NENN4	66,7%	33,3%	100,0%	
	% von SG-KG	1,3%	,6%	,9%	
	% der Gesamtzahl	,6%	,3%	,9%	
Gesamt	Anzahl	158	163	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0	
	% von NENN4	49,2%	50,8%	100,0%	
	% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	49,2%	50,8%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	83,927 ^a	10	,000
Likelihood-Quotient	93,753	10	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	60,234	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 2 Zellen (9,1%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,48.

NENN5 * SG-KG Kreuztabelle

			SG-KG		Gesamt
			SG	KG	
NENN5	Meer/Wasser	Anzahl	21	23	44
		Erwartete Anzahl	21,7	22,3	44,0
		% von NENN5	47,7%	52,3%	100,0%
		% von SG-KG	13,3%	14,1%	13,7%
		% der Gesamtzahl	6,5%	7,2%	13,7%
	Sonne	Anzahl	19	15	34
		Erwartete Anzahl	16,7	17,3	34,0
		% von NENN5	55,9%	44,1%	100,0%
		% von SG-KG	12,0%	9,2%	10,6%
		% der Gesamtzahl	5,9%	4,7%	10,6%
	Strand/Sand	Anzahl	18	26	44
		Erwartete Anzahl	21,7	22,3	44,0
		% von NENN5	40,9%	59,1%	100,0%
		% von SG-KG	11,4%	16,0%	13,7%
		% der Gesamtzahl	5,6%	8,1%	13,7%
	Frau	Anzahl	6	18	24
		Erwartete Anzahl	11,8	12,2	24,0
		% von NENN5	25,0%	75,0%	100,0%
		% von SG-KG	3,8%	11,0%	7,5%
		% der Gesamtzahl	1,9%	5,6%	7,5%
Blauer Himmel	Anzahl	6	19	25	
	Erwartete Anzahl	12,3	12,7	25,0	
	% von NENN5	24,0%	76,0%	100,0%	
	% von SG-KG	3,8%	11,7%	7,8%	
	% der Gesamtzahl	1,9%	5,9%	7,8%	
Palmen	Anzahl	7	12	19	
	Erwartete Anzahl	9,4	9,6	19,0	
	% von NENN5	36,8%	63,2%	100,0%	
	% von SG-KG	4,4%	7,4%	5,9%	
	% der Gesamtzahl	2,2%	3,7%	5,9%	
Temperatur	Anzahl	10	23	33	
	Erwartete Anzahl	16,2	16,8	33,0	
	% von NENN5	30,3%	69,7%	100,0%	
	% von SG-KG	6,3%	14,1%	10,3%	
	% der Gesamtzahl	3,1%	7,2%	10,3%	
Wolken	Anzahl	17	7	24	
	Erwartete Anzahl	11,8	12,2	24,0	
	% von NENN5	70,8%	29,2%	100,0%	
	% von SG-KG	10,8%	4,3%	7,5%	
	% der Gesamtzahl	5,3%	2,2%	7,5%	
Landkarte	Anzahl	17	10	27	
	Erwartete Anzahl	13,3	13,7	27,0	
	% von NENN5	63,0%	37,0%	100,0%	
	% von SG-KG	10,8%	6,1%	8,4%	
	% der Gesamtzahl	5,3%	3,1%	8,4%	
Papierkorb	Anzahl	30	5	35	
	Erwartete Anzahl	17,2	17,8	35,0	
	% von NENN5	85,7%	14,3%	100,0%	
	% von SG-KG	19,0%	3,1%	10,9%	
	% der Gesamtzahl	9,3%	1,6%	10,9%	
Sonstiges	Anzahl	7	5	12	
	Erwartete Anzahl	5,9	6,1	12,0	
	% von NENN5	58,3%	41,7%	100,0%	
	% von SG-KG	4,4%	3,1%	3,7%	
	% der Gesamtzahl	2,2%	1,6%	3,7%	
Gesamt	Anzahl	158	163	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	163,0	321,0	
	% von NENN5	49,2%	50,8%	100,0%	
	% von SG-KG	100,0%	100,0%	100,0%	
	% der Gesamtzahl	49,2%	50,8%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	41,272 ^a	10	,000
Likelihood-Quotient	43,728	10	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	21,775	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 4 Zellen (18,2%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,95.

zu 3.5.1.1 Vergleich der Beschwerdeanzahl der einzelnen Gruppen

ONEWAY deskriptive Statistiken

Anzahl der Beschwerden

	N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
					Untergrenze	Obergrenze		
SG	158	5,59	2,050	,163	5,27	5,92	0	13
KG1	27	1,37	1,418	,273	,81	1,93	0	5
KG2	104	1,01	1,704	,167	,68	1,34	0	9
KG3	32	1,28	1,746	,309	,65	1,91	0	8
Gesamt	321	3,32	2,912	,163	3,00	3,64	0	13

Test der Homogenität der Varianzen

Anzahl der Beschwerden

Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
5,038	3	317	,002

ONEWAY ANOVA

Anzahl der Beschwerden

	Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Zwischen den Gruppen	1608,474	3	536,158	153,696	,000
Innerhalb der Gruppen	1105,831	317	3,488		
Gesamt	2714,305	320			

Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte

Anzahl der Beschwerden

	Statistik ^a	df1	df2	Sig.
Welch-Test	150,808	3	82,597	,000

a. Asymptotisch F-verteilt

zu 3.5.1.2.1 Blendung

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Blendung	nein	Anzahl	99	25	93	26	243
		Erwartete Anzahl	119,6	20,4	78,7	24,2	243,0
		% von Gruppe	62,7%	92,6%	89,4%	81,3%	75,7%
	ja	Anzahl	59	2	11	6	78
		Erwartete Anzahl	38,4	6,6	25,3	7,8	78,0
		% von Gruppe	37,3%	7,4%	10,6%	18,8%	24,3%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	29,982 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	31,834	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	20,539	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,56.

zu 3.5.1.2.2 Reflexionen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Reflexionen	nein	Anzahl	149	25	94	26	294
		Erwartete Anzahl	144,7	24,7	95,3	29,3	294,0
		% von Gruppe	94,3%	92,6%	90,4%	81,3%	91,6%
	ja	Anzahl	9	2	10	6	27
		Erwartete Anzahl	13,3	2,3	8,7	2,7	27,0
		% von Gruppe	5,7%	7,4%	9,6%	18,8%	8,4%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	6,183 ^a	3	,103
Likelihood-Quotient	5,305	3	,151
Zusammenhang linear-mit-linear	4,909	1	,027
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 2 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,27.

zu 3.5.1.2.3 Flimmerndes Bild

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Flimmern	nein	Anzahl	143	27	102	31	303
		Erwartete Anzahl	149,1	25,5	98,2	30,2	303,0
		% von Gruppe	90,5%	100,0%	98,1%	96,9%	94,4%
	ja	Anzahl	15	0	2	1	18
		Erwartete Anzahl	8,9	1,5	5,8	1,8	18,0
		% von Gruppe	9,5%	,0%	1,9%	3,1%	5,6%
Gesamt		Anzahl	158	27	104	32	321
		Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0
		% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	9,152 ^a	3	,027
Likelihood-Quotient	10,859	3	,013
Zusammenhang linear-mit-linear	6,459	1	,011
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 2 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 1,51.

zu 3.5.1.2.4 Kontrastarmes Bild

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Kontrastarmes Bild	nein	Anzahl	105	21	88	30	244
		Erwartete Anzahl	120,1	20,5	79,1	24,3	244,0
		% von Gruppe	66,5%	77,8%	84,6%	93,8%	76,0%
	ja	Anzahl	53	6	16	2	77
		Erwartete Anzahl	37,9	6,5	24,9	7,7	77,0
		% von Gruppe	33,5%	22,2%	15,4%	6,3%	24,0%
Gesamt		Anzahl	158	27	104	32	321
		Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0
		% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	17,703 ^a	3	,001
Likelihood-Quotient	19,238	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	17,581	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,48.

zu 3.5.1.2.5 Blendempfindlichkeit

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Blendempfindlichkeit	nein	Anzahl	105	21	91	30	247
		Erwartete Anzahl	121,6	20,8	80,0	24,6	247,0
		% von Gruppe	66,5%	77,8%	87,5%	93,8%	76,9%
	ja	Anzahl	53	6	13	2	74
		Erwartete Anzahl	36,4	6,2	24,0	7,4	74,0
		% von Gruppe	33,5%	22,2%	12,5%	6,3%	23,1%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	21,437 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	23,093	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	21,161	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,22.

zu 3.5.1.2.6 Probleme beim Nachtsehen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Probleme beim Nachtsehen	nein	Anzahl	89	23	97	29	238
		Erwartete Anzahl	117,1	20,0	77,1	23,7	238,0
		% von Gruppe	56,3%	85,2%	93,3%	90,6%	74,1%
	ja	Anzahl	69	4	7	3	83
		Erwartete Anzahl	40,9	7,0	26,9	8,3	83,0
		% von Gruppe	43,7%	14,8%	6,7%	9,4%	25,9%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	52,250 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	56,580	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	45,800	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,98.

zu 3.5.1.2.7 Schaukelndes Bild

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Schaukelndes Bild	nein	Anzahl	132	27	100	31	290
		Erwartete Anzahl	142,7	24,4	94,0	28,9	290,0
		% von Gruppe	83,5%	100,0%	96,2%	96,9%	90,3%
	ja	Anzahl	26	0	4	1	31
		Erwartete Anzahl	15,3	2,6	10,0	3,1	31,0
		% von Gruppe	16,5%	,0%	3,8%	3,1%	9,7%
Gesamt		Anzahl	158	27	104	32	321
		Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0
		% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	16,847 ^a	3	,001
Likelihood-Quotient	19,719	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	12,888	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 2 Zellen (25,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 2,61.

zu 3.5.1.2.8 Doppelbilder

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Doppelbilder	nein	Anzahl	157	27	102	32	318
		Erwartete Anzahl	156,5	26,7	103,0	31,7	318,0
		% von Gruppe	99,4%	100,0%	98,1%	100,0%	99,1%
	ja	Anzahl	1	0	2	0	3
		Erwartete Anzahl	1,5	,3	1,0	,3	3,0
		% von Gruppe	,6%	,0%	1,9%	,0%	,9%
Gesamt		Anzahl	158	27	104	32	321
		Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0
		% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	1,810 ^a	3	,613
Likelihood-Quotient	2,124	3	,547
Zusammenhang linear-mit-linear	,227	1	,634
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 4 Zellen (50,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,25.

zu 3.5.1.2.9 Brennen/Jucken

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Brennen/Jucken	nein	Anzahl	85	25	98	28	236
		Erwartete Anzahl	116,2	19,9	76,5	23,5	236,0
		% von Gruppe	53,8%	92,6%	94,2%	87,5%	73,5%
	ja	Anzahl	73	2	6	4	85
		Erwartete Anzahl	41,8	7,1	27,5	8,5	85,0
		% von Gruppe	46,2%	7,4%	5,8%	12,5%	26,5%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	62,741 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	68,713	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	49,939	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,15.

