Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen

Untersuchung im Auftrag
des Landes Schleswig-Holstein, vertreten durch das Staatliche Umweltamt Schleswig,
des Landes Mecklenburg-Vorpommern, vertreten durch das Umweltministerium, endvertreten durch das Landesamt für Umwelt und Natur,
des Niedersächsischen Umweltministeriums und
des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz

Dr. Johannes Pohl

Dr. Franz Faul

Prof. Dr. Rainer Mausfeld

Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel
Kiel, den 31. Juli 1999

Anschrift der Verfasser:

Prof. Dr. Rainer Mausfeld

Dr. Johannes Pohl

Dr. Franz Faul

Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Olshausenstr. 62

24098 Kiel

Prof. Dr. Rainer Mausfeld

Tel.: 0431 / 880 4057

Fax: 0431 / 880 2975

Email: mausfeld@psychologie.uni-kiel.de

Dr. Johannes Pohl

Tel.: 0431 / 880 2774

Fax: 0431 / 880 1559

Email: jpohl@psychologie.uni-kiel.de

Danksagung

Unterstützer/Sponsoren:

* Ingenieurbüro Chun, Kassel, und der Energi- og Miljødata, Aalborg Ø, Dänemark, für die Bereitstellung des WindPRO Progammpaketes zur Berechnung der Schattendauer
* Leica Geosystems GmbH Vertrieb, Syke, für die Leihgabe eines Laserfernrohrs (Hand-Tachymeters „Leica Vector GIS“) zur Messung von Distanzen und Höhen
* Prof. E. Dege, Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität Kiel, für die Leihgabe des GPS-Empfängers (Garmin GPS 45) und des RDS/Rasant UKW-Empfängers für GPS-Korrekturdaten (ertec GmbH, Erlangen)
* Dr. S. Bock, Geographisches Institut der Christian-Albrechts-Universität Kiel, für die Umrechnung von Koordinaten und die Bestimmung der WEAn in der Nähe der Anwohner mit Hilfe des Geographischen Informationssystems (GIS, ArcView)
* A. Ließ, Leiter der Bauaufsichtsabteilung, Heide für den Zugang zu einer Karte mit den Standorten der WEAn in Dithmarschen
* Schleswag AG Süd, Ahrensburg, für die Bereitstellung von Daten zu den WEAn in Nordfriesland und Dithmarschen
* Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein für die Bereitstellung einer Liste der in Schleswig-Holstein installierten WEAn
* Prof. R. Guski, Fakultät für Psychologie, Ruhr-Universität Bochum und Dr. T. Neumann, Fördergesellschaft Windenergie e.V., Hamburg, für die Überlassung schwer zugänglicher Literatur
* Telekom für 210 Notizblockwürfel als Geschenk für die Befragten

Mitarbeiterinnen als studentische Hilfskräfte und/oder Praktikantinnen:
Kirsten Brüchner, Jane Eggers, Sabine Grasteit, Christina Jäger, Sylvia Kießling, Silja Knolle, Maike Oetjen, Fanny Scheffel, Esther Scholz & Christina Volkers

Verwaltung des Projekts:
Adrienne Huggard

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung 1

1 Einleitung 3

2 Fragestellung 4

2.1 Einführung 4

2.2 Belästigung 5

2.3 Streßmodell 5

2.4 Stand der Forschung zum periodischen Schattenwurf durch WEAn 9

2.5 Untersuchung der Fragestellung im Rahmen einer Feldstudie 10

3 Methoden 12

3.1 Stichprobe 12
3.1.1 Auswahl der Befragten und das Zustandekommen der Stichprobe 12
3.1.2 Soziodemographische Angaben für die gesamte Stichprobe 14
3.1.3 Zur Repräsentativität ein Vergleich mit den Daten des Statistischen Landesamts Schleswig-Holstein 16

3.2 Durchführung der Befragung 18

3.3 Ermittlung der Beschattungsdauer 20

3.4 Konstruktion des Fragebogens 22

3.5 Auswertung 28

4 Ergebnisse 29

4.1 Belästigung 29
4.1.1 Belästigung in Abhängigkeit von der finanziellen Beteiligung an WEAn 31
4.1.2 Wahrnehmung des Schattenwurfs 32
4.1.3 Belästigung durch Schattenwurf 33
4.1.3.1 Bestimmung der Beschattungsdauer 33
4.1.3.2 Belästigung in Abhängigkeit von der Schattendauer 36
4.1.4 Belästigung in Abhängigkeit vom Abstand zur nächsten WEA 41
4.1.5 Belästigung in Abhängigkeit von der Anzahl der WEAn im 1300 m Radius 42
4.1.6 Veränderung der Belästigung über die Jahre 42
4.1.7 Beschattete Flächen/Zimmer 44
4.1.8 Tages- und Jahreszeiten der angegebenen maximalen Beschattung 44

4.2 Spezifität 45

4.3 Wahrnehmung und Belästigungsgrad weiterer visueller Effekte einer WEA 47

4.4 Gesamteindruck: Angenehmheit, Bedrohlichkeit und Schädlichkeit 48

4.5 Erleben 49
4.5.1 Lebensqualität 49
4.5.2 Gesundheit 51

4.6 Verhalten 51
4.6.1 Dauer des Aufenthalts in Zimmern und an Plätzen 51
4.6.2 Einfluß auf Tätigkeiten 54

4.7 Angenommene wirtschaftliche und finanzielle Auswirkungen 57

4.8 Bewältigung 59
4.8.1 Emotionale Bewältigung 59
4.8.2 Problemorientierte Bewältigung 59

4.9 Angenommene Auswirkungen auf die Gemeinde 60

4.10 Wünsche 60

4.11 Moderatorvariablen 61
4.11.1 Soziodemographische Variablen 61
4.11.2 Erwartete Belästigung 62
4.11.3 Akute und chronische Belastung 62
4.11.4 Gesundheitsbewußtsein 62
4.11.5 Erfahrungen mit dem Planungsprozeß vor Ort 62
4.11.6 Akzeptanz von WEAn und anderen Formen der Energieerzeugung 63
4.11.7 Umweltbewußtsein 65

4.12 Zusammenfassung und Interpretation 66

5 Literaturverzeichnis 73

6 Anhang 75

6.1 Abbildungen 76

6.2 Materialien 102
6.2.1 Anschreiben an die Haushalte 102
6.2.2 Erstes Telefongespräch 103
6.2.3 Erinnerungsschreiben 104
6.2.4 Verschwiegenheitserklärung der Projektmitarbeiterinnen 105
6.2.5 Fragebogen in der Fragebogen-Form 105

Zusammenfassung

Das Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel führte im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi), dieses vertreten durch den Projektträger Biologie, Energie, Umwelt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des BMWi (BEO) und im Auftrag des Staatlichen Umweltamtes Schleswig eine Laborpilotstudie durch, in der die Belästigung durch periodischen Schattenwurf experimentell geprüft wurde.

Im Mittelpunkt der Untersuchung stand die Frage, ob periodischer Schattenwurf als alleinige Einflußgröße bei einer Dauer von mehr als 30 min und einmaliger Darbietung zu Streßeffekten führt.

Der Schattenwurf wurde durch ein Projektionssystem erzeugt, wobei versucht wurde, relevante Aspekte der Situation bei Windenergieanlagen (WEAn) zu simulieren.

Untersucht wurden zwei Gruppen unterschiedlichen Alters, nämlich 32 Studierende (durchschnittliches Alter 23 Jahre) und 25 Berufstätige (durchschnittliches Alter 47 Jahre), die jeweils auf zwei Versuchsbedingungen zufällig verteilt wurden. In jeder Bedingung war die gleiche Anzahl von Frauen. Die Experimentalgruppe (EG) bekam 60 min lang einen periodischen Schatten mit 80 %igem Kontrast dargeboten. Für die Kontrollgruppe (KG) galten die gleichen Lichtverhältnisse wie bei der EG, jedoch ohne periodischen Schattenwurf.
Der Hauptteil der Untersuchung bestand in einer Abfolge von sechs Test- und Meßphasen, von denen je zwei vor dem Einschalten des Scheinwerfers, je drei im Abstand von 20 min während der Zusatzbeleuchtung und je eine nach Abschalten des Scheinwerfers stattfanden.
Zu den erhobenen Größen zählten Streßindikatoren der allgemeinen Leistungsfähigkeit (Rechnen, visuelle Suchaufgaben), der psychischen und körperlichen Befindlichkeit, der kognitiven Streßverarbeitung und des vegetativen Nervensystems (Herzfrequenz, Blutdruck, Hautleitfähigkeit und Fingertemperatur).

Systematische Streßeffekte des periodischen Schattenwurfs auf verschiedenen Ebenen des Erlebens und Verhaltens konnten bei beiden Stichproben in vergleichbarer Weise nachgewiesen werden.

Studierende und Berufstätige der EG zeigten in den ersten 20 min der Scheinwerferphase Leistungsbeeinträchtigungen. Bei den Berufstätigen traten in dieser Phase breitere Streßeffekte auf, da neben der Leistung auch das körperliche Befinden beeinträchtigt war und eine stärkere kognitive Auseinandersetzung mit der Situation stattfand. In den folgenden 40 min kam es zur Kompensation bzw. sogar zu einer gegenüber der KG gesteigerten Leistung.
Dieses Kompensieren bzw. Überkompensieren kostete Energie auch in Form körperlicher Anstrengung, was sich bei der EG-Studierende in der reduzierten Fingertemperatur und bei den Berufstätigen zusätzlich in erhöhter Schweißdrüsenaktivität äußerte.
Jüngere Probanden (Studierende) kompensierten mit anderen psychischen Prozessen als ältere Probanden (Berufstätige). Erstere blendeten den Reiz aus und reduzierten dadurch die Belästigung, letztere kompensierten trotz konstant eingeschätzter Wahrnehmung und Belästigung. Die älteren Probanden wiesen zudem eine stärkere kognitive Streßverarbeitung auf. Bei ihnen hielt die Auslenkung körperlicher Systeme länger an, was sich in Nacheffekten nach Abschalten des Scheinwerfers zeigte. Als weiterer Nacheffekt trat bei den älteren Probanden eine Verschlechterung im Test für die allgemeine Leistungsfähigkeit auf.

Der in dieser Laborstudie unter speziellen Bedingungen untersuchte periodische Schattenwurf führte insgesamt betrachtet nicht zu Belästigungen, die als erheblich angesehen werden können. Jedoch sind die nachgewiesenen erhöhten Anforderungen an psychische und physische Ressourcen ein Hinweis darauf, daß kumulative Langzeitwirkungen die Kriterien einer erheblichen Belästigung erfüllen könnten.

Die Ergebnisse dieser Pilotstudie in ihrer Gesamtheit lassen es sinnvoll erscheinen, weitere Untersuchungen mit veränderten experimentellen Bedingungen durchzuführen. Zu diesen Bedingungen könnten verschiedene Zeitmuster des periodischen Schattens (zufällig, diskontinuierlich, unvorhersehbar) und auch die Kombination von periodischem Schatten und Geräuschen/Lärm (insbesondere periodische Geräusche) gehören. Weiterhin sollten Anwohner von Windenergieanlagen, die periodischem Schattenwurf ausgesetzt sind, im Labor untersucht werden.

1 Einleitung

Das Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel untersuchte in einer Laborpilotstudie potentielle Streßeffekte von periodischem Schattenwurf.

In Auftrag gegeben wurde die vorliegende Untersuchung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi), dieses vertreten durch den Projektträger Biologie, Energie, Umwelt des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und des BMWi (BEO) und durch das Staatliche Umweltamt Schleswig.

Die Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen (WEAn) war Inhalt einer vorangegangenen Feldstudie, in der Anwohner von WEAn zu diesem Thema befragt worden waren (Pohl, Faul & Mausfeld, 1999).
In dieser Studie blieb u. a. offen, welcher Anteil der Gesamtwirkung von WEAn auf den physikalischen Stressor periodischer Schattenwurf zurückgeht und ob eine Beschattungsdauer von mehr als 30 min/Tag zu erheblichen Beeinträchtigungen führt.
Um erste Anhaltspunkte zur Beantwortung dieser Frage zu erhalten, wurde eine Laborpilotstudie durchgeführt, in der periodischer Schattenwurf einmalig über 60 min isoliert dargeboten wurde. Dabei wurden alle übrigen im Feld wirksamen Faktoren ausgeklammert.

In diesem Zusammenhang wichtige theoretische und methodische Grundprobleme von Feld- und Laborstudien werden in Kapitel 2 erörtert. Danach folgt eine Darstellung des der Untersuchung zugrundeliegenden Streßmodells, der Fragestellung und des Projektionssystems zur Simulation des periodischen Schattenwurfs. Kapitel 3 behandelt die Voruntersuchung zur Auswahl einer geeigneten Schattenbedingung. In Kapitel 4 werden Methoden und Ergebnisse der Hauptuntersuchung dargestellt. Am Ende wird eine Gesamtbewertung der Befunde vorgenommen.

2 Fragestellung

2.1 Periodischer Schattenwurf als Stressor

Periodische Bewegungssignale, wie der Schatten sich drehender Rotorblätter einer WEA, können aus psychologischer Sicht unter bestimmten Bedingungen Streß verursachen. Eine potentielle Ursache für die Streßwirkung könnte im Zusatzaufwand für die Aufmerksamkeitsfokussierung liegen: Nimmt man in seinem peripheren Gesichtsfeld eine Bewegung wahr, löst dies eine Orientierungsreaktion aus. Die Aufmerksamkeit wird unwillkürlich oder willkürlich auf die wahrgenommene Bewegung gerichtet und von einer zu bearbeitenden Aufgabe abgelenkt. Um die Aufmerksamkeit weiterhin auf die Aufgabe fokussieren zu können, bedarf es zusätzlicher Energie. Je nach Höhe des zusätzlichen Energieaufwands kann dies Veränderungen in verschiedenen psychischen und somatischen Systemen und somit Streß auslösen.

Im Rahmen der Umweltpsychologie kann die Belastung durch Umweltreize auf der Grundlage eines Streßmodells untersucht werden. In Anlehnung an das Streßkonzept von Janke & Wolffgramm (1995) wird unter „Streß“ eine Abweichung bestimmten Ausmaßes von der somatischen und psychischen Normallage verstanden. Diese Abweichung, die sich z. B. in Gefühlen und Kognitionen, im beabsichtigten und ausgeführten Verhalten sowie körperlichen Veränderungen zeigt, wird in der Regel durch bestimmte äußere und innere Reizbedingungen (Stressoren) ausgelöst und mit der Mobilisierung von psychischen oder somatischen Regulationsvorgängen beantwortet, die darauf abzielen, den Gleichgewichtszustand wiederherzustellen. Diese Regulationsvorgänge können bewußt oder unbewußt, willkürlich oder unwillkürlich verlaufen. Gelingt es aufgrund häufig wiederholter Streßeinwirkung nicht, zur Normallage zurückzukehren, kann die dauerhafte Abweichung zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen oder Schäden führen.

Die Wirkung eines Umweltstressors zeigt sich darin, inwieweit er eine Abweichung des Erlebens und Verhaltens von der Normallage verursacht, d. h. inwieweit er die Intensität und Breite des psychischen und körperlichen Wohlbefindens, des Handelns, der Bewältigung und der Adaptationsfähigkeit beeinträchtigt. Dieser Ansatz wurde bei der Untersuchung von Streßwirkungen durch periodischen Schattenwurf von WEAn zugrunde gelegt.

Die zentrale Fragestellung der vorangegangenen Feldstudie bestand darin, ob der periodische Schattenwurf von WEAn zu nachweisbaren Beeinträchtigungen des Erlebens und Verhaltens führt und ob gegebenenfalls eine maximale Einwirkung des periodischen Schattenwurfs von 30 min/Tag und 30 h/Jahr mit einer zumutbaren Belästigung verbunden ist. Insgesamt sprachen die in den verschiedenen Erlebens- und Verhaltensbereichen nachgewiesenen Beeinträchtigungen für das Vorliegen einer erheblichen Belästigung bei einer gewichteten Beschattungsdauer von mehr als 15 h/Jahr (Pohl, Faul & Mausfeld, 1999). Es blieb jedoch offen, ob ein Tagesschattenwert von mehr als 30 min/Tag mit einer unzumutbaren Belästigung einhergeht, da es in der Stichprobe zu wenige Personen gab, die dem Schatten täglich so lange ausgesetzt waren.
Um erste Hinweise für die Bedeutung dieser Beschattungsdauer zu erhalten, sollte in einer Laborstudie untersucht werden, ob ein periodischer Schattenwurf von mehr als 30 min Dauer und einmaliger Darbietung als alleinige Variable (ohne Berücksichtigung der übrigen im Feld wirksamen Faktoren) mit einer erheblichen Belästigung einhergeht.

2.2 Methodische Grundprobleme von Feld- und Laborstudien

Es ist an dieser Stelle angezeigt, einige grundsätzliche Bemerkungen zum Verhältnis von Labor- und Feldstudien im allgemeinen und speziell bezogen auf die hier zu untersuchende Fragestellung vorauszuschicken.

In einer Feldstudie werden *gegebene* Situationen, die damit nicht streng kontrollierbar sind, in ihren Auswirkungen auf kritische Indikatorvariablen des Erlebens und Verhaltens untersucht. Die erfaßten Wirkungen gehen damit auf die komplexe Überlagerung verschiedenster, im Detail oft gar nicht bekannter Reizvariablen zurück. Zudem werden die Probanden im allgemeinen in ihrem gewohnten Lebensumfeld untersucht, was zur Folge hat, daß die vorherrschenden Umweltreize von besonders ausgeprägter persönlicher Relevanz sind und außerdem u. U. bestimmte kumulative Langzeitbeeinträchtigungen bereits vorliegen, die auf die interessierenden Ursachen zurückgehen.

Der wesentliche Vorteil einer Laborstudie gegenüber einer Feldstudie liegt in der Möglichkeit zur Eingrenzung der interessierenden Variablen. Diese können isoliert und gezielt variiert werden, wobei starke Ausprägungen der einzelnen Stufen gewählt werden können, um poten-

tielle Effekte deutlicher erkennbar werden zu lassen. Potentielle Störvariablen lassen sich weitgehend konstant halten.

Will man vermutete Wirkursachen im Labor experimentell näher untersuchen, um die im Feld nur eingeschränkt mögliche Kontrolle potentieller Alternativursachen zu realisieren, ist es unumgänglich, die Merkmale der als relevant betrachteten Wirkvariablen, die zu erhebenden Indikatoren des Erlebens und Verhaltens und die zu untersuchende Stichprobe spezifisch festzulegen. Außerdem ergeben sich aus vorgegebenen ökonomischen und zeitlichen Randbedingungen Begrenzungen bezüglich der Anzahl der untersuchbaren Variablenkombinationen und der Einwirkungsdauer der Wirkvariablen. Die größere Kontrolle im Laborkontext wird demnach erkauft durch einen Verlust an Reichhaltigkeit der Untersuchungssituation und an Lebensnähe (ökologische Validität).

Es soll nun im folgenden darauf eingegangen werden, welche Implikationen sich aus diesen allgemeinen Überlegungen für die hier zu untersuchende Fragestellung ergeben. Die reale Umweltsituation, auf die sich die vorliegende Laborstudie bezieht, ist der Einfluß des periodischen Schattenwurfs von WEAn auf Erleben und Verhalten von Anwohnern. In der bereits abgeschlossenen Feldstudie zu diesem Thema konnten erhebliche Beeinträchtigungen einer Teilgruppe der Anwohner nachgewiesen werden. Diese Beeinträchtigungen müssen auf eine Überlagerung verschiedener Einflüsse zurückgeführt werden. Zu diesen Einflüssen gehören u. a. das Gefühl des Kontrollverlustes und der Unausweichlichkeit der Situation, eine Langzeitsensibilisierung, beeinträchtigte Landschaftsästhetik, periodische Geräusche bzw. Lärm, und periodischer Schattenwurf.
Der Fokus der Laborstudie liegt, in Übereinstimmung mit einem einfachen, rein physikalischen Ursache-Wirkungsmodell, nur auf *einer* dieser Ursachen, nämlich auf dem periodischen Schattenwurf. Allein dieser Umstand legt bereits nahe, daß, bei einer nach Art und Stärke realistischen Festlegung dieser Variable, die im Labor nachweisbaren isolierten Wirkungen geringer sein werden als die kumulativen Wirkungen aller im Feld gleichzeitig vorhandenen Ursachen. Dies gilt um so mehr, als die im Feld vorhandene jahrelange Einwirkdauer mit daraus resultierender Vorbelastung und die hohe persönliche Relevanz der Umweltsituation bei dem gegebenen Untersuchungsrahmen im Labor nicht realisierbar sind.
Es liegt nahe, daß sich Vorbelastungen insbesondere negativ auf die Ressourcen zur Bewältigung von Streß auswirken. Um die Bedeutung solcher Ressourcen zu untersuchen, wurden

zwei Stichproben unterschiedlichen Alters (Studierende vs. im Durchschnitt 20 Jahre ältere Berufstätige) herangezogen, da ältere Personen erfahrungsgemäß über geringere relevante Ressourcen verfügen.
Eine weitere Schwierigkeit der Laboruntersuchung resultiert zudem daraus, daß die Parameter des Schattenwurfs (Dauer, Kontrast, figurale Aspekte der Projektion, Zeitverlauf, Periodizität, usw.) spezifisch festgelegt werden müssen. Dies ist deshalb problematisch, weil diese Parameter in der Umwelt in verschiedensten Ausprägungen auftreten und bislang nicht bekannt ist, welche besonders kritisch sind.

Wegen des begrenzten zeitlichen und finanziellen Rahmens der durchgeführten Pilotstudie konnte nur *eine* konkrete Parameterkonfiguration getestet werden, die aufgrund der Ergebnisse einer Voruntersuchung ausgewählt worden war. Obwohl versucht wurde, die Parameter realistisch zu wählen, kann wegen fehlender experimenteller und theoretischer Vorarbeiten zur Wirkung periodischen Schattenwurfs nicht ausgeschlossen werden, daß ökologisch validere und wirksamere Bedingungen existieren.

Vor dem Hintergrund der genannten Einschränkungen, die allesamt in Richtung einer Abschwächung von Auswirkungen der relevanten Variablen deuten, müssen selbst schwache systematische Effekte unter Variation der unabhängigen Variablen als Hinweise auf einen substantiellen Beitrag dieser Variablen zur im Feld gefundenen Gesamtwirkung gedeutet werden.

Im Labor können im Gegensatz zum Feld physiologische Parameter leicht erhoben werden. Damit ist es möglich, Streßeffekte auf einer weiteren Ebene zu evaluieren, die im Hinblick auf gesundheitliche Beeinträchtigungen besonders relevant ist. Als weiterer Vorzug der Laborstudie kann angesehen werden, daß, verglichen mit der Situation im Feld, ein größerer zusammenhängender Zeitraum der Beschattung untersucht werden kann, so daß insbesondere der Zeitverlauf der Belastungs- und Kompensationseffekte prinzipiell beobachtbar wird. Während im Feld im Schnitt nur wenige Minuten dauernde zusammenhängende Schattenphasen auftreten, wurde in der Untersuchung eine einstündige Schattendauer realisiert.

2.3 Zentrale Fragestellung

Im Rahmen der Laborstudie zu den Wirkungen von periodischem Schattenwurf sollte untersucht werden, ob eine einmalige periodische Schattendarbietung von mehr als 30 min Dauer zu negativen Effekten in ausgesuchten Indikatoren der allgemeinen Leistungsfähigkeit, des Befindens, der Streßverarbeitung und des vegetativen Nervensystems führt. Die vorliegende Hauptuntersuchung stellt eine erste Pilotstudie mit einer speziellen Parameterfestsetzung des Schattenwurfs dar, die auch der Erprobung der Versuchsanordnung diente (ausgewählte Variablen, Technik). Als Versuchspersonen wurden aus zeitlichen und räumlichen Gründen Studierende und Berufstätige angeworben, die keine Erfahrungen mit periodischem Schattenwurf besaßen.

Die zentrale Fragestellung lautet:
Führt die hier gewählte Konfiguration (80%iger Kontrast, 20U/min, spezielle Projektion) einer einmaligen periodischen Schattendarbietung von mehr als 30 min Dauer bei mit periodischer Beschattung unerfahrenen Personen zu negativen Effekten in ausgesuchten Indikatoren der allgemeinen Leistungsfähigkeit, des Befindens, der Streßverarbeitung und des vegetativen Nervensystems?

2.4 Projektionssystem zur Simulation des periodischen Schattenwurfs

Als Projektionssystem zur Simulation des periodischen Schattenwurfs diente ein spezieller Scheinwerfer (Super Scan Zoom HMI 1200, Clay Paky; siehe Abbildung 6.2.3.2/1 im Anhang). In den Strahlengang des Scheinwerfers konnte eine drehbare Glasscheibe (Gobo-Scheibe) eingesetzt werden, auf die das Bild eines dreiarmigen Rotors aufgedampft war (siehe Abbildung 6.2.3.2/2 im Anhang). Über einen Steuerrechner war es möglich, unterschiedliche Kontraste und die Umdrehungszahl des Rotors einzustellen.
Um den Lichtkegel des Scheinwerfers auf eine ausreichende Größe einstellen zu können, wurden zwei Räume genutzt (siehe Raumskizze im Anhang 6.2.3.1/2). In dem einen Raum stand der Scheinwerfer, in dem anderen befanden sich Versuchsleiter (Vl) und Versuchsperson (Vp). Das weiße Licht des Scheinwerfers fiel durch die Türöffnung zwischen den beiden Räumen in den eigentlichen Versuchsraum (siehe Abbildung 2.4/1 und Abbildung 2.4/2).

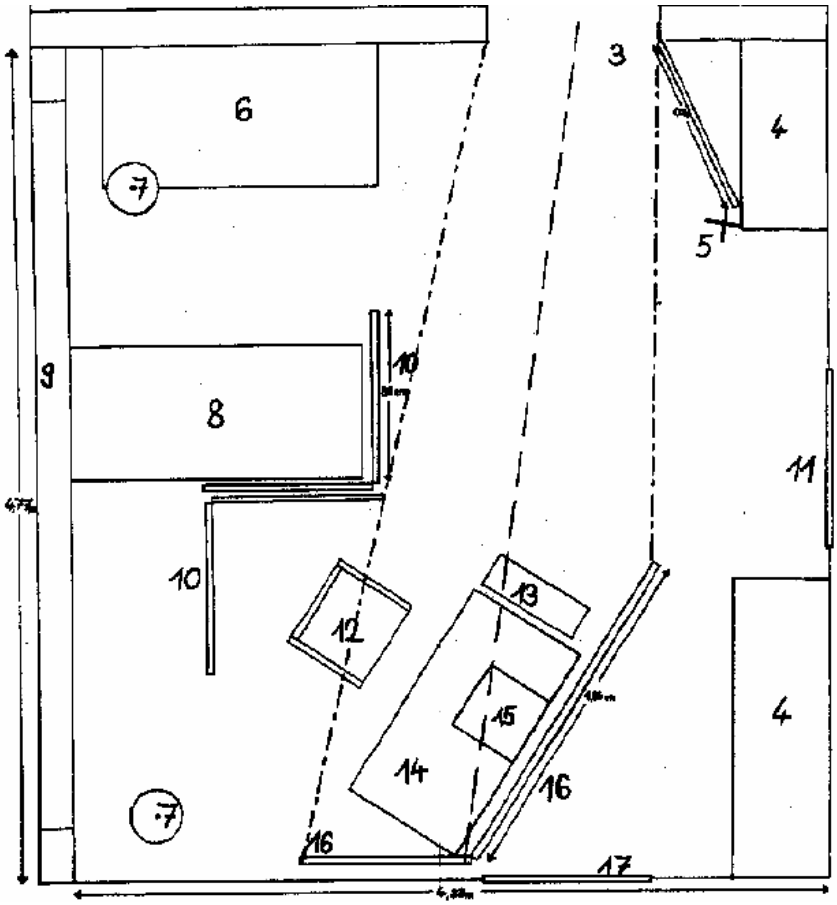

Abbildung 2.4/1: Skizze des Versuchsraumes und seiner wesentlicher Ausstattung sowie des Lichtkegels der Projektion mit seinen Begrenzungslinien (- • -) und seiner Mittellinie (- -);
(3: Verbindungstür zwischen den beiden Laborräumen, 4: Materialschrank, 5: Garderobenständer, 6: Vl-Tisch mit Material für die physiologischen Messungen, Ordner etc., 7: Halogen-Deckenfluter, 8: Vl-Tisch mit Monitor für die online-Datenerfassung, Vp-Beobachtungsmonitor und Zentralrechner-Monitor, 9: Fensterbank mit darunterliegendem Heizkörper, 10: Stellwand als Sichtschutz, 11: Durchgangstür zum Flur, 12: Vp-Stuhl mit Armlehnen, 13: Beistelltisch mit Blutdruckmeßgerät, 14: Vp-Tisch mit Monitor und Maus, 15: Vp-Monitor, 16: Stellwand als Reflexionsfläche für das Scheinwerferlicht, 17: Tür zum Nachbarraum).

Abbildung 2.4/2: Arbeitsplatz der Vp mit Monitor und Meßsystem.

Der Lichtkegel traf auf den schräg stehenden Tisch der Vp, den sich darauf befindlichen Monitor sowie die weißen Stellwände hinter dem Tisch der Vp. Der Platz war so angeordnet, daß der Schatten der Nabe des simulierten WEA-Rotors auf der linken vorderen Ecke des Monitors zu sehen war. Die Vp saß so, daß in das linke Auge der Vp kein direktes Scheinwerferlicht gelangte. Die weißen Stellwände hinter dem Tisch der Vp dienten dazu, eine möglichst große auf die Vp einwirkende Lichtfläche zu erzeugen. Zusammen mit dem Vp-Monitor reflektierten die Stellwände das Licht so, daß zwei gegenläufige Schattenbewegungen entstanden (siehe Abbildung 2.4/3; siehe auch Abbildung 6.2.3.2/3 im Anhang). Ideale Lichtbedingungen wurden darüber hinaus durch zwei Halogen-Deckenfluter und durch die Verdunklung des Raumes mit weißen Vorhängen, die als zusätzliche Reflexionsfläche dienten, geschaffen.