zu 3.5.1.2.10 Trockene Augen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Trockene Augen	nein	Anzahl	75	25	96	29	225
		Erwartete Anzahl	110,7	18,9	72,9	22,4	225,0
		% von Gruppe	47,5%	92,6%	92,3%	90,6%	70,1%
	ja	Anzahl	83	2	8	3	96
		Erwartete Anzahl	47,3	8,1	31,1	9,6	96,0
		% von Gruppe	52,5%	7,4%	7,7%	9,4%	29,9%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	76,020 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	82,457	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	63,246	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,07.

zu 3.5.1.2.11 Tränen der Augen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Tränen der Augen	nein	Anzahl	100	23	96	32	251
		Erwartete Anzahl	123,5	21,1	81,3	25,0	251,0
		% von Gruppe	63,3%	85,2%	92,3%	100,0%	78,2%
	ja	Anzahl	58	4	8	0	70
		Erwartete Anzahl	34,5	5,9	22,7	7,0	70,0
		% von Gruppe	36,7%	14,8%	7,7%	,0%	21,8%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	42,426 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	49,904	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	40,849	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,89.

zu 3.5.1.2.12 Rötung der Augen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Rote Augen	nein	Anzahl	89	25	98	30	242
		Erwartete Anzahl	119,1	20,4	78,4	24,1	242,0
		% von Gruppe	56,3%	92,6%	94,2%	93,8%	75,4%
	ja	Anzahl	69	2	6	2	79
		Erwartete Anzahl	38,9	6,6	25,6	7,9	79,0
		% von Gruppe	43,7%	7,4%	5,8%	6,3%	24,6%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	60,957 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	66,650	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	52,083	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 6,64.

zu 3.5.1.2.13 Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen	nein	Anzahl	73	27	104	31	235
		Erwartete Anzahl	115,7	19,8	76,1	23,4	235,0
		% von Gruppe	46,2%	100,0%	100,0%	96,9%	73,2%
	ja	Anzahl	85	0	0	1	86
		Erwartete Anzahl	42,3	7,2	27,9	8,6	86,0
		% von Gruppe	53,8%	,0%	,0%	3,1%	26,8%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	115,831 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	146,090	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	95,746	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 7,23.

zu 3.5.1.2.14 Unschärfe/Verschwommen Sehen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Unschärfe/Verschwommen	nein	Anzahl	62	26	102	31	221
		Erwartete Anzahl	108,8	18,6	71,6	22,0	221,0
		% von Gruppe	39,2%	96,3%	98,1%	96,9%	68,8%
	ja	Anzahl	96	1	2	1	100
		Erwartete Anzahl	49,2	8,4	32,4	10,0	100,0
		% von Gruppe	60,8%	3,7%	1,9%	3,1%	31,2%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	127,208 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	149,362	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	107,906	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (.0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,41.

zu 3.5.1.2.15 Ermüdung der Augen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Ermüdung der Augen	nein	Anzahl	65	24	98	28	215
		Erwartete Anzahl	105,8	18,1	69,7	21,4	215,0
		% von Gruppe	41,1%	88,9%	94,2%	87,5%	67,0%
	ja	Anzahl	93	3	6	4	106
		Erwartete Anzahl	52,2	8,9	34,3	10,6	106,0
		% von Gruppe	58,9%	11,1%	5,8%	12,5%	33,0%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	94,572 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	104,367	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	78,346	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 8,92.

zu 3.5.1.2.16 Kopfschmerzen

Kreuztabelle

			Gruppe				Gesamt
			SG	KG1	KG2	KG3	
Kopfschmerzen	nein	Anzahl	119	24	99	27	269
		Erwartete Anzahl	132,4	22,6	87,2	26,8	269,0
		% von Gruppe	75,3%	88,9%	95,2%	84,4%	83,8%
	ja	Anzahl	39	3	5	5	52
		Erwartete Anzahl	25,6	4,4	16,8	5,2	52,0
		% von Gruppe	24,7%	11,1%	4,8%	15,6%	16,2%
Gesamt	Anzahl	158	27	104	32	321	
	Erwartete Anzahl	158,0	27,0	104,0	32,0	321,0	
	% von Gruppe	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	18,842 ^a	3	,000
Likelihood-Quotient	21,111	3	,000
Zusammenhang linear-mit-linear	12,369	1	,000
Anzahl der gültigen Fälle	321		

a. 1 Zellen (12,5%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 4,37.