Abbildung 2.4/3: Schatten auf dem Monitor, dem Tisch und den Stellwänden aus der Sicht der Vp.

Für die Voruntersuchung wurden zunächst verschiedene Schattenkontraste bestimmt. Hierzu erfolgte bei konstanter Raumbeleuchtung durch zwei Halogen-Deckenfluter eine Messung der Lichtstärke ([lx/m²]; Lichtmeßgerät Colormeter 1210, Lichtmeßtechnik-LMT) unter der Dunkelbedingung. Im Strahlengang des Scheinwerfers befand sich dabei eine schwarze Gobo-Scheibe, die einen schmalen Lichtring am Rande des Kegels frei ließ. Die 20 cm vor jeder der drei Stellwände im Mittelpunkt des Schattens gemessenen Werte wurden gemittelt. Anschließend wurden sowohl Messung als auch Rechnung bei einem weißen Lichtkegel ohne Gobo-Scheibe wiederholt. Der Kontrast „K“ ergab sich aus beiden Messungen folgendermaßen: K = (Hell-Dunkel)/Hell.

3 Voruntersuchung zur Auswahl des Kontrastes

3.1 Fragestellung und Versuchsplan

Ziel der Voruntersuchung war es, eine periodische Schattenbedingung mit einen Kontrast zu finden, bei dem der Schattenwurf deutlich wahrgenommen und als belästigend empfunden wurde.
Präsentiert wurden fünf verschieden starke Kontraste (K%): K10, K20, K40, K60 und K80. Zudem wurde jeder Kontrast mit einer Umdrehungsgeschwindigkeit des Rotors von 20 U/min (U20) und 40 U/min (U40) untersucht. Aus der Kombination der Bedingungen ergab sich ein 5x2 Versuchsdesign (Tabelle 3.1/1). Jede Vp bekam alle 10 Reizkombinationen in randomisierter Reihenfolge dargeboten, wobei die K80-Bedingung nicht der 1. oder 2. Reiz war.

Tabelle 3.1/1: Versuchsplan der Voruntersuchung

	K10	K20	K40	K60	K80
U20					
U40					

N = 23

Die untersuchten Kontraste sollten sich in ihrem ersten subjektiven Wahrnehmungseindruck deutlich voneinander unterscheiden und von einem sehr schwachen bis zu einem sehr starken Kontrast reichen. Als schwächster Kontrast wurde ein 10%iger, als zweiter ein 20%iger gewählt, danach erfolgte die Variation in 20%-Stufen.

In der Tabelle 3.1/2 sind die Lichtstärken und die daraus auf drei Arten errechneten Kontraste wiedergegeben, wobei für die Bezeichnung der gewählten Kontrastbedingungen ΔL/L [=(Hell-Dunkel)/Hell] zugrunde lag.

Tabelle 3.1/2: Kontrastbedingungen der Voruntersuchung

Kontrast-bedingung	Lichtstärke (lx/m^2)	Kontrast (%)			
	Hell	Dunkel	ΔL/L= (Hell-Dunkel)/Hell	Dunkel/Hell	Hell/Dunkel
K10	122	109	10	90	112
K20	136	107	21	79	127
K40	177	107	40	60	166
K60	272	111	59	41	245
K80	584	115	80	20	506

3.2 Versuchspersonen

Als Versuchspersonen (Vpn) wurden 23 Studierende (5 männliche und 18 weibliche) aus dem Grundstudium des Hauptfaches Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angeworben, deren Alter zwischen 19 und 37 Jahren (M = 22.78 ± 1.01) lag.
Die Rekrutierung erfolgte sowohl über einen Aushang im Institut für Psychologie (siehe Anhang 6.2.1.1/1) als auch über direkte Anwerbung in einer Vorlesung. Den Vpn wurde zum Ablauf der einstündigen Untersuchung nur mitgeteilt, daß es sich um die Bewertung visueller Reize handeln würde.
Für ihre Teilnahme erhielten die Probanden einen Nachweis für geleistete Versuchspersonenstunden, die sie im Rahmen des Grundstudiums in einer vorgegebenen Anzahl abzuleisten haben.

3.3 Versuchsablauf

Die Untersuchung in Form von Einzelversuchen fand in den Laborräumen der Arbeitsgruppe „Visuelle Psychophysik“ des Institutes für Psychologie statt.
Die Vp saß an einem Tisch (siehe Abbildung 2.4/3), auf dem sich nur die Mappe mit dem Untersuchungsmaterial befand. Sie erhielt eine kurze mündliche und schriftliche Einweisung über den Ablauf der nächsten 45 min (siehe Anhang 6.2.1.2/1). Sie wurde darüber informiert, daß sie zehn verschiedenen visuellen Reizen ausgesetzt werden würde, die sie dann nach Aufforderung durch den Versuchsleiter (Vl) anhand von je drei Skalen zu bewerten habe. Einzuschätzen sei das jeweilige Ausmaß der „Wahrnehmung des Schattens“, der „Belästigung/des Gestörtwerdens durch den Schatten“ und der „Erträglichkeit des Schattens“. Für die Einschätzung standen fünf numerisch (0 bis 4) und verbal (nicht, wenig, mittelmäßig, ziemlich, sehr) gekennzeichnete Skalenstufen zur Verfügung.
Für jeden Reiz gab es in der Mappe eine Seite mit den drei Skalen zur Bewertung, dazwischen befanden sich Blätter mit der Bitte, auf weitere Anweisungen des Vl zu warten (siehe Anhang 6.2.1.1/2). Dieses Zwischenblatt sollte die Vp während der Reizpräsentation vor sich liegen haben.
Nach Aufnahme der Vp-Daten (Alter, Geschlecht, Semesterzahl) erfolgte die Präsentation der Reize in randomisierter Reihenfolge anhand einer für den jeweiligen Versuch vorliegenden Liste (siehe Anhang 6.2.1.2/2). Die zehn Reize wurden für eine Dauer von jeweils 3 min dargeboten. Nach den ersten 2.5 min des jeweiligen Reizes forderte der Vl die Vp auf, das vor

ihr liegende Zwischenblatt umzublättern und den Reiz auf den Skalen einzuschätzen. Dann, nach weiteren 30 s, entfernte der Vl den Reiz, indem er den Scheinwerfer in stand-by-Stellung brachte. Es folgte eine einminütige Pause, bis der Vl der Vp die Präsentation des nächsten Reizes angekündigte. Während dieser Zeit war der Raum durch zwei Halogen-Deckenfluter erhellt.
Am Ende der Untersuchung erfolgte eine Aufklärung über den Hintergrund der Studie (Belästigung durch periodischen Schattenwurf von WEAn).

3.4 Ergebnisse und Diskussion

Die Abbildung 3.4/1 zeigt die Mittelwerte (M) und Standardfehler des Mittelwerts (SEM) der Bewertung der Wahrnehmbarkeit des periodischen Schattens unter den verschiedenen Kontrastbedingungen für die beiden Umdrehungsgeschwindigkeiten.

Erkennbar ist, daß die Mittelwerte mit zunehmender Kontraststärke größer werden. Bei der kleineren Umdrehungszahl (U20) erhöhte sich die Wahrnehmbarkeit deutlich von K20 auf K40 ($p = .059$; einseitiger Wilcoxon-Test) von K40 auf K60 ($p = .017$) und von K60 auf K80 ($p = .038$), wobei der deutlichste Sprung von K40 auf K60 auftrat. Bei der höheren Umdrehungszahl (U40) stieg die Wahrnehmbarkeit von K20 auf K40 ($p = .0016$) sprunghaft an. Unter höheren Kontrastbedingungen zeigten sich nur leichte Zunahmen.

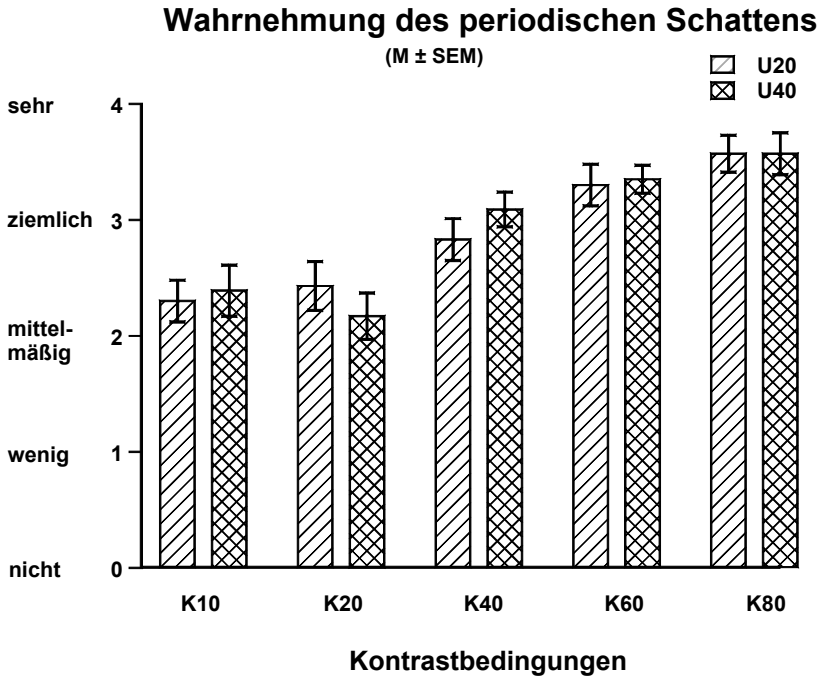

Abb. 3.4/1: Mittelwerte (± SEM) des Schattenitems „Wahrnehmung des periodischen Schattens“ für die verschiedenen Kontrastbedingungen 20 U/min und 40 U/min.

Die Mittelwerte der eingeschätzten Belästigung durch den periodischen Schatten sind in Abbildung 3.4/2 dargestellt. Als genereller Trend ist zu erkennen, daß mit zunehmendem Kontrast die Belästigung größer wurde. Die größte Zunahme bei der kleineren Umdrehungszahl (U20) zeigte sich von K40 auf K60 ($p = .015$) und bei der größeren Umdrehungszahl (U40) eine Kontraststufe früher von K20 auf K40 ($p = .011$).

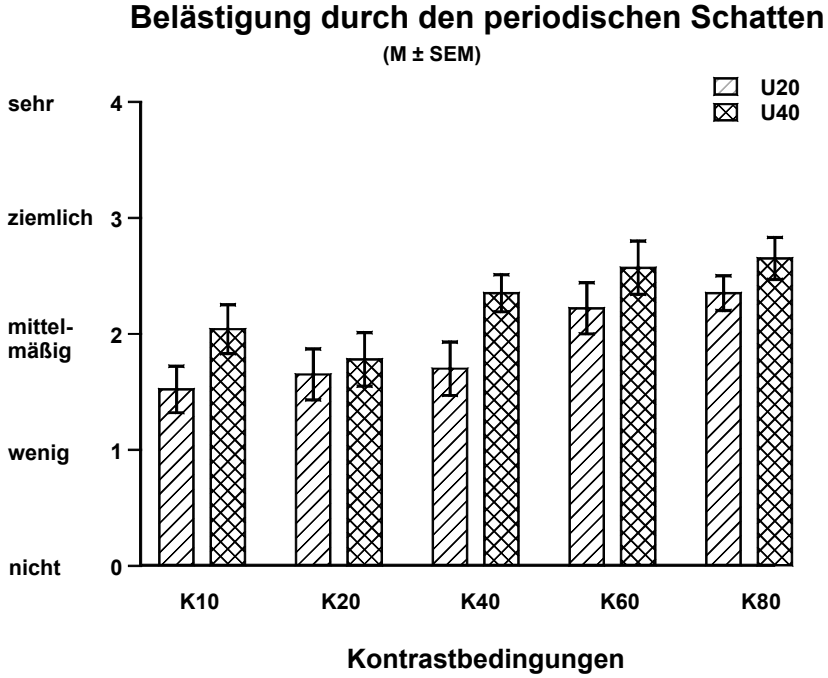

Abb. 3.4/2: Mittelwerte (± SEM) des Schattenitems „Belästigung durch den periodischen Schatten“ für die verschiedenen Kontrastbedingungen 20 U/min und 40 U/min.

Auch bei der Einschätzung der Erträglichkeit (siehe Abbildung 3.4/3) zeigten sich an den gleichen Stellen deutliche Unterschiede zwischen den Kontrastbedingungen und zwar durch Abnahme der Mittelwerte, wodurch die Ergebnisse der eingeschätzten Belästigung gestützt werden (U20: K40/K60, p = .013; U40: K20/K40, p = .035).

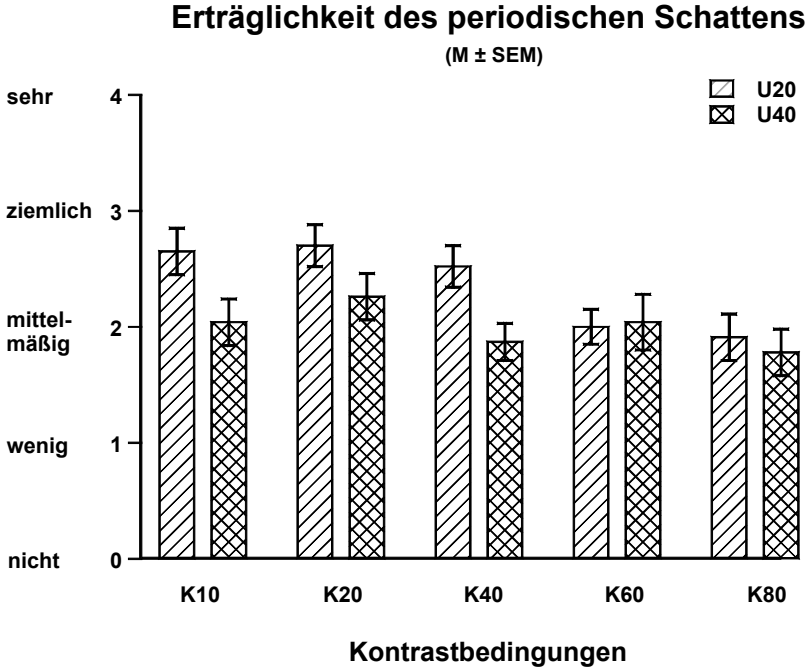

Abb. 3.4/3: Mittelwerte (± SEM) des Schattenitems „Erträglichkeit des periodischen Schattens“ für die verschiedenen Kontrastbedingungen 20 U/min und 40 U/min.

Um zu prüfen, ob Wahrnehmbarkeit und Belästigung auch von der Gesamtdauer der Beschattung abhängen, wurden die Mittelwerte der Reize nach ihrer Position innerhalb des Versuchsablaufes und damit unabhängig von Stärke des Kontrastes und der Umdrehungszahl analysiert. Eine sprunghafte Zunahme des Mittelwertes der Variablen „Wahrnehmung“ trat nach ca. 15 min vom vierten auf den fünften Reiz auf ($p = .0048$; siehe Abbildung 3.4/4).

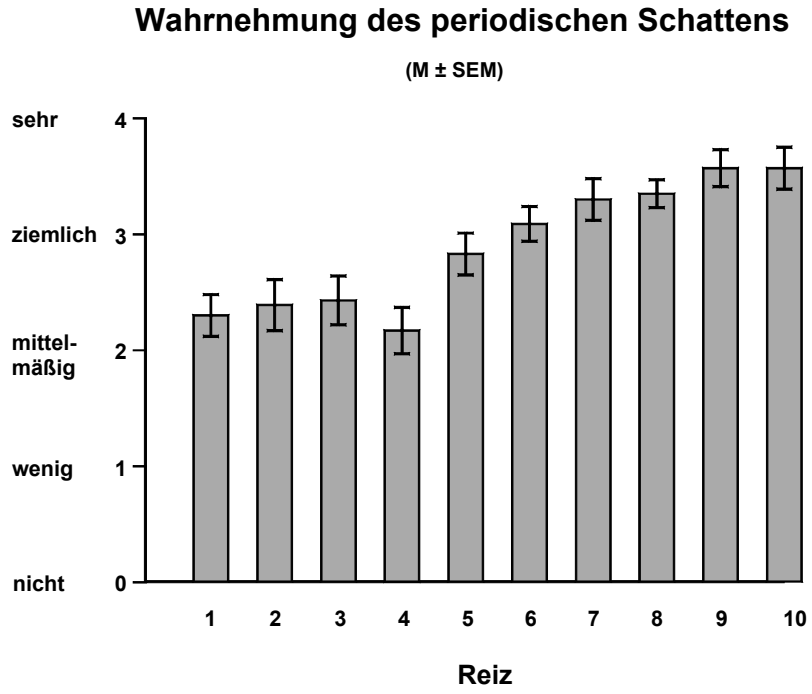

Abb. 3.4/4: Mittelwerte (± SEM) des Schattenitems „Wahrnehmung des periodischen Schattens“ für die verschiedenen Reize.

Die Belästigung nahm nach ca. 20 min vom fünftem zum sechsten Reiz stark zu (p = .017) und blieb danach erhöht (siehe Abbildung 3.4/5). Dieses Ergebnis ist ein Hinweis darauf, daß die Belästigung durch periodischen Schattenwurf bei nicht mit Aufgaben beschäftigten Vpn - innerhalb des untersuchten Bereichs unabhängig von Kontraststärke und Umdrehungszahl - nach einer bestimmten Zeit deutlich zunehmen kann.

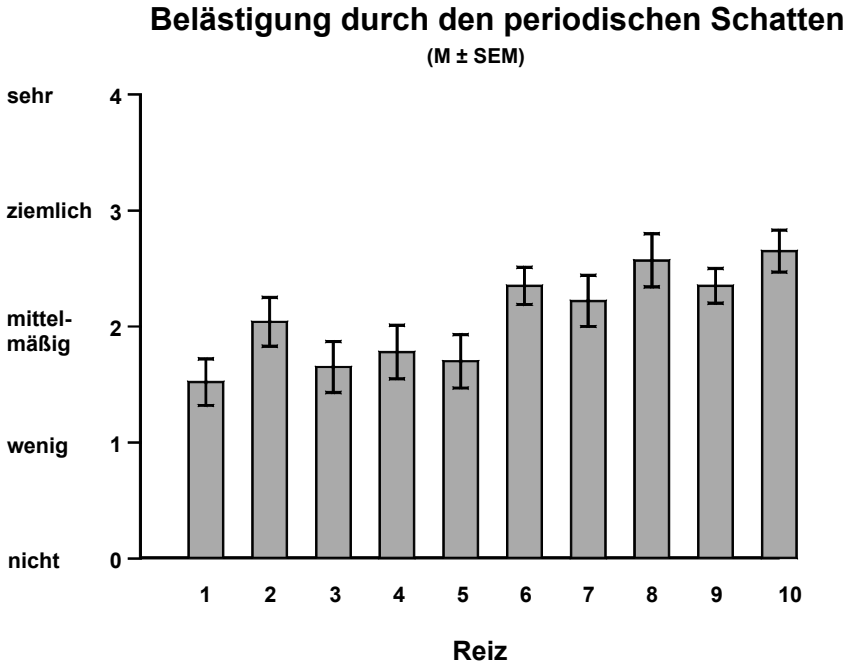

Abb. 3.4/5: Mittelwerte (± SEM) des Schattenitems „Belästigung durch den periodischen Schatten“ für die verschiedenen Reize.

Ziel der Voruntersuchung war es, eine möglichst wirksame Reizkombination zu finden, die in der Hauptuntersuchung eingesetzt werden sollte.

Aufgrund der Ergebnisse wurde die Kontrastbedingung K80 ausgewählt, da sie am stärksten wahrgenommen wurde und als am belästigensten empfunden wurde. In diesen beiden Variablen gab es bei K80 keine Unterschiede bei Variation der Umdrehungsgeschwindigkeit. Für die Hauptuntersuchung wurde die K80U20-Reizkombination ausgewählt, weil unter der kleineren Umdrehungszahl (U20) die Mittelwerte für „Wahrnehmung“ und „Belästigung“ monoton stiegen.

4 Hauptuntersuchung

In der Hauptuntersuchung wurde der Frage nachgegangen, ob periodischer Schattenwurf mit den aufgrund der Ergebnisse der Voruntersuchung gewählten Parametern zu Streßeffekten in Indikatoren des Befindens, der kognitiven Bewältigung, der allgemeinen Leistungsfähigkeit und des vegetativen Nervensystems führt.

4.1 Methoden

4.1.1 Versuchsplan

Die Untersuchung wurde an zwei Stichproben durchgeführt. Im ersten Durchgang dienten Studierende als Versuchspersonen (je 16 weibliche und männliche Studierende; Durchschnittsalter 23 Jahre). Die zweite Stichprobe setzte sich aus Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern verschiedener Behörden des Landes Schleswig-Holstein (Staatliches Umweltamt, Schleswig; Ministerium für Umwelt, Natur und Forsten, Kiel; Landesamt für Natur und Umwelt, Flintbek und Landesamt für Gesundheit und Arbeitssicherheit, Kiel) zusammen (8 weibliche und 17 männliche Vpn; Durchschnittsalter 47 Jahre).

Alle Probanden wurden getrennt nach Geschlechtern per Zufall der Experimental (EG)- oder der Kontrollgruppe (KG) zugeordnet und zu je sechs Meßzeitpunkten untersucht (2x2x6 Versuchsdesign; Tabelle 4.1.1/1 und 4.1.1/2). In der Hauptphase (Scheinwerferphase) wurde die EG einem periodischen Schattenwurf von 1 h Dauer und 80%igem Kontrast (K80) ausgesetzt. Die KG erhielt währenddessen nur weißes Licht von, bezogen auf den unbeschatteten Bereich, gleicher Intensität wie die EG. Der Kontrast des Lichtkegels und die Umdrehungsgeschwindigkeit von 20 U/min (U20) des simulierten Rotors wurden auf Grund der Ergebnisse der Voruntersuchung ausgewählt (siehe Kapitel 3).

Von den Meßzeitpunkten, die sich in Test- (TP) und Meßphasen (MP) gliederten, lagen zwei Meßzeitpunkte vor (TP 1-2, MP 1-2), drei während (TP 3-5, MP 3-5) und ein Meßzeitpunkt (TP 6, MP 6) nach der Scheinwerferphase.

Tabelle 4.1.1/1: Versuchsplan und Anzahl der weiblichen und männlichen Versuchspersonen (Studierende)

	KG (K80 U0)	EG (K80 U0)
Frauen	8	8
Männer	8	8
	16	16

N=32

Tabelle 4.1.1/2: Versuchsplan und Anzahl der weiblichen und männlichen Versuchspersonen (Berufstätige)

	KG (K80 U0)	EG (K80 U20)
Frauen	4	4
Männer	8	9
	12	13

N = 25

4.1.2 Versuchspersonen

4.1.2.1 Anwerbung der Versuchspersonen

Studierende

Als Versuchspersonen wurden Studierende verschiedener Fachrichtungen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel angeworben, wobei Studierende des Faches Psychologie wegen möglichen Vorwissens über die Untersuchung und methodischer Fachkenntnisse von der Teilnahme ausgeschlossen waren. Die Rekrutierung erfolgte über Aushänge (siehe Anhang 6.2.2.1.1/1) in verschiedenen Instituten und Zentraleinrichtungen der Universität.

Die Aushänge enthielten erste Informationen über die Untersuchung sowie die Teilnahmebedingungen (deutsche Muttersprache, Lebensalter von höchstens 35 Jahren, keine Studierenden der Psychologie). Weiterhin war eine Telefonnummer mit Telefonzeiten für nähere Auskünfte und Terminabsprachen angegeben.
Laut Aushang handelte es sich um eine Untersuchung zum Thema Konzentrationsfähigkeit mit einer Dauer von ca. 2.5 h. Das Honorar für die Teilnahme betrug 40.- DM.

Die Rekrutierung fand im Januar 2000 statt und war nach wenigen Tagen abgeschlossen. Die Telefonate mit den Versuchspersonen hatten standardisierte Form (siehe Anhang 6.2.2.1.1/2).

Die Anrufer erhielten zunächst eine kurze Erklärung zum angeblichen Thema der Untersuchung (Konzentrationsfähigkeit) sowie allgemeine Informationen zum Versuchsablauf. Danach erfolgte die Terminabsprache, wofür von Montag bis Freitag täglich vier Termine zur Verfügung standen, von denen zwei am Vormittag (8:30 und 11:30) und zwei am Nachmittag (14:30 und 17:30) lagen. Abschließend wurden die Personen nachdrücklich gebeten, vor der Untersuchung folgende Verhaltensmaßregeln einzuhalten: mindestens 24 h vorher keinen

Alkohol zu trinken, in der Nacht vorher die normale Schlafzeit einzuhalten (mindestens jedoch 5 h), vor Versuchsbeginn nicht mehr als gewöhnlich zu rauchen, gesättigt zum Untersuchungstermin zu erscheinen, am Untersuchungstag, wenigstens jedoch 6 h vorher, nicht mehr Kaffee, schwarzen Tee oder andere koffeinhaltige Getränke als sonst zu sich zu nehmen und in den Tagen vor der Untersuchung körperlich oder psychisch belastende Situationen zu vermeiden. Der Anrufer wurde darauf hingewiesen, daß ein neuer Termin vereinbart werden sollte, falls am Untersuchungstag eine Erkrankung oder eine psychische Beeinträchtigung vorliegen sollte. Das Telefonat endete mit einer genauen Wegbeschreibung zum Labor.

Von den 35 durchgeführten Untersuchungen konnten drei aufgrund technischer Probleme nicht ausgewertet werden. Der Umfang der endgültigen Stichprobe belief sich auf 32 Vpn, 16 männliche und 16 weibliche.

Berufstätige

Die Anwerbung der berufstätigen Probanden erfolgte mit Hilfe eines Rundschreibens (siehe Anhang 6.2.2.1.2/1 und 6.2.2.1.2/2) an Amtsleiterinnen und Amtsleiter der Behörden.
In diesem Rundschreiben wurde um die Teilnahme an einer 2.5-stündigen Laborsitzung im Rahmen eines Projekts des Psychologischen Instituts der CAU Kiel gebeten. Geworben wurde mit der Ankündigung, daß es sich dabei um eine Untersuchung zur Qualität von Bildschirmarbeit unter verschiedenen Lichtverhältnissen handelte. Für ihre Mitarbeit wurde den Vpn keine Bezahlung in Aussicht gestellt, aber die Anrechnung der dafür aufgewandten Zeit als Arbeitszeit zugesagt.
Die in dem Rundschreiben genannten Teilnahmebedingungen waren ein Lebensalter zwischen 45 und 55 Jahren, mehrjährige (Berufs-)Erfahrung mit Bildschirmarbeit, Gesundheit und normale Leistungsfähigkeit sowie Interesse an der Untersuchung. Die Vpn wurden außerdem gebeten, am Tag vor der Untersuchung und am Untersuchungstag die gleichen Verhaltensrichtlinien wie die Studierenden einzuhalten (siehe Anhang 6.2.2.1.2/1).

Zwei Probanden konnten aufgrund von beruflicher Unabkömmlichkeit nicht an der Untersuchung teilnehmen. Von den 26 durchgeführten Untersuchungen konnte eine wegen gesundheitlicher Probleme der Vp nicht ausgewertet werden. Der Umfang der endgültigen Stichprobe belief sich auf 25 Versuchspersonen, 8 weibliche und 17 männliche.

4.1.2.2 Stichprobenbeschreibung

Das durchschnittliche Alter der 16 weiblichen und 16 männlichen Studierenden lag bei knapp 23 Jahren, die Altersspanne reichte von 19 bis 31 Jahren. Die Semesterzahl betrug 4-6 Semester. Die genauen Werte sind Tabelle 4.1.2.2/1 zu entnehmen. In den beiden Untersuchungsgruppen gab es keine statistisch bedeutsamen Unterschiede hinsichtlich Alter und Semesterzahl der Probanden.

Tabelle 4.1.2.2/1: Alter und Semesterzahl (M ± SEM)

	KG (K80 U0)	EG (K80 U20)	alle Vpn
Alter (Studierende)	22.50 ± 0.72	23.38 ± 0.93	22.94 ± 0.58
Semesterzahl	4.69 ± 1.32	4.44 ± 1.16	4.56 ± 0.87
Alter (Berufstätige)	47.50 ± 1.22	47.15 ± 0.85	47.32 ± 0.72

(M: arithmetischer Mittelwert; SEM: Standardfehler des Mittelwerts)

In der Gruppe berufstätiger Probanden befanden sich 8 weibliche und 17 männliche Vpn, davon in der EG 4 weibliche und 9 männliche Vpn. Das durchschnittliche Alter lag in beiden Gruppen bei etwa 47 Jahren, die Altersspanne reichte von 42 bis 57 Jahren.
Weitere Stichprobenparameter wie die Verteilung der Vpn auf die Studienfächer bzw. Behörden, Anzahl Raucher/Nichtraucher und ein Vergleich der Stichprobe der Berufstätigen mit der Stichprobe der Feldstudie finden sich im Anhang 6.1.3.

4.1.3 Erhobene Maße

4.1.3.1 Subjektive Maße

Bei beiden Stichproben wurden folgende subjektive Maße erhoben: Bewertung des Schattenreizes, Streßverarbeitung und Befindlichkeit. Diese Items sind in Tabelle 4.1.3.1/1 dargestellt. Die Gruppe berufstätiger Personen erhielt darüber hinaus zusätzliche Items zur Bewertung der Lichtverhältnisse und desweiteren Items zur Einschätzung ihres Umweltbewußtseins. Die in dieser tabellarischen Übersicht aufgeführten Items werden im folgenden genauer erklärt.