zu 3.5.2 Psychografisches Sehprofil der verschiedenen Arbeitsformen

ONEWAY deskriptive Statistiken

		N	Mittelwert	Standardabweichung	Standardfehler	95%-Konfidenzintervall für den Mittelwert		Minimum	Maximum
						Untergrenze	Obergrenze		
anstrengend-entspannt	SG	158	-1,54	,762	,061	-1,66	-1,42	-2	1
	KG	163	-,99	,583	,046	-1,08	-,90	-2	1
	Gesamt	321	-1,26	,729	,041	-1,34	-1,18	-2	1
stimmungsvolle-empfindungslose Wahrnehmung	SG	158	1,32	,759	,060	1,20	1,44	0	2
	KG	163	,83	,780	,061	,71	,95	-2	2
	Gesamt	321	1,07	,807	,045	,99	1,16	-2	2
harmonisch-unausgeglichene	SG	158	1,13	,804	,064	1,00	1,25	0	2
	KG	163	,18	,902	,071	,04	,32	-2	2
	Gesamt	321	,64	,977	,055	,54	,75	-2	2
sachliche-emotionale Betrachtung	SG	158	-1,78	,456	,036	-1,86	-1,71	-2	0
	KG	163	-1,04	,845	,066	-1,17	-,91	-2	2
	Gesamt	321	-1,40	,777	,043	-1,49	-1,32	-2	2
variationsreiche-monotone Wahrnehmung	SG	158	1,27	,718	,057	1,15	1,38	-1	2
	KG	163	-,67	,981	,077	-,83	-,52	-2	2
	Gesamt	321	,28	1,298	,072	,14	,42	-2	2
ermüdend-erfrischend	SG	158	-1,77	,491	,039	-1,85	-1,70	-2	0
	KG	163	-,99	,805	,063	-1,12	-,87	-2	2
	Gesamt	321	-1,38	,773	,043	-1,46	-1,29	-2	2
kontinuierliche-sprunghafte Blicke	SG	158	1,17	,688	,055	1,06	1,28	0	2
	KG	163	,22	1,000	,078	,07	,38	-2	2
	Gesamt	321	,69	,982	,055	,58	,80	-2	2
starre,fixierende-dynamisch,umherschweifende Blicke	SG	158	-1,59	,658	,052	-1,70	-1,49	-3	1
	KG	163	,03	,906	,071	-,11	,17	-2	2
	Gesamt	321	-,77	1,136	,063	-,89	-,64	-3	2
quantitativ registrierend-qualitativ beurteilend	SG	158	-1,46	1,086	,086	-1,63	-1,29	-2	2
	KG	163	-,75	,796	,062	-,87	-,63	-2	2
	Gesamt	321	-1,10	1,012	,057	-1,21	-,99	-2	2
langweilig-spannend	SG	158	-1,03	1,153	,092	-1,21	-,85	-2	2
	KG	163	,45	1,107	,087	,28	,63	-2	2
	Gesamt	321	-,28	1,351	,075	-,43	-,13	-2	2
natürliches-unnatürliches Sehen	SG	158	1,51	,843	,067	1,38	1,65	-1	2
	KG	163	,39	1,475	,116	,16	,61	-2	9
	Gesamt	321	,94	1,330	,074	,79	1,09	-2	9
Detailblick-ganzheitliche Betrachtung	SG	158	-1,09	1,340	,107	-1,30	-,88	-2	2
	KG	163	,09	1,229	,096	-,10	,28	-2	2
	Gesamt	321	-,50	1,412	,079	-,65	-,34	-2	2

Test der Homogenität der Varianzen

	Levene-Statistik	df1	df2	Signifikanz
anstrengend-entspannt	37,748	1	319	,000
stimmungsvolle-empfindungslose Wahrnehmung	3,280	1	319	,071
harmonisch-unausgeglichene	,102	1	319	,749
sachliche-emotionale Betrachtung	16,263	1	319	,000
variationsreiche-monotone Wahrnehmung	15,575	1	319	,000
ermüdend-erfrischend	4,632	1	319	,032
kontinuierliche-sprunghafte Blicke	14,878	1	319	,000
starre,fixierende-dynamisch,umherschweifende Blicke	1,723	1	319	,190
quantitativ registrierend-qualitativ beurteilend	7,777	1	319	,006
langweilig-spannend	,243	1	319	,622
natürliches-unnatürliches Sehen	15,671	1	319	,000
Detailblick-ganzheitliche Betrachtung	2,338	1	319	,127

ONEWAY ANOVA

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
anstrengend-entspannt	Zwischen den Gruppen	23,753	1	23,753	51,804	,000
	Innerhalb der Gruppen	146,266	319	,459		
	Gesamt	170,019	320			
stimmungsvolle-empfindungslose Wahrnehmung	Zwischen den Gruppen	19,140	1	19,140	32,294	,000
	Innerhalb der Gruppen	189,066	319	,593		
	Gesamt	208,206	320			
harmonisch-unausgeglich	Zwischen den Gruppen	72,205	1	72,205	98,725	,000
	Innerhalb der Gruppen	233,309	319	,731		
	Gesamt	305,514	320			
sachliche-emotionale Betrachtung	Zwischen den Gruppen	44,889	1	44,889	96,453	,000
	Innerhalb der Gruppen	148,463	319	,465		
	Gesamt	193,352	320			
variationsreiche-monoton e Wahrnehmung	Zwischen den Gruppen	302,164	1	302,164	407,394	,000
	Innerhalb der Gruppen	236,602	319	,742		
	Gesamt	538,766	320			
ermüdend-erfrischend	Zwischen den Gruppen	48,598	1	48,598	108,570	,000
	Innerhalb der Gruppen	142,791	319	,448		
	Gesamt	191,389	320			
kontinuierliche-sprunghafte Blicke	Zwischen den Gruppen	72,412	1	72,412	97,699	,000
	Innerhalb der Gruppen	236,435	319	,741		
	Gesamt	308,847	320			
starre,fixierende-dynamisch,umherschweifende Blicke	Zwischen den Gruppen	212,018	1	212,018	336,616	,000
	Innerhalb der Gruppen	200,923	319	,630		
	Gesamt	412,941	320			
quantitativ registrierend-qualitativ beurteilend	Zwischen den Gruppen	40,129	1	40,129	44,468	,000
	Innerhalb der Gruppen	287,877	319	,902		
	Gesamt	328,006	320			
langweilig-spannend	Zwischen den Gruppen	177,077	1	177,077	138,706	,000
	Innerhalb der Gruppen	407,247	319	1,277		
	Gesamt	584,324	320			
natürliches-unnatürliches Sehen	Zwischen den Gruppen	101,750	1	101,750	69,935	,000
	Innerhalb der Gruppen	464,125	319	1,455		
	Gesamt	565,875	320			
Detailblick-ganzheitliche Betrachtung	Zwischen den Gruppen	111,750	1	111,750	67,695	,000
	Innerhalb der Gruppen	526,602	319	1,651		
	Gesamt	638,352	320			