Tabelle 4.1.3.1/1: Subjektive Maße (unipolare Skala von 0 „nicht“ bis 4 „sehr“ bzw. bipolare Skala von -2 „sehr abnehmend“ bis +2 „sehr zunehmend“)

Bewertung des Schattenreizes Items in den Meßphasen 3, 4 und 5 (in der Experimentalbedingung beider Versuchsgruppen)	**Kategorie**
Wahrnehmung des wandernden Schattens	Wahrnehmung
Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben durch den wandernden Schatten	Belästigung/Störung
Erträglichkeit des wandernden Schattens	Erträglichkeit
Veränderung des Ausmaßes der Belästigung bzw. Störung durch den wandernden Schatten seit Beginn des Schattenwurfs bis zum jetzigen Zeitpunkt	Veränderung der Belästigung
Bewertung der Lichtverhältnisse Items in Meßphase 3, 4 und 5 (in beiden Versuchsbedingungen Berufstätiger)	
Ich fühlte mich durch die besonderen Lichtverhältnisse angeregt, mich stärker auf die Bearbeitung der Testaufgaben zu konzentrieren.	Anregung
Ich empfand die besonderen Lichtverhältnisse als angenehm.	Angenehmheit
Ich empfand die besonderen Lichtverhältnisse als irritierend.	Irritation
Durch die besonderen Lichtverhältnisse wurde mein Blick vom Bildschirm abgelenkt.	Ablenkung
Das Bearbeiten der Testaufgaben war wegen der besonderen Lichtverhältnisse anstrengender als ohne.	Anstrengung
Ich fühlte mich durch die besonderen Lichtverhältnisse frustriert und habe in der Konzentration nachgelassen.	Frustration/Konzentration
Rückblickende Bewertung der Lichtverhältnisse Items in MP 6 (in beiden Versuchsbedingungen Berufstätiger)	
In welchem Ausmaß haben die besonderen Lichtverhältnisse Ihre Testleistungen beeinflußt?	
Wieviel Energie hat Sie die Bearbeitung der Testaufgaben während der besonderen Lichtverhältnisse gekostet im Vergleich zu den Testaufgaben ohne diese Lichtverhältnisse?	
Ohne die besonderen Lichtverhältnisse wären meine Leitungen in den Tests besser gewesen. (ja/nein; Falls ja: bitte schätzen Sie um wieviel Prozent)	
Ohne den Zeitdruck wären meine Leitungen in den Tests besser gewesen. (ja/nein; Falls ja: bitte schätzen Sie um wieviel Prozent)	
Ohne die Geräusche des Scheinwerfers wären meine Leitungen in den Tests besser gewesen. (ja/nein; Falls ja: bitte schätzen Sie um wieviel Prozent)	

Tabelle 4.1.3.1/1: Subjektive Maße (unipolare Skala von 0 „nicht“ bis 4 „sehr“ bzw. bipolare Skala von -2 „sehr abnehmend“ bis +2 „sehr zunehmend“) (Forts.)

Streßverarbeitung Items in den Meßphasen 3, 4 und 5 (in beiden Versuchsgruppen)	
Ich werde ernsthaft bedroht. (Studierende) Ich fühle mich bedroht. (Berufstätige)	Bedrohung
Das fordert mich richtig heraus.	Herausforderung
Ich müßte irgend etwas an der Situation aktiv verändern.	Situationskontrollversuche
Ich muß mein Verhalten unter Kontrolle behalten.	Reaktionskontrollversuche
Dieser Situation möchte ich so schnell wie möglich entkommen.	Fluchttendenz
Ich vermeide in Zukunft solche Situationen.	Vermeidungstendenz
Damit werde ich schon fertig.	Positive Selbstinstruktion
Das ist alles halb so schlimm.	Bagatellisierung
Ich möchte gerne mit jemandem über die Situation sprechen.	Bedürfnis nach sozialer Unterstützung
Ich zögere bei der Tätigkeit.	Verhaltenshemmung
Ich bin irgendwie hilflos.	Hilflosigkeit
Befindlichkeit Items in allen Meßphasen (in beiden Versuchsgruppen)	
Innere Unruhe	unspezifische Emotionen
Innere Anspannung	unspezifische Emotionen
Konzentrationsfähigkeit	Aktiviertheit/Deaktiviertheit
Müdigkeit	Aktiviertheit/Deaktiviertheit
Freude	spezifische Emotionen
Angst	spezifische Emotionen
Ärger	spezifische Emotionen
Traurigkeit	spezifische Emotionen
Körperliches Unwohlsein	emotionsunspezifische Komponente des körperlichen Befindens
Herzklopfen	körperliche Symptome
Schwitzen	körperliche Symptome
Angespannte Muskeln	körperliche Symptome
Übelkeit	körperliche Symptome
Kopfschmerzen	körperliche Symptome
Schwindel	körperliche Symptome

4.1.3.1.1 Bewertung des Schattenreizes

Um die Auswirkung des Schattenreizes auf der subjektiven Ebene zu erfassen, wurde in der Experimentalbedingung während der Meßphasen 3, 4 und 5 mit weiteren Items erfragt, wie stark der Schattenreiz wahrgenommen wurde und wie erträglich der Schatten für die Vp war. Einzuschätzen war außerdem, inwieweit sich der Schattenreiz bei der Bearbeitung der Testaufgaben störend oder belästigend auswirkte, und inwieweit sich das Ausmaß dieser Störung bzw. Belästigung im Lauf der Zeit veränderte. Für die zuletzt genannte Einschätzung stand eine Skala mit fünf numerisch (-2 bis +2) und verbal (sehr abnehmend, abnehmend, gleichbleibend, zunehmend, sehr zunehmend) gekennzeichneten Skalenstufen zur Verfügung. Die übrigen Items waren auf einer fünfstufigen Skala einzuschätzen (0 „nicht“, 1 „wenig“, 2 „mittelmäßig“, 3 „ziemlich“, 4 „sehr“).

In den Meßphasen 3 bis 5 wurden in der Stichprobe Berufstätiger zusätzliche Items zur Einschätzung der „besonderen Lichtverhältnisse“ erhoben. Diese Items wurden im Gegensatz zu

den Items zur Bewertung des Schattenreizes, die nur in der Experimentalbedingung abgefragt wurden, sowohl in der Kontroll- als auch in der Experimentalbedingung vorgelegt.
Durch diese Items wurde erfragt, in welchem Maß sich die Vp durch die besonderen Lichtverhältnisse angeregt gefühlt hatte, sich stärker auf die Bearbeitung der Testaufgaben zu konzentrieren, inwieweit sie die Lichtverhältnisse als angenehm oder irritierend empfunden hatte und in welchem Ausmaß ihr Blick durch die besonderen Lichtverhältnisse vom Bildschirm abgelenkt worden war. Darüber hinaus sollte die Vp mittels der oben dargestellten Skalierung angeben, inwieweit die besonderen Lichtverhältnisse die Bearbeitung der Testaufgaben erschwert und zu Frustration und verminderter Konzentration geführt hatten.

Im Anschluß an Meßphase 6 wurden die berufstätigen Vpn mittels eines Fragebogens (siehe Anhang 6.2.2.1.2/5) gebeten, die besonderen Lichtverhältnisse während der Meßphasen 3, 4 und 5 rückblickend zu bewerten. Dabei sollte auf einer bipolaren fünfstufigen Skala eingeschätzt werden, in welcher Weise und welchem Ausmaß die besonderen Lichtverhältnisse die Testleistungen und den Energieaufwand für die Bearbeitung der Testaufgaben beeinflußt hatten (-2 „sehr verschlechtert“, +2 „sehr verbessert“ bzw. -2 „sehr viel weniger“, +2 „sehr viel mehr“). Weiterhin wurde abgefragt, ob die Testleistungen durch die besonderen Lichtverhältnisse, den Zeitdruck oder die Geräusche des Scheinwerfers verschlechtert worden waren. Gegebenenfalls sollte zudem das Ausmaß der Verschlechterung in Prozent geschätzt werden.

4.1.3.1.2 Streßverarbeitung

Um die kognitiven Reaktionen auf den Stressor erfassen zu können, wurden Items zur Streßverarbeitung erhoben. Die Auswahl dieser Items orientierte sich an der aktuellen Kurzform des Streßverarbeitungsfragebogens (SVF ak; Janke & Erdmann, 1986). Bezogen auf die letzten 10 min wurde retrospektiv erfragt, in welchem Ausmaß bestimmte Gedanken aufgetreten waren.
Zur differenzierteren Erfassung der kognitiven Streßreaktion wurden weitere Items hinzugefügt, um sowohl primäre als auch sekundäre Bewertungsprozesse der Streßreaktion im Sinne des Streßmodells von Lazarus & Launier (1978) zu erfassen. Nach diesem Streßmodell versteht man unter der primären Bewertung eine allgemeine Einschätzung der Bedeutung eines Ereignisses oder einer Situation, in der man sich befindet, für das allgemeine Wohlbefinden (Herausforderung: „Das fordert mich richtig heraus“; Bedrohung: „Ich werde ernsthaft bedroht“).

In die Klasse der sekundären Bewertungsprozesse fallen die Einschätzung von Handlungsmöglichkeiten zur Bewältigung des Ereignisses/der Situation sowie deren Chancen auf Erfolg. Zu den Formen der Bewältigungsmodi gehören Informationssuche und direktes Handeln (Situationskontrollversuche: „Ich müßte irgend etwas an der Situation aktiv verändern“; Reaktionskontrollversuche: „Ich muß mein Verhalten unter Kontrolle behalten“; Fluchttendenz: „Dieser Situation möchte ich so schnell wie möglich entkommen“; Vermeidungstendenz: „Ich vermeide in Zukunft solche Situationen“).
Weiterhin werden zu den Bewältigungsmodi intrapsychische Verarbeitungsprozesse (Positive Selbstinstruktion: „Damit werde ich schon fertig“; Bagatellisierung: „Das ist alles halb so schlimm“; Bedürfnis nach sozialer Unterstützung: „Ich möchte gerne mit jemandem über die Situation sprechen“) und Verhaltenshemmung („Ich zögere bei der Tätigkeit“) gezählt. Zu den intrapsychischen Verarbeitungsprozessen gehören kognitive Prozesse, die der Dämpfung von Emotionen dienen und alle Formen der Ausrichtung der Aufmerksamkeit. Die Art der Bewältigungsform ist nach Lazarus & Launier (1978) abhängig vom Grad der Ungewißheit, von der Stärke der Bedrohung, vom Vorliegen eines Konflikts und vom Grad der Hilflosigkeit („Ich bin irgendwie hilflos“). Neubewertungen seien ständig bei fortlaufender Wahrnehmung der Situation und deren Veränderung möglich. In diese ginge der bisherige Erfolg der verwendeten Bewältigungsmaßnahmen ein. Diese Neubewertungen seien realistisch oder defensiv (leugnende und rationalisierende Verarbeitungsstrategie).

Die genannten Items wurden in den Meßphasen 3, 4 und 5 nach den Fragen zur Befindlichkeit dargeboten. Dieser Itemblock wurde durch eine Bemerkung eingeleitet, daß die Probanden das Ausmaß der folgenden Gedanken bezogen auf die letzten 10 min angeben sollten. Sie waren am Computer auf einer fünfstufigen Skala (0 entsprach „nicht“, 1 „wenig“, 2 „mittelmäßig“, 3 „ziemlich“ und 4 „sehr“) einzuschätzen. Die Eingabe der Antwort erfolgte wieder durch einen Mausklick zunächst auf die gewählte Schaltfläche, dann auf die OK-Taste; eine Korrektur der gegebenen Antwort war bis zur Betätigung der OK-Taste möglich.

4.1.3.1.3 Befindlichkeit

Psychische und somatische Befindlichkeitsmaße dienten dazu, die durch die Versuchsbedingungen hervorgerufenen Änderungen im subjektiven Befinden der Vp breit und differenziert zu erheben. Dies geschah durch mehrere Selbstbeurteilungsverfahren, die sich an bereits vorhandenen Inventaren zur Erfassung des aktuellen Befindens orientieren. Diese Inventare waren die aktuelle Kurzform der „Befindensskalierung anhand von Kategorien und Eigenschaftswörtern (BSKE-EA ak)“ von Janke, Hüppe, Kallus & Schmidt-Atzert (1988) und die aktuelle Kurzform der „Mehrdimensionalen Körperlichen Symptomliste (MKSL-20 ak)“ von Erdmann & Janke (1984). Beides sind mehrdimensionale Verfahren zur Erfassung des aktuellen Befindens, die wegen ihrer Kürze gut geeignet sind, flüchtige Zustände abzubilden. Desweiteren können sie während jeder Meßphase erhoben werden. Die zu skalierenden Items wurden der Vp auf dem Bildschirm dargeboten. Auf einer Skala von 0 bis 4 war anzugeben, inwieweit das genannte Gefühl, der Gedanke oder die Empfindung während der letzten 10 min aufgetreten war. Der Wert 0 entsprach „nicht“, 1 „wenig“, 2 „mittelmäßig“, 3 „ziemlich“ und 4 „sehr“. Die Eingabe der Antwort erfolgte durch einen Mausklick zunächst auf die gewählte Schaltfläche, dann auf die OK-Taste. Die Korrektur der gegebenen Antwort war bis zur Betätigung der OK-Taste möglich.

Die Items der BSKE-EA lassen sich vier Befindlichkeitsbereichen zuordnen: unspezifische Emotionen („innere Unruhe“, „innere Anspannung“), Aktiviertheit/Deaktiviertheit („Konzentrationsfähigkeit“, „Müdigkeit“), spezifische Emotionen („Freude“, „Angst“, „Ärger“, „Traurigkeit“) und eine unspezifische Komponente des körperlichen Befindens („körperliches Unwohlsein“).

Die meisten Items zur Messung von subjektiv wahrgenommenen körperlichen Veränderungen wurden der Kurzform des MKSL-20 entnommen. Die Items beziehen sich auf Organe, körperliche Funktionen oder Zustände („Herzklopfen“, „Schwitzen“, „angespannte Muskeln“, „Kopfschmerzen“). Weitere Items wurden hinzugefügt, da vermutet wurde, daß die betreffenden Symptome durch die Wahrnehmung des periodischen Schattens ausgelöst werden könnten („Schwindel“, „Übelkeit“).

Desweiteren wurden drei Summenscores gebildet. Die Items zur Messung von subjektiv wahrgenommenen körperlichen Veränderungen („körperliches Unwohlsein“, „Herzklopfen“,

„Schwitzen“, „angespannte Muskeln“, „Kopfschmerzen“, „Schwindel“, „Übelkeit“) addierten sich zu der körperlichen Symptomsumme, und die Items zur Messung von subjektiv wahrgenommenen emotionalen Veränderungen („Freude“, „innere Unruhe“, „Ärger“, „innere Anspannung“, „Angst“, „Müdigkeit“, „Traurigkeit“, „Konzentrationsfähigkeit“) zu der psychischen Symptomsumme. Zuletzt wurde eine gesamte Symptomsumme über sämtliche Items zur Messung der Befindlichkeit gebildet.

4.1.3.1.4 Umweltbewußtsein

Die Items zum Umweltbewußtsein wurden nur bei den berufstätigen Probanden erhoben. Um die Stichprobe der Berufstätigen mit der Stichprobe der Feldstudie (Pohl, Faul & Mausfeld, 1999) vergleichen zu können, wurde der Vp im Anschluß an Meßphase 6 ein weiterer Fragebogen (siehe Anhang 6.2.2.1.2/5) mit zusätzlichen Items vorgelegt. Die Vp sollte auf der fünfstufigen Skala ihr Umweltbewußtsein, die wahrgenommene Bedrohung der Umwelt, ihre Betroffenheit durch Umweltprobleme, ihre Bereitschaft zu umweltverträglichem Verhalten, ihren Beitrag zum aktiven Umweltschutz, ihr Wissen über ökologische Zusammenhänge und Umweltprobleme, ihr Wissen über WEAn sowie den Beitrag von WEAn zum Umweltschutz einschätzen. Weiterhin wurden Technikfaszination und allgemeine Empfindlichkeit der Vp für Lärm und flackerndes Licht erhoben.