Robuste Testverfahren zur Prüfung auf Gleichheit der Mittelwerte

		Statistik ^a	df1	df2	Sig.
anstrengend-entspannt	Welch-Test	51,380	1	293,806	,000
stimmungsvolle-empfind	Welch-Test	32,321	1	318,993	,000
harmonisch-unausgeglic	Welch-Test	99,080	1	316,782	,000
sachliche-emotionale	Welch-Test	98,122	1	250,637	,000
variationsreiche-monoton	Welch-Test	411,264	1	296,924	,000
ermüdend-erfrischend	Welch-Test	110,136	1	269,166	,000
kontinuierliche-sprunghaft	Welch-Test	98,796	1	288,036	,000
starre,fixierende-dynamis	Welch-Test	339,875	1	296,047	,000
quantitativ	Welch-Test	44,051	1	287,548	,000
langweilig-spannend	Welch-Test	138,527	1	317,332	,000
natürliches-unnatürliches	Welch-Test	71,054	1	259,096	,000
Detailblick-ganzheitliche	Welch-Test	67,513	1	314,693	,000

a. Asymptotisch F-verteilt

zu 3.6.1:

SG-KC	Bildschirmarbeit Jahre	Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklus/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Stereosehen Ferne	Stereosehen Nähe	
SG	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.130	-.044	-.048	-.111	-.151	-.320*	-.094	-.206*	.153	-.223*	.056	.164*
		.105	.581	.553	.166	.058	.000	.240	.010	.056	.005	.487	.039	.158
Sphärisches Äquival	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.174*	-.163*	-.095	.078	.045	-.030	.033	.032	-.046	-.008	-.098	
		.105	.029	.041	.236	.331	.573	.710	.680	.688	.570	.922	.222	
A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.263*	.065	.018	-.090	-.002	.027	.028	.059	-.056	.065		
		.581	.029	.001	.420	.827	.262	.982	.735	.729	.463	.485	.415	
B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.379*	.058	-.004	-.063	-.159*	-.041	-.114	-.044	-.030			
		.553	.041	.001	.000	.468	.961	.433	.047	.612	.155	.581	.706	
C	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.257*	.091	.363*	1	.192*	.100	.083	.100	-.051	-.223*		
		.166	.236	.420	.000	.001	.256	.714	.734	.113	.562	.092	.904	
D	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.126	.102	.083	.075	.062	1	-.120	.095	.093			
		-.151	.078	.018	.058	.257*	.379*	.058	-.004	-.063	-.159*	-.041	-.114	-.044
E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.091	.363*	1	.192*	.100	.083	.100	-.051	-.223*			
		.000	.573	.262	.961	.256	.000	.016	.213	.301	.212	.051	.005	
Hue gesamt	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.025	.349	.892	.414	.630	.158	.158	.158	.158	.158		
		-.094	-.030	-.002	-.063	-.029	.146	.192*	1	-.178*	.075	.011	.065	-.039
Zyklus/min	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.062	.190*	-.120	.095	.123	1	.062	.190*	-.120	.095	.093	
		.010	.680	.735	.047	.734	.367	.213	.025	.442	.442	.132	.234	.248
erreichter Punktw	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.132	.234	.248	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	
		.153	.032	.028	-.041	-.126	.102	.083	.075	.062	1	-.120	.095	.093
Gesichtsfeld gesa	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.123	.125	.032	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	
		.005	.570	.463	.155	.562	.895	.212	.892	.017	.132	.125	.032	
Stereosehen Ferne	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.125	.133	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	
		.056	-.008	-.056	-.044	-.135	-.099	-.051	.065	-.166*	.095	-.123	1	.120
Stereosehen Nähe	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.120	.133	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	.158	
		.164*	-.098	.065	-.030	-.010	-.109	-.223*	-.039	-.138	.093	-.170*	.120	1

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.
*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

zu 3.6.2:

	Alter	Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklus/min	erreichter Punktwert	Gesichtsfeld gesamt	Stereosehen Ferne	Stereosehen Nähe	
Alter	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.031	-.099	.046	.030	.000	-.059	-.037	-.216*	.166*	-.066	-.020	.099
		.577	.077	.407	.587	.996	.293	.506	.000	.003	.237	.722	.078	
Sphärisches Äquival	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.080	.154**	.228**	.262**	.179**	-.241**	.079	.128*	.167**	-.132*	-.112*	
		.577	.150	.006	.000	.001	.000	.001	.000	.159	.021	.003	.018	.045
A	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.245**	.129*	.681**	1	.622**	.407**	-.431**	.124*	.136*	.312**	-.250**	-.120*
		.077	.150	.000	.021	.232	.926	.226	.237	.806	.408	.968	.321	.321
B	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.681**	.129*	.681**	1	.622**	.407**	-.431**	.124*	.136*	.312**	-.250**	-.120*
		.407	.006	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.113	.001	.001	.001	.095
C	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.622**	.407**	-.431**	1	.622**	.407**	-.431**	.124*	.136*	.312**	-.250**	-.120*
		.587	.000	.021	.000	.000	.000	.000	.000	.027	.014	.000	.000	.032
D	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.407**	-.431**	.124*	.136*	1	.495*	-.318**	.119*	.233**	.252**	-.210**	-.136*
		.996	.000	.232	.000	.000	.000	.000	.000	.033	.000	.000	.000	.015
E	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.170**	.042	.456	.001	.000	.000	.033	.000	.033	.000	.000	.015
		-.059	.179**	-.005	.334**	.407**	.495*	1	-.170**	.042	.184**	.213**	-.139*	-.206**
Hue gesamt	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	-.032	-.121*	-.280**	.244**	.073	-.032	-.121*	-.280**	.244**	.073	-.032	
		.506	.000	.226	.000	.000	.000	.002	.572	.030	.000	.000	.190	
Zyklus/min	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.060	.195**	-.120*	-.082	-.082	.060	.195**	-.120*	-.082	-.082	-.082	
		.000	.159	.237	.113	.027	.033	.456	.572	.282	.000	.031	.141	
erreichter Punktwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.031	-.075	-.063	.257	.257	.031	-.075	-.063	.257	.257	.257	
		.166**	.128*	.014	.180*	.136*	.233**	.184**	-.121*	.060	1	.031	-.075	-.063
Gesichtsfeld gesamt	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.031	-.075	-.063	.257	.257	.031	-.075	-.063	.257	.257	.257	
		.066	.167**	.046	.178**	.312**	.252**	.213**	-.280**	.195**	.031	1	-.227**	-.201**
Stereosehen Ferne	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.031	-.075	-.063	.257	.257	.031	-.075	-.063	.257	.257	.257	
		-.020	-.132*	.002	-.191**	-.250**	-.210**	-.139*	.244**	-.120*	.075	-.227**	1	.264**
Stereosehen Nähe	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig) N	1	.031	-.075	-.063	.257	.257	.031	-.075	-.063	.257	.257	.257	
		.099	-.112*	.054	-.093	-.120*	-.136*	-.206**	.073	-.082	-.063	-.201**	.264**	1

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.
*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

zu 3.6.3:

SG-KC	Stunden Bildschirm pro Woche	Sphärisches Äquivalent	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklus/min	erreichter Punktwer	Gesichtsfeld gesamt	Stereosehen Ferne	Stereosehen Nähe
SG	Korrelation nach Pearson	1	-.221*	.052	-.036	.055	.012	-.138	-.027	.051	.134	-.028	-.037
	Signifikanz (2-seitig)		.005	.514	.655	.490	.881	.083	.738	.525	.094	.723	.647
Sphärisches Äquiva	Korrelation nach Pearson	1	1	-.174*	-.163*	-.095	.078	.045	-.030	.033	.032	-.046	-.008
	Signifikanz (2-seitig)			.029	.041	.236	.331	.573	.710	.680	.688	.570	.922
A	Korrelation nach Pearson	.052	-.174*	1	.263*	.065	.018	-.090	-.002	.027	.028	.059	-.056
	Signifikanz (2-seitig)				.001	.420	.262	.982	.735	.729	.463	.485	.415
B	Korrelation nach Pearson	-.036	-.163*	.263*	1	.379*	.058	-.004	-.063	-.159*	-.041	-.114	-.044
	Signifikanz (2-seitig)					.000	.468	.961	.433	.047	.612	.155	.581
C	Korrelation nach Pearson	.055	-.095	.065	.379*	1	.257*	.091	-.029	-.027	-.126	.046	-.135
	Signifikanz (2-seitig)						.001	.256	.714	.734	.113	.562	.092
D	Korrelation nach Pearson	.012	.078	.018	.058	.257*	1	.363*	.146	.072	.102	.011	-.099
	Signifikanz (2-seitig)							.000	.068	.367	.201	.895	.217
E	Korrelation nach Pearson	.138	.045	-.090	-.004	.091	.363*	1	.192*	.100	.083	.100	-.051
	Signifikanz (2-seitig)					.256	.000		.016	.213	.301	.212	.005
Hue gesamt	Korrelation nach Pearson	-.027	-.030	-.002	-.063	-.029	.146	.192*	1	.178*	.075	.011	.065
	Signifikanz (2-seitig)						.068	.016		.025	.349	.892	.414
Zyklus/min	Korrelation nach Pearson	.051	.033	.027	-.159*	-.027	.072	.100	.178*	1	.062	.190*	-.166*
	Signifikanz (2-seitig)						.367	.213	.025		.442	.017	.037
erreichter Punktwer	Korrelation nach Pearson	.134	.032	.028	-.041	-.126	.102	.083	.075	.062	1	-.120	.095
	Signifikanz (2-seitig)						.201	.301	.349	.442		.132	.234
Gesichtsfeld gesamt	Korrelation nach Pearson	-.028	-.046	.059	-.114	.046	.011	.100	.011	.190*	-.120	1	-.123
	Signifikanz (2-seitig)					.562	.895	.212	.892	.017	.132		.125
Stereosehen Ferne	Korrelation nach Pearson	-.037	-.008	-.056	-.044	-.135	-.099	-.051	.065	-.166*	.095	-.123	1
	Signifikanz (2-seitig)					.092	.581	.092	.217	.521	.414	.037	.234
Stereosehen Nähe	Korrelation nach Pearson	.027	-.098	.065	-.030	-.010	-.109	-.223*	-.039	-.138	.093	-.170*	.120
	Signifikanz (2-seitig)					.904	.174	.005	.630	.084	.248	.032	.133