Erfragt wurde außerdem der Grad des Einverständnisses der Berufstätigen mit WEAn in der Nähe der eigenen Wohnung, mit WEAn allgemein, einzeln stehenden WEAn, Windparks auf dem Festland, Windparks im Meer (off shore), Sonnenkollektoren, Kohle-/Gaskraftwerken und Atomkraftwerken.

Schließlich wurde erfaßt, ob die Vp in der Nähe einer WEA wohnte oder gewohnt hatte. In diesem Fall wurde die Vp gebeten anzugeben, inwieweit sie sich durch periodischen Schattenwurf, Geräusche/Lärm sowie Veränderung des Landschaftsbildes durch die WEA belästigt fühlte bzw. gefühlt hatte. Auch hier wurde die fünfstufige Skala verwendet (0 entsprach „nicht“, 1 „wenig“, 2 „mittelmäßig“, 3 „ziemlich“ und 4 „sehr“).

4.1.3.2 Leistungsmaße

Der Schatten sich drehender Rotorblätter einer WEA ist ein periodisches Bewegungssignal. Wird im peripheren Gesichtsfeld ein solches Bewegungssignal wahrgenommen, kommt es u.

U. unwillkürlich oder willkürlich zur Ausrichtung der Aufmerksamkeit in Richtung der Bewegung. Dies stellt eine Ablenkung von einer zum gleichen Zeitpunkt auszuführenden Aufgabe dar. Um die Aufmerksamkeit weiterhin auf die Ausführung der Aufgabe zu fokussieren, bedarf es eines höheren Energieaufwands.

Um das Ausmaß der Ablenkung durch den rotierenden Schatten erfassen zu können, wurden in der vorliegenden Untersuchung Aufgaben gewählt, bei denen die Störbarkeit der Aufmerksamkeit eindeutig quantifizierbar ist. Bei „Rechnen (KLT)“ war kognitiv-abstrakte Aufmerksamkeit, bei „Visuelle Suche (Symbole)“ und „Visuelle Suche (Zahlen)“ Aufmerksamkeit mit einer visuellen Komponente erforderlich.

4.1.3.2.1 Rechnen

Der erste von der Vp zu bearbeitende Leistungstest war eine Computerversion des Konzentrations-Leistungs-Tests (KLT) von Düker und Lienert (1959). Dieser Test soll die allgemeine Leistungsfähigkeit messen, unabhängig von intellektuellen Voraussetzungen. Im Mittelpunkt steht dabei das von Düker (1949) formulierte Konzept der Koordination verschiedener Teilleistungen, wie z. B. dem richtigen Auffassen von Ziffern und Zeichen, Rechnen, Gedächtnisleistungen, dem Treffen von Entscheidungen und dem Sich-Vorstellen von Zahlen. Die Lösung der KLT-Aufgaben erfordert derartige Koordinationsleistungen. Da die Anspannungsfähigkeit zum Zweck der Koordinationsleistung von Düker als Konzentrationsfähigkeit bezeichnet wird, wird über die KLT-Leistung einer Person Rückschluß auf deren Konzentrationsfähigkeit gezogen. Je größer die Konzentrationsfähigkeit einer Person, desto mehr Aufgaben wird sie in einer vorgegebenen Zeit bearbeiten können und desto weniger Fehler wird sie dabei machen.

Der KLT besteht aus relativ komplexen Kopfrechenaufgaben, bei denen arithmetische Summen einstelliger Zahlen zu bilden sind. Mit den errechneten Summen ist in bestimmter Weise zu operieren und das Endergebnis aufzuschreiben.

In dieser Untersuchung wurden jeweils zwei Aufgaben mit jeweils drei Summanden gemeinsam dargeboten. Beide Aufgaben waren getrennt zu lösen und die Ergebnisse im Kopf miteinander zu vergleichen. Bei der nachfolgenden Operation waren zwei Regeln anzuwenden. War das Ergebnis der ersten Aufgabe größer als das der zweiten, sollte das zweite von dem

ersten abgezogen werden. War das erste Ergebnis aber kleiner als das zweite, waren beide Zahlen zu summieren. Das so berechnete Gesamtergebnis war mit Hilfe der PC-Maus über einen Ziffernblock in den PC einzugeben. Die Testdauer betrug jeweils 3 min. Für eine einzelne Aufgabe gab es keine zeitliche Begrenzung. Erfaßt wurden die mittleren Reaktionszeiten, d. h. die Zeit vom Beginn der Darbietung bis zur Antwort gemittelt über alle Durchgänge pro Testphase, und die absoluten sowie relativen Fehlerhäufigkeiten bezogen auf die jeweilige Anzahl bearbeiteter Aufgaben pro Testphase.

4.1.3.2.2 Visuelle Suche (Symbole)

Dieser Test wurde für die vorliegende Untersuchung in Anlehnung an Experimente zum visuellen Suchen (z. B. Treisman & Gormican, 1988) entwickelt. Bei der visuellen Suche muß die Vp die Position eines oder mehrerer Zielreize bestimmen. Die Suche kann je nach Beschaffenheit des Reizes auf zwei Arten erfolgen. Die eine, „visual pop-out“ genannt, erfordert keine Aufmerksamkeit. Der Zielreiz „springt“ automatisch in das Auge des Betrachters, da er sich von den anderen Reizen eindeutig unterscheidet. Bei der anderen Art, der sequentiellen Suche, wird Aufmerksamkeit benötigt. Der Aufmerksamkeitsfokus wird systematisch von einem zum anderen Bereich der Reizvorlage bewegt und so die gesamte Vorlage nach dem Zielreiz abgesucht (Wolfe, 1994). Eine sequentielle Suche wird immer dann angenommen, wenn sich der Zielreiz von den Distraktoren, d. h. den übrigen Reizen, nicht durch ein Einzelmerkmal, sondern durch eine Kombination von Merkmalen unterscheidet. Da die Suche nach einer festen Strategie erfolgt, ist es naheliegend, daß ablenkende Reize die Suchleistung beeinflussen (Treisman & Gelade, 1980). Durch Stressoren kann es sowohl zur Einengung als auch zur Erweiterung der Aufmerksamkeit kommen (Sanders & Donk, 1996), d. h. die Aufmerksamkeit kann entweder unter erhöhtem Energieaufwand allein auf die zu bearbeitende Aufgabe fokussiert oder auf die verschiedenen Reize (die Aufgabe und die Stressoren) verteilt werden, wobei es zwar keines erhöhten Energieaufwands bedarf, jedem einzelnen Reiz jedoch weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird. Letzteres führt zu einem Anstieg der Reaktionszeit, man benötigt mehr Zeit zur Bearbeitung der Aufgabe, oder zu einem Anstieg der Fehlerzahl.
Die gewählte Reizvorlage bestand in einer Anordnung nicht-semantischer Symbole, bei der die visuelle Suche sequentiell erfolgen sollte. Dadurch konnte eine Störbarkeit der visuellen Suchleistung z. B. durch einen umweltbedingten Stressor angenommen werden.
Der Test wurde am PC durchgeführt. Die Reizvorlage, eine Anordnung aus Kreisen und T´s in den Farben rot und blau, wurde ohne Zeitbegrenzung dargeboten. Bei einigen Darbietun-

gen enthielt diese Anordnung ein Symbol, das aufgrund seiner Kombination von Form und Farbe nicht zu den anderen paßte (z. B. ein roter Kreis in einer Anordnung von roten T´s und blauen Kreisen). Die Aufgabe der Vp bestand darin, dieses Symbol zu finden und seine Position zu bestimmen. Meinte die Vp, das richtige Symbol gefunden zu haben, sollte sie sich dessen Position merken und die linke Maustaste betätigen. Auf dem Bildschirm erschien nun ein Raster (10x10), auf dem mit einem Mausklick das Feld markiert werden sollte, in dem das abweichende Symbol zu sehen gewesen war. Durch Klicken auf eine OK-Taste wurde die Darbietung der nächsten Aufgabe ausgelöst. Meinte die Vp, es gäbe kein abweichendes Symbol, sollte sie die rechte Maustaste betätigen. In diesem Fall erschien kein Raster, sondern sofort die nächste Aufgabe. Nach Beendigung jeder Aufgabe erhielt die Vp in einem Kästchen im linken unteren Bereich des Bildschirms eine Rückmeldung über die von ihr gegebene Antwort (richtig/falsch).

Die Testdauer betrug jeweils 3 min. Gemessen wurden die mittlere Reaktionszeit vom Zeitpunkt der Darbietung der Aufgabe bis zu deren Beantwortung und der Fehleranteil pro Testphase.

4.1.3.2.3 Visuelle Suche (Zahlen)

Der Leistungskontrollierende Adaptive Regelalgorithmus (LARA) wurde von Kuhmann (1994) zur Messung von durch mentale Tätigkeiten verursachten Beanspruchungen entwickelt. Die Leistung einer Person hängt von der Art und dem Ausmaß der an sie gestellten Anforderung sowie von den aktuellen Fähigkeiten dieser Person ab. Ausgehend von dem Konzentrations-Verlaufs-Test von Abels (1965) entwickelte Kuhmann Aufgaben gleicher qualitativer Struktur, die schnell zu bearbeiten waren und eindeutig als „richtig“ oder „falsch“ klassifiziert werden konnten. Diese Aufgaben bestanden darin, Zahlenmatrizen nach bestimmten Zahlen abzusuchen. Durch Variation z. B. der Darbietungszeit der Matrizen ließ sich deren Schwierigkeitsgrad verändern. Dadurch war es möglich, die Aufgaben jedem Individuum so anzupassen, daß die erbrachte Leistung (Fehlerprozent) stets konstant blieb. Die Bearbeitung der Aufgaben kann durch verschiedene physikalische oder soziale Umgebungsbedingungen, wie zum Beispiel laute Umgebungsgeräusche oder Zeitdruck, gestört werden. Dies führt zu einer erhöhten Belastung.

Da in der vorliegenden Untersuchung Leistungsänderungen erfaßt werden sollten, wurde die Darbietungszeit der Zahlenmatrizen konstant gehalten. Die Darbietungsdauer betrug 2.5 s. Diese Zeitspanne wurde in Vorversuchen ermittelt und war so gewählt, daß die Fehlerquote für alle Probanden unter Normalbedingungen etwa 50% betragen sollte. Die dargebotenen Zahlenmatrizen bestanden aus 6x6 zweistelligen Zahlen von 00 bis 99. LARA kann ebenfalls als ein Test zur visuellen Suche aufgefaßt werden. Da die Zielreize, bestimmte zweistellige Zahlen, aus unterschiedlichen Formen zusammengesetzt sind, kann sequentielle Suche angenommen werden.

Die Aufgabe der Vp bestand darin, in der dargebotenen Matrix die Zahlen 43 und 63 zu suchen. Nach der Darbietung der Matrix war anzugeben, ob die 43, die 63, beide Zahlen oder keine von beiden in der Matrix enthalten gewesen war(en). Dies geschah mit einem Mausklick auf eine von vier entsprechenden Schaltflächen. Nach Bestätigung ihrer Antwort durch Mausklick auf eine OK-Taste erhielt die Vp in einem Kästchen im rechten unteren Bereich des Bildschirms eine Rückmeldung über die Richtigkeit der Antwort. Anschließend erfolgte die Darbietung der nächsten Matrix. Die Darbietungszeit jeder Matrix war für alle Vp gleich lang. In jeder Testphase war die Visuelle Suche (Zahlen) 3 min lang zu bearbeiten. Es wurde der Fehleranteil pro Testphase erfaßt.

4.1.3.2.4 Anzahl verschlechterter Tests

Da die Daten aller Vpn für jeden einzelnen Test pro Bedingung gemittelt werden, erhält man wenig Information über die Leistung einer einzelnen Vp. Es ist jedoch von Interesse, die individuellen Gesamtleistungen jeder Vp zu ermitteln. Zu diesem Zweck wurde die Verschlechterung der Fehlerprozentzahl und der Reaktionszeit einer Vp für die drei Tests nach einem 0/1-Kriterium erfaßt. Der Bezugspunkt für die Verschlechterung war Meßzeitpunkt 2. Wenn die Vp sich bezüglich dieses Meßzeitpunktes an einem späteren Meßzeitpunkt verschlechtert hatte, wurde die „Anzahl verschlechterter Tests“ um einen Punkt heraufgesetzt. Maximal konnte die Vp 5 Punkte pro Meßphase erreichen, falls die Fehlerprozentzahl in jedem der drei Tests höher war, und sie sich in der Reaktionszeit beim Rechnen (KLT) und der Visuellen Suche (Symbole) verlangsamt hatte.

4.1.3.3 Physiologische Maße

Durch die Erfassung peripherphysiologischer Größen sollten somatische Korrelate der durch den Stressor ausgelösten Aktivierungsreaktion erhoben werden. Als Indikator für Sympathikusaktivierung wurde die elektrodermale Aktivität (EDA) mittels der Variablen Hautleitfähigkeitsniveau (SCL) und Hautleitfähigkeitsreaktion (SCR) erhoben. Weiterhin wurden kardiovaskuläre Größen (Blutdruck, Herzfrequenz und Fingertemperatur) zur Kennzeichnung von Aktivierungsvorgängen im Herz-Kreislaufsystem als Folge der Streßreaktion gemessen. Herzfrequenz und unspezifische SCR gehören auch zu den von Fahrenberg, Walschburger, Foerster, Myrtek & Müller (1979) empirisch ermittelten acht Leitvariablen der Aktivierung.

SCL, SCR und Fingertemperatur wurden mit Hilfe eines Signalverstärkers (Online-System PARON, PAR-Elektronik) für die gesamte Dauer des Versuchs kontinuierlich (online) gemessen, die Werte digitalisiert und von einem PC weiterverarbeitet. Am Ende des Versuchs wurden die SCL- und die Fingertemperaturwerte über Intervalle von 30 s gemittelt und die SCR-Werte wurden pro 30s-Intervall ausgezählt. Die dreiminütigen online-Messungen während der sechs Meßphasen wurden durch per Tastendruck gesetzte Marker kenntlich gemacht.

In der Experimentalgruppe wurde erhöhtes Arousal gegenüber der Kontrollgruppe erwartet, d. h. erhöhte elektrodermale Aktivität aufgrund gesteigerter Aktivität der Schweißdrüsen, erhöhte Werte für Herzfrequenz und Blutdruck wegen erhöhter kardiovaskulärer Aktivität sowie verringerte Fingertemperatur aufgrund peripherer Vasokonstriktion.

4.1.3.3.1 Elektrodermale Aktivität

Für die Messung der elektrodermalen Aktivität (EDA) wurden die Parameter Hautleitfähigkeitsniveau (SCL, µS) und Hautleitfähigkeitsreaktion (SCR, 1/min) verwendet. Die angelegte Spannung betrug 0.5 V. Die Abtastrate betrug für beide Variablen 10 Hz; der gewählte Meßbereich für die Variable SCL 50 µS, für SCR 10 µS. Das Kriterium für die Erkennung einer SCR lag bei 0.3 µS.