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

zu 3.6.7:

	Anzahl der Beschwerden	Alter	A	B	C	D	E	Hue gesamt	Zyklus/min	erreichter Punktwer	Gesichtsfeld gesamt	Stereosehen Ferne	Stereosehen Nähe
Anzahl der Beschwerde	Korrelation nach Pearson	1	.012	-.080	-.500**	-.544**	-.513**	-.337**	-.446**	-.263*	-.194*	-.338**	-.209*
	Signifikanz (2-seitig)			.824	.152	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
Alter	Korrelation nach Pearson	.012	1	-.099	.046	.030	.000	-.059	-.037	-.216**	.166**	-.066	-.020
	Signifikanz (2-seitig)			.824		.077	.407	.587	.996	.293	.506	.000	.003
A	Korrelation nach Pearson	-.080	-.099	1	.245**	.129*	.067	-.005	-.068	.066	.014	.046	.002
	Signifikanz (2-seitig)				.000	.021	.232	.926	.226	.237	.806	.408	.968
B	Korrelation nach Pearson	-.500**	.046	.245**	1	.681**	.487**	.334**	-.386**	.089	.180**	.178**	-.191**
	Signifikanz (2-seitig)					.000	.000	.000	.000	.113	.001	.001	.001
C	Korrelation nach Pearson	-.544**	.030	.129*	.681**	1	.622**	.407**	-.431**	.124*	.136*	.312**	-.250**
	Signifikanz (2-seitig)						.000	.000	.000	.027	.014	.000	.000
D	Korrelation nach Pearson	-.513**	.000	.067	.487**	.622**	1	.495**	-.318**	.119*	.233**	.252**	-.210**
	Signifikanz (2-seitig)							.000	.000	.033	.000	.000	.000
E	Korrelation nach Pearson	-.337**	-.059	-.005	.334**	.407**	.495**	1	-.170**	.042	.184**	.213**	-.139**
	Signifikanz (2-seitig)								.002	.456	.001	.000	.013
Hue gesamt	Korrelation nach Pearson	.446**	-.037	-.068	-.386**	-.431**	-.318**	-.170**	1	-.032	-.121**	-.280**	.244**
	Signifikanz (2-seitig)									.572	.030	.000	.000
Zyklus/min	Korrelation nach Pearson	-.263**	-.216**	.066	.089	.124*	.119*	.042	-.032	1	.060	.195**	-.120*
	Signifikanz (2-seitig)										.282	.000	.031
erreichter Punktwer	Korrelation nach Pearson	-.194**	.166**	.014	.180**	.136*	.233**	.184**	-.121**	.060	1	.031	-.075
	Signifikanz (2-seitig)						.000	.001	.030	.282		.580	.183
Gesichtsfeld gesamt	Korrelation nach Pearson	-.338**	-.066	.046	-.178**	.312**	.252**	.213**	-.280**	.195**	.031	1	-.227**
	Signifikanz (2-seitig)							.000	.000	.000	.580		.000
Stereosehen Ferne	Korrelation nach Pearson	.209**	-.020	.002	-.191**	-.250**	-.210**	-.139**	.244**	-.120*	-.075	-.227**	1
	Signifikanz (2-seitig)							.013	.000	.031	.183	.000	.000
Stereosehen Nähe	Korrelation nach Pearson	.096	.099	.054	-.093	-.120*	-.136*	-.206**	.073	-.082	-.063	-.201**	.264**
	Signifikanz (2-seitig)							.000	.190	.141	.257	.000	.000

**Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

*Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

zu 3.6.8:

		Bildschirmarbeit seit Jahren	Stunden Bildschirmarbeit in den letzten 3 Jahren	Stunden Bildschirmarbeit pro Woche	Anzahl der Beschwerden
Bildschirmarbeit seit Jahren	Korrelation nach Pearson	1	,095	,030	,148
	Signifikanz (2-seitig)	,	,234	,705	,063
	N	158	158	158	158
Durchschnittliche Stunden Bildschirmarbeit pro Tag in den letzten 3 Jahren	Korrelation nach Pearson	,095	1	,900**	,048
	Signifikanz (2-seitig)	,234	,	,000	,547
	N	158	158	158	158
Stunden Bildschirmarbeit pro Woche	Korrelation nach Pearson	,030	,900**	1	,075
	Signifikanz (2-seitig)	,705	,000	,	,347
	N	158	158	158	158
Anzahl der Beschwerden	Korrelation nach Pearson	,148	,048	,075	1
	Signifikanz (2-seitig)	,063	,547	,347	,
	N	158	158	158	158

** : Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

zu 3.6.9 Abhängigkeit der Anzahl der Beschwerden von Schulabschluss und Berufsausbildung

Ränge

	Schulabschluss	N	Mittlerer Rang
Anzahl der Beschwerden	kein	1	40,00
	Hauptschule	93	149,63
	Mittlere Reife	185	158,15
	(Fach-)Abitur	42	201,62
	Gesamt	321	

Statistik für Test^{a,b}

	Anzahl der Beschwerden
Chi-Quadrat	11,578
df	3
Asymptotische Signifikanz	,009

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Schulabschluss

Ränge

	Berufsausbildung	N	Mittlerer Rang
Anzahl der Beschwerden	keine	6	232,75
	Lehre	218	147,20
	Studium	36	186,43
	Sonstige	61	188,24
	Gesamt	321	