Die Messung erfolgte durch zwei Ag/AgCl-Elektroden (∅ 9 mm, Hellige). Diese wurden mit einer speziellen EDA-Paste (Elektroden Creme, Hellige) gefüllt und mit Hilfe von Elektrodenringen (Hellige) und Textilklebebandstreifen (Leukosilk) an der vor Versuchsbeginn gereinigten Handinnenfläche der Nicht-Maushand thenar und hypothenar befestigt (Abb. 4.1.3.3.3/1).

4.1.3.3.2 Fingertemperatur

Die Messung der Fingertemperatur erfolgte mittels eines wiederverwendbaren Temperaturfühlers in Form einer Thermistorsonde (YSI 409 A, ∅ 0.95 cm; Zeitkonstante 1.1 s). Dieser wurde mit Textilklebeband (Leukosilk) am ersten Glied des Zeigefingers der Nicht-Maushand befestigt (Abb. 4.1.3.3.3/1) . Die Abtastrate bei der online-Erhebung betrug 10 Hz, der Meßbereich reichte von 10 °C bis 50 °C.

4.1.3.3.3 Blutdruck und Herzfrequenz

Der diastolische und systolische Blutdruck (mmHg) sowie die Herzfrequenz (1/min) wurden erfaßt mit Hilfe des Blutdruck-Meßsystems NAiS Memo print (oszillometrische Messung mit Fuzzy Logic).

Die Druckmanschette wurde vor jeder Messung etwa 1 cm unterhalb des Handballens um das Handgelenk der linken Hand der Vp gelegt (Abb. 4.1.3.3.3/1). Während der Messung legte die Vp den Unterarm bequem auf den dafür vorgesehenen Beistelltisch, so daß sich ihr Handgelenk auf Höhe ihres Herzens befand. Sie wurde angewiesen, während der gesamten Messung ruhig zu sitzen und nicht zu sprechen.

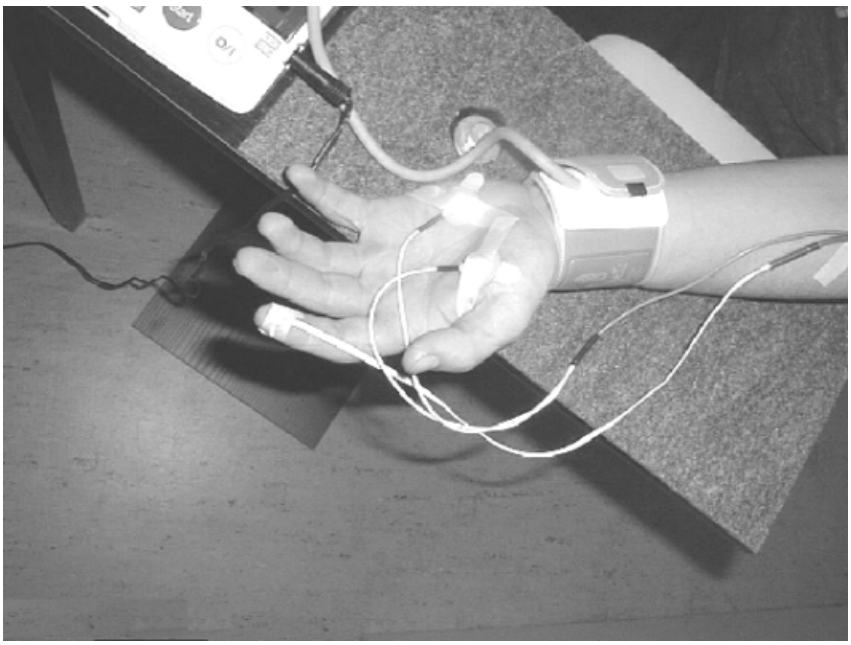

Abbildung 4.1.3.3.3/1: Meßaufnehmer für EDA und Fingertemperatur an der Hand und die Blutdruckmanschette am Handgelenk der Vp.

4.1.3.3.4 Anzahl physiologischer Streßindikatoren

Ähnlich wie unter 4.1.3.2.4 beschrieben (Variable „Anzahl verschlechterter Tests“), wurden auch die Streßindikatoren einer einzelnen Vp nach einem 0/1-Kriterium ermittelt und addiert. Bei Erhöhung bezüglich Meßzeitpunkt 2 der Herzfrequenz, des systolischen und diastolischen Blutdrucks, der Hautleitfähigkeitsreaktion (SCR), des Hautleitfähigkeitsniveaus (SCL) und beim Abfall der Fingertemperatur wurde die „Anzahl physiologischer Streßindikatoren“ um einen Punkt heraufgesetzt. Bei den Meßphasen konnte die Vp maximal 6 Punkte erreichen und bei den Testphasen maximal 3 Punkte (nur die online erhobenen Maße).

4.1.4 Versuchsdurchführung

4.1.4.1 Versuchsaufbau

Zur Prüfung der Auswirkung des periodischen Schattenwurf auf mögliche Streßeffekte waren verschiedene technische Geräte nötig. Es gab einen PC, auf dem ein speziell entwickeltes Programm zur Versuchssteuerung installiert war. Der Vl konnte verschiedene Programm-Module aufrufen. Auf einem Monitor konnten die verschiedenen Module verfolgt und mit Hilfe der PC-Maus gesteuert werden (Abb. 4.1.4.1/1; siehe auch Blockschaltbild und Geräteliste im Anhang 6.2.3.3/1). Einzelheiten zum Projektionssystem sind in Kapitel 2.4 zu finden.

Zur Bestimmung der Luftfeuchtigkeit und der Raumtemperatur wurde vor und nach jedem Versuch ein Temperatur-Luftfeuchtigkeits-Meßgerät verwendet (die Meßergebnisse finden sich im Anhang unter 6.1.4). Um die Zeiten der beiden PCs abzugleichen und um bestimmte Abschnitte des Versuchs in einem bestimmten Zeitintervall durchzuführen, wurde ein Funkwecker genutzt.

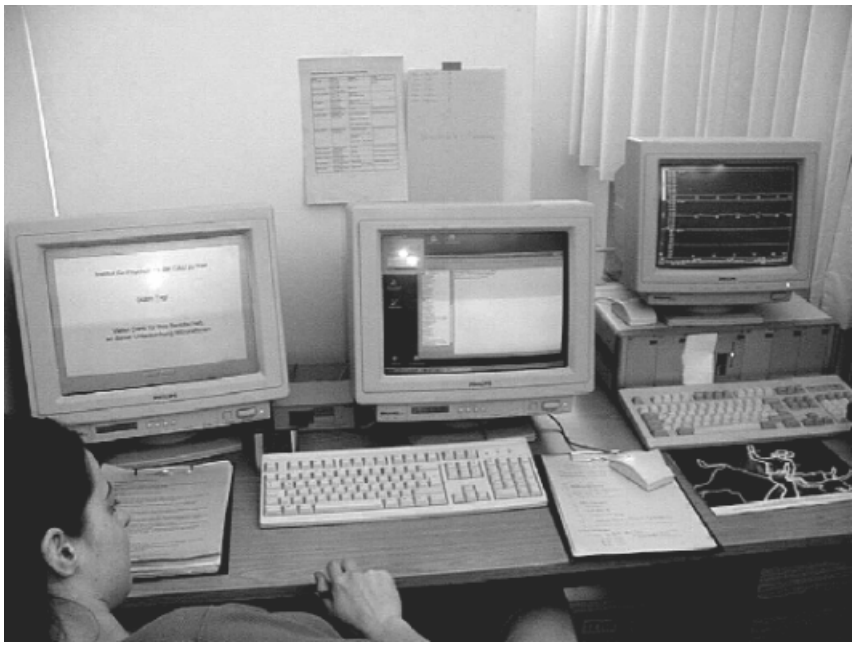

Abbildung 4.1.4.1/1: Arbeitsplatz des Vl.

4.1.4.2 Versuchsablauf

4.1.4.2.1 Überblick

Die Untersuchung bestand aus einer Einführungsphase und einem Untersuchungshauptteil (Tabelle 4.1.4.2.1/1). Der Hauptteil umfaßte sechs Meßphasen (MP 1-6), in denen physiologische Daten und die Befindlichkeit der Vp gemessen wurden, und sechs Testphasen (TP 1-6), in denen die Vp die Leistungstests bearbeitete. Das Projektionssystem wurde 1 h nach Versuchsbeginn für die Dauer von genau 1 h eingeschaltet. In diesem Zeitraum (Scheinwerferphase) lagen drei der Test- und Meßphasen (TP 3-5, MP 3-5). Vor der Scheinwerferphase gab es je zwei Test- und Meßphasen (TP 1-2, MP 1-2), nach der Scheinwerferphase je eine Test- und Meßphase (TP 6, MP 6). Der jeweilige Vl hatte sich während der Untersuchung an ein Vl-Manual zu halten, um einen weitgehend standardisierten Ablauf zu gewährleisten (siehe Anhang 6.2.2.2/1). Die Untersuchung wurde am Computer durchgeführt.

Die Untersuchungen der Studierenden fanden im Zeitraum vom 10.01.00 bis 04.02.00, die der Berufstätigen vom 07.03.00 bis 13.04.00 in den Laborräumen der Abteilung „Visuelle Psychophysik“ des Psychologischen Instituts der CAU zu Kiel statt.
Eine einzelne Untersuchung dauerte bei den Studierenden durchschnittlich 2 h 20 min (M = 2.33 $\pm$ 0.03 h) und bei den Berufstätigen durchschnittlich 2 h 30 min (M = 2.49 $\pm$ 0.72 h). Die längere Versuchsdauer bei den Berufstätigen erklärt sich zum einen durch den zusätzlichen Fragebogen und zum anderen durch eine intensivere Einarbeitung in die Leistungstests.

Tabelle 4.1.4.2.1/1: Schematisierter Versuchsablauf für beide Stichproben.

Untersuchungsabschnitt	Dauer (min) absolut		kumuliert ab Beginn		ab Scheinwerfer an
	Berufstätige	Studierende	Berufstätige	Studierende	
Einführung	20.0	20.0	0	0	
Allgemeine Informationen Einverständniserklärung Anlegen der Meßaufnehmer Erklärung des Versuchsablaufs					
Meßphase 1 (MP 1)	5.0	5.0	20.0	20.0	
EDA, Fingertemperatur Blutdruck, Herzfrequenz Befindlichkeit					
Übung der Leistungstests	15.5	10.5	25.0	25.0	
Rechnen (KLT), Visuelle Suche (Symbole), Visuelle Suche (Zahlen)					
Testphase 1 (TP 1)	9.5	9.5	40.5	35.5	
Rechnen (KLT), Visuelle Suche (Symbole), Visuelle Suche (Zahlen)					
Testphase 2 (TP 2) [wie TP 1]	9.5	9.5	50.0	45.0	
Meßphase 2 (MP 2) [wie MP 1]	5.0	5.0	59.5	54.5	
Scheinwerfer an					
Testphase 3 (TP 3) [wie TP 1]	9.5	9.5	64.5	59.5	0
Meßphase 3 (MP 3)	7.5	7.5	75.0	69.0	9.5
EDA, Fingertemperatur Blutdruck, Herzfrequenz Befindlichkeit, Streßverarbeitung EG: Schattenbewertung					
Pause	3.0	3.0	81.5	76.5	17.0
Testphase 4 (TP 4) [wie TP 1]	9.5	9.5	84.5	79.5	20.0
Meßphase 4 (MP 4) [wie MP 3]	7.5	7.5	94.0	89.0	29.5
Pause	3.0	3.0	101.5	96.5	37.0
Testphase 5 (TP 5) [wie TP 1]	9.5	9.5	104.5	99.5	40.0
Meßphase 5 (MP 5) [wie MP 3]	7.5	7.5	114.0	109.0	49.5
Pause	3.0	3.0	121.5	116.5	57.0
Scheinwerfer aus					60.0
Testphase 6 (TP 6) [wie TP 1]	9.5	9.5	124.5	119.5	
Meßphase 6 (MP 6) [wie MP 1]	5.0	5.0	134.0	129.0	
Berufstätige: Fragebogen zu den Lichtverhältnissen und zum Umweltbewußtsein	5.0		139.0		
Versuchende	6.0	6.0	144.0	134.0	
Abnahme der Meßaufnehmer Studierende: Auszahlung des Entgelts Verabschiedung					
			150.0	140.0	

4.1.4.2.2 Versuchsleiter

Die Vl waren sechs Studierende der Psychologie (5 w, 1 m) aus dem 3. bis 7. Semester, die sich um eine standardisierte und einheitliche Durchführung der Versuche bemühten (Manual für die Vl siehe Anhang 6.2.2.2/1, Instruktionen für die Vp siehe Anhang 6.2.2.3 und Anhang 6.2.2.1.1/3 bzw. 6.2.2.1.1/4 für die Studierenden und 6.2.2.1.2/3 bzw. 6.2.2.1.2/4 für die Berufstätigen). Der Kontakt zwischen Vp und Vl war während der Meß- und Testphasen durch räumliche Abtrennung des Platzes der Vp durch Stellwände auf ein Minimum reduziert. Während des Hauptteils der Untersuchung fand ein Kontakt zwischen Vp und Vl nur während der Blutdruckmessung statt. Der Vl konnte jedoch die Reaktionen und Antworten der Vp von seinem Platz aus auf einem zweiten Monitor verfolgen.

Die Vl waren durch Vorversuche mit Studierenden der Psychologie im Dezember 1999 und Januar 2000 geübt. Um Effekte durch eine Erwartungshaltung des Vl zu verringern, erfuhr der Vl erst unmittelbar vor dem Einschalten des Scheinwerfers durch Öffnen eines Umschlages, welcher Versuchsbedingung der Proband zugeteilt worden war. Jeder Vl unterschrieb vor Beginn der Untersuchungen eine Verschwiegenheitserklärung (siehe Anhang 6.2.2.2/3), in der er zusicherte, Versuchsergebnisse und persönliche Daten der Probanden vertraulich zu behandeln und nicht an Dritte weiterzugeben.

Die Vl führten ein Protokoll, in dem neben der Vp-Nummer, dem Kürzel des Vl, Datum und Uhrzeit die Werte für Blutdruck und Herzfrequenz sowie besondere Vorkommnisse eingetragen wurden (siehe Anhang 6.2.2.2/2).

4.1.5 Auswertung

Die Fragebogendaten wurden in PC-Dateien eingegeben und anschließend vollständig auf ihre richtige Eingabe geprüft. Die übrigen Daten wurden online während der Untersuchung erfaßt und auf Festplatte gespeichert.

Aus den während der jeweils dreiminütigen Meßphasen und Leistungstests online erhobenen physiologischen Daten wurden für die Auswertung einminütige Ausschnitte gewählt, die jeweils 1.5 min nach Markersetzung bzw. Start des Tests begannen. Für Fingertemperatur und SCL wurde über die beiden jeweils über 30 s integrierten Werte gemittelt, für die SCR wurden die beiden Werte addiert.

Durch unsachgemäße Bedienung der PC-Maus entstandene Extremwerte in den Leistungstests bzw. durch technische Artefakte entstandene extreme physiologische Werte wurden eliminiert. Fehlende Werte wurden intraindividuell durch die jeweils plausibelsten Werte ersetzt.
In der Stichprobe der Studierenden konnten bei zwei der Vpn die EDA-Werte aufgrund technischer Probleme oder zu geringer/fehlender Reagibilität nicht ausgewertet werden. In der Stichprobe der Berufstätigen war dies bei drei Probanden der Fall; bei einer dieser Personen war zudem die Variable Fingertemperatur nicht auswertbar.