Statistik für Test^{a,b}

	Anzahl der Beschwerden
Chi-Quadrat	16,740
df	3
Asymptotische Signifikanz	,001

a. Kruskal-Wallis-Test

b. Gruppenvariable: Berufsausbildung

zu 3.6.10:

			Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen	Ermüdung der Augen	Unschärfe/Verschwimmen	Kopfschmerzen	Zyklen/min
Spearman-Rho	Umstellungsschwierigkeiten Fern/Nah-Sehen	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	1,000 , 321	,368** ,000 321	,383** ,000 321	,250** ,000 321	-,191** ,001 321
	Ermüdung der Augen	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,368** ,000 321	1,000 , 321	,386** ,000 321	,123* ,028 321	-,186** ,001 321
	Unschärfe/Verschwimmen	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,383** ,000 321	,386** ,000 321	1,000 , 321	,234** ,000 321	-,213** ,000 321
	Kopfschmerzen	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	,250** ,000 321	,123* ,028 321	,234** ,000 321	1,000 , 321	-,088 ,116 321
	Zyklen/min	Korrelationskoeffizient Sig. (2-seitig)	-,191** ,001 321	-,186** ,001 321	-,213** ,000 321	-,088 ,116 321	1,000 , 321
		N					

** . Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 signifikant (2-seitig).

* . Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 signifikant (2-seitig).

zu 3.6.11:

ONEWAY ANOVA

		Quadratsumme	df	Mittel der Quadrate	F	Signifikanz
Alter	Zwischen den Gruppen	120,447	1	120,447	4,633	,032
	Innerhalb der Gruppen	8137,096	313	25,997		
	Gesamt	8257,543	314			
Bildschirmarbeit seit Jahren	Zwischen den Gruppen	717,926	1	717,926	29,525	,000
	Innerhalb der Gruppen	6954,404	286	24,316		
	Gesamt	7672,330	287			
Sphärisches Äquivalent	Zwischen den Gruppen	4,777	1	4,777	1,633	,202
	Innerhalb der Gruppen	915,656	313	2,925		
	Gesamt	920,433	314			
A	Zwischen den Gruppen	,821	1	,821	2,655	,104
	Innerhalb der Gruppen	96,779	313	,309		
	Gesamt	97,600	314			
B	Zwischen den Gruppen	4,942	1	4,942	11,493	,001
	Innerhalb der Gruppen	134,601	313	,430		
	Gesamt	139,543	314			
C	Zwischen den Gruppen	9,687	1	9,687	12,962	,000
	Innerhalb der Gruppen	233,913	313	,747		
	Gesamt	243,600	314			
D	Zwischen den Gruppen	4,542	1	4,542	7,254	,007
	Innerhalb der Gruppen	195,979	313	,626		
	Gesamt	200,521	314			
E	Zwischen den Gruppen	2,483	1	2,483	4,490	,035
	Innerhalb der Gruppen	173,117	313	,553		
	Gesamt	175,600	314			
Hue gesamt	Zwischen den Gruppen	968,670	1	968,670	7,110	,008
	Innerhalb der Gruppen	42645,730	313	136,248		
	Gesamt	43614,400	314			
Zyklen/min	Zwischen den Gruppen	64,774	1	64,774	13,294	,000
	Innerhalb der Gruppen	1525,112	313	4,873		
	Gesamt	1589,886	314			
erreichter Punktwert	Zwischen den Gruppen	,340	1	,340	,175	,676
	Innerhalb der Gruppen	609,742	313	1,948		
	Gesamt	610,083	314			
Gesichtsfeld gesamt	Zwischen den Gruppen	196,760	1	196,760	9,305	,002
	Innerhalb der Gruppen	6618,903	313	21,147		
	Gesamt	6815,663	314			
Stereosehen Ferne	Zwischen den Gruppen	,051	1	,051	,106	,745
	Innerhalb der Gruppen	150,235	313	,480		
	Gesamt	150,286	314			
Stereosehen Nähe	Zwischen den Gruppen	1,284	1	1,284	2,422	,121
	Innerhalb der Gruppen	165,903	313	,530		
	Gesamt	167,187	314			
Anzahl der Beschwerden	Zwischen den Gruppen	214,567	1	214,567	27,359	,000
	Innerhalb der Gruppen	2454,716	313	7,843		
	Gesamt	2669,283	314			

Nennung1 * Arbeitstyp Kreuztabelle

Anzahl		Arbeitstyp						Gesamt	
		Datenerfassung	Datenakquise	Texterfassung	Programmierung	CAD	Gemischte Aufgaben		Andere
Nennung1	,00	14	23	21	6	6	7	5	82
	1,00	18	10	11	7	6	11	10	73
Gesamt		32	33	32	13	12	18	15	155

Chi-Quadrat-Tests

	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (2-seitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	10,893 ^a	6	,092
Likelihood-Quotient	11,091	6	,086
Zusammenhang linear-mit-linear	2,787	1	,095
Anzahl der gültigen Fälle	155		

a. 0 Zellen (,0%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist 5,65.

Symmetrische Maße

		Wert	Asymptotischer Standardfehler ^a	Näherungsweise T ^b	Näherungsweise Signifikanz
Intervall- bzgl. Intervallmaß	Pearson-R	,135	,080	1,679	,095 ^c
Ordinal- bzgl. Ordinalmaß	Korrelation nach Spearman	,101	,082	1,251	,213 ^c
Anzahl der gültigen Fälle		155			

a. Die Null-Hyphothese wird nicht angenommen.

b. Unter Annahme der Null-Hyphothese wird der asymptotische Standardfehler verwendet.

c. Basierend auf normaler Näherung