Die Datenauswertung erfolgte nach den Prinzipien einer „deskriptiven Datenanalyse“ (Abt, 1987). Im Vordergrund stand die Suche nach auffälligen Unterschieden zwischen bestimmten Gruppen in Form von Mustern in den erhobenen Erlebens-/Verhaltensvariablen. Zum einen wurden EG-Studierende und KG-Studierende bzw. EG-Berufstätige und KG-Berufstätige verglichen. Zum anderen wurden für jedes Drittel der Scheinwerferphase die durch den periodischen Schattenwurf sich „hoch belästigt“ fühlenden Vpn mit den sich „niedrig belästigt“ fühlenden Vpn der jeweiligen EG verglichen. Betrug der Rohwert im Item „Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben durch den wandernden Schatten“ „0 = gar nicht“ oder „1 = wenig“, so wurde die Person der Gruppe „niedrig Belästigte“ zugeordnet; betrug der Rohwert „2 = mittelmäßig“, „3 = ziemlich“ oder „4 = sehr“, so wurde die Person der Gruppe „hoch Belästigte“ zugeordnet. Diese differentielle Auswertung geschah, um die Bedeutung der subjektiven „Belästigung“ als wichtige Moderatorvariable zu belegen.

Berechnet wurden deskriptive statistische Kennwerte wie z. B. Stichprobengröße bzw. Gruppengröße (n), Häufigkeit, Prozentwerte, arithmetischer Mittelwert (M) und Standardfehler des Mittelwertes (SEM) als Streuungsmaß.

Um interindividuelle Unterschiede in den gemessenen Größen zu beseitigen, die auf schon vor der Scheinwerferphase bestandene Unterschiede (TP 2, MP 2) zurückführbar waren, wurden Differenzen des jeweiligen Meßzeitpunktes während oder nach der Scheinwerferphase (TP 3 bis 6, MP 3 bis 6) zur TP 2 bzw. MP 2 gebildet. In den Variablen, die zu allen sechs Meßzeitpunkten erhoben wurden, beruht die teststatistische Auswertung und die Hauptergebnisinterpretation auf diesen Veränderungswerten.

Um statistisch bedeutsame Unterschiede in der zentralen Tendenz zwischen den genannten Gruppen festzustellen, wurden wegen der schiefen Verteilungen und der relativ kleinen Gruppengrößen nonparametrische einseitige Mann-Whitney U-Tests durchgeführt. Um innerhalb der EG Meßzeitpunkte zu vergleichen, wurden zweiseitige Wilcoxon Tests berechnet.
Für Häufigkeitstabellen (Kontingenztafeln) wurde mittels Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA; Krauth, 1993) geprüft, in welchen Zellen statistisch bedeutsam mehr Probanden als erwartet zu finden waren.

Die Überschreitungswahrscheinlichkeiten (p-Werte) der statistischen Tests wurden „deskriptiv“ im Rahmen der „deskriptiven Datenanalyse“ nach Abt (1987) verwandt. Dabei wurden Muster von numerisch relevanten Gruppenunterschieden simultan mit korrespondierenden, nahezu regelmäßigen Mustern von „deskriptiven“ Signifikanzen verglichen und beide Muster gemeinsam interpretiert. Wegen der Anwendung dieses Konzeptes erfolgte keine Korrektur für multiple Vergleiche.
Es gelten folgende Bezeichnungen: p-Werte kleiner als .01 werden als hoch signifikant, p-Werte zwischen .01 und .05 als signifikant und p-Werte zwischen .05 und .10 als tendenziell signifikant bezeichnet.

4.2 Ergebnisse und Interpretation

Im folgenden werden die Ergebnisse in vier Abschnitten im Detail dargestellt. Die ersten drei Abschnitte beschäftigen sich mit den Resultaten des Vergleichs der EG-Studierende mit der KG-Studierende bzw. der EG-Berufstätige mit der KG-Berufstätige in den subjektiven Maßen, den Leistungsmaßen und den physiologischen Maßen. Danach folgt ein Unterkapitel zum Vergleich von sich „hoch belästigt" fühlenden mit sich „niedrig belästigt" fühlenden Personen innerhalb der EG-Studierende bzw. der EG-Berufstätige.
Ausführliche Übersichtstabellen zu den Ergebnissen der inferenzstatistischen Tests sind im Anhang 6.1.1 (Studierende) und 6.1.2 (Berufstätige) wiedergegeben. Eine Zusammenfassung und Bewertung der Befunde befindet sich in der Diskussion (Kapitel 4.3).

4.2.1 Subjektive Maße

4.2.1.1 Bewertung des Schattenreizes

Studierende

In der Stichprobe der Studierenden zeigte sich bei den Vpn der Experimentalgruppe, daß die Wahrnehmbarkeit des wandernden Schattens und die wahrgenommene Belästigung durch den Schatten über die Zeit abnahm. In den zweiten 20 min nahmen die Vpn den Schatten gegenüber den ersten 20 min der Scheinwerferphase im Mittel signifikant deutlich schwächer wahr ($p = .016$) und fühlten sich auch signifikant geringer durch den Schatten belästigt ($p = .025$; Abbildung 4.2.1.1./1; Abbildung 4.2.1.1/2). Die mittlere „Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben" lag im 2. und 3. Drittel nur im Bereich der Verbalkategorie „wenig". Die Mittelwerte der direkten Einschätzung der „Veränderung der Belästigung seit Beginn des Schattenwurfs" waren zu allen drei Meßzeitpunkten während der Scheinwerferphase negativ und sprechen für eine konstant abnehmende Belästigung.

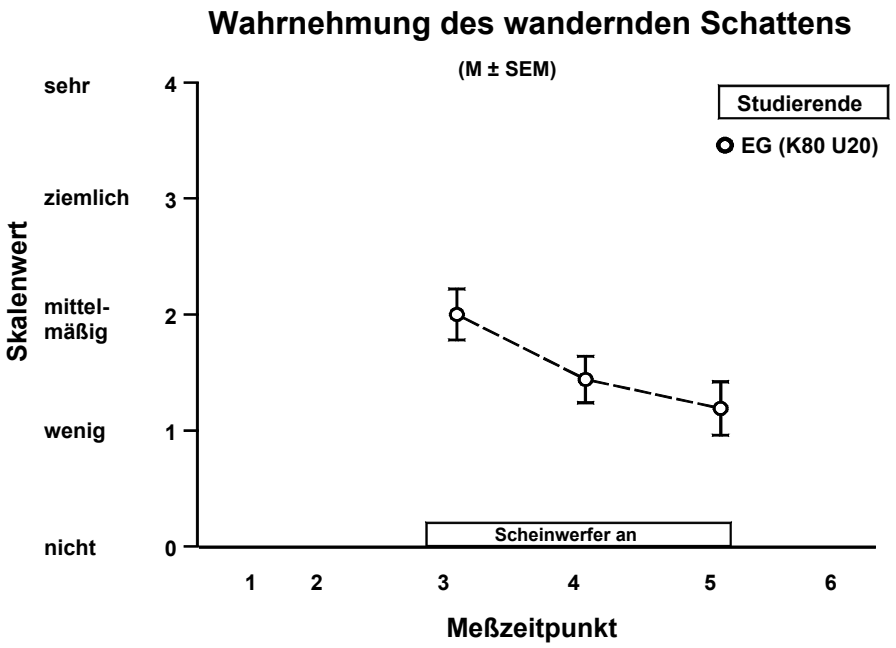

Abb. 4.2.1.1/1: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Schattenitems „Wahrnehmung des wandernden Schattens“ bei der EG-Studierende (K80 U20).

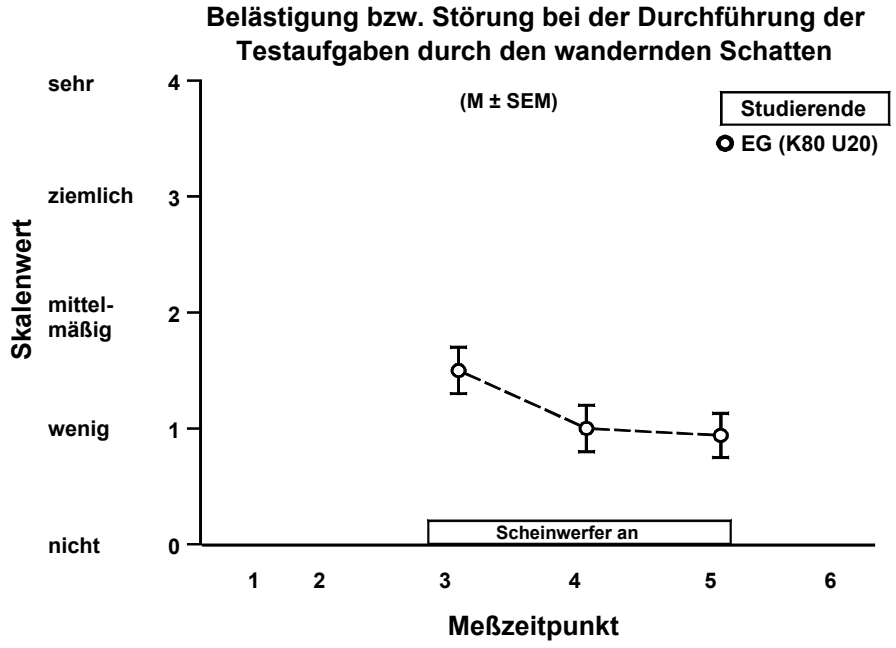

Abb. 4.2.1.1/2: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Schattenitems „Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben durch den wandernden Schatten“ bei der EG-Studierende (K80 U20).

Berufstätige

Im Vergleich zu den Studierenden nahmen die Berufstätigen in allen Phasen der Scheinwerferphase den Schatten im Mittel stärker wahr und fühlten sich in allen Phasen im Mittel stärker belästigt (Abbildung 4.2.1.1./3; Abbildung 4.2.1.1/4). Im zeitlichen Verlauf der durchschnittlichen Stärke der Wahrnehmbarkeit gab es bei den Berufstätigen nur eine leichte, statistisch unbedeutsame Abnahme. Die Belästigung wurde während der ganzen Scheinwerferphase als „mittelmäßig" stark beurteilt. Bei der direkten Veränderungseinschätzung wurde die Belästigung als über die Zeit gleichmäßig leicht zunehmend eingeschätzt. Die Mittelwerte im Item „Erträglichkeit" blieben relativ konstant in einem mittleren Bereich.

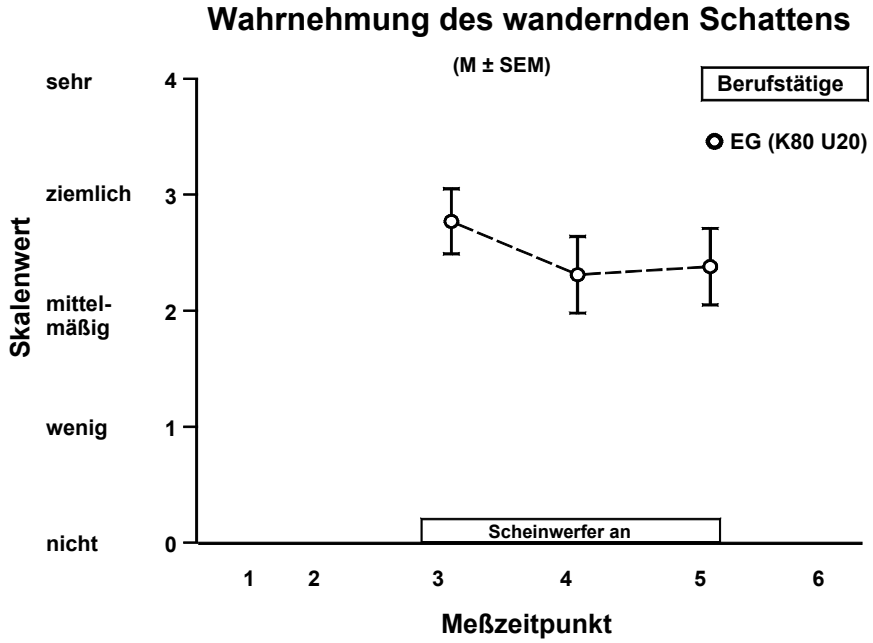

Abb. 4.2.1.1/3: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Schattenitems „Wahrnehmung des wandernden Schattens" bei der EG-Berufstätige (K80 U20).

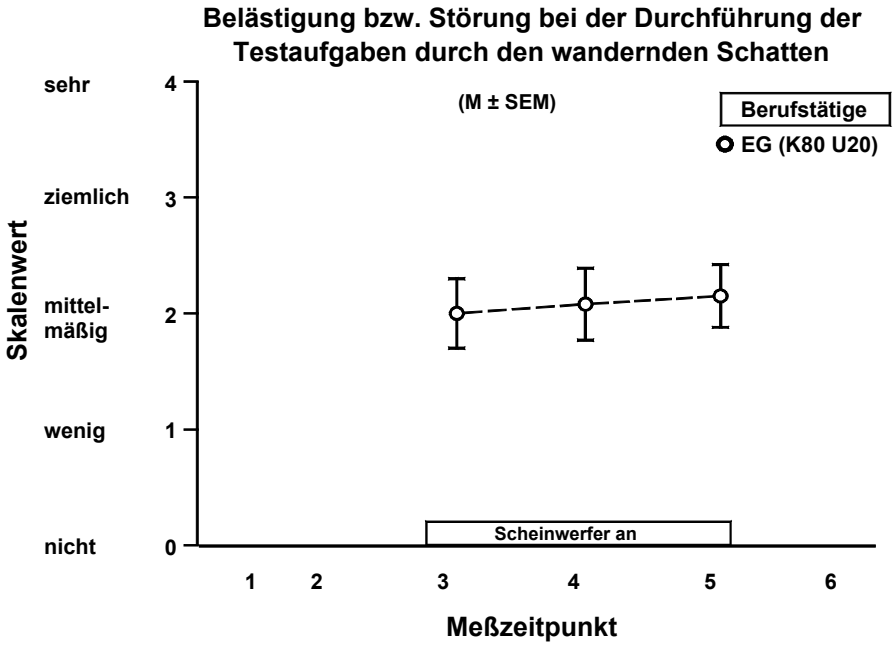

Abb. 4.2.1.1/4: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Schattenitems „Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben durch den wandernden Schatten“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20).

Bei den Vpn der EG-Berufstätige zeigten sich gegenüber den Vpn der KG-Berufstätige stärker wahrgenommene Beeinträchtigungen durch die besonderen Lichtverhältnisse.

Verglichen mit den Vpn der KG-Berufstätige empfanden die Vpn der EG-Berufstätige die besonderen Lichtverhältnisse (Schatten) im Durchschnitt als signifikant irritierender (MP 3: $p = .035$; MP 4: $p = .015$; MP 5: $p = .0085$) und unangenehmer (MP 3: $p = .049$). Sie erlebten eine stärkere Ablenkung des Blicks vom Bildschirm (MP 3: $p = .035$; MP 4: $p = .0009$; MP 5: $p = .006$) und empfanden die Bearbeitung der Testaufgaben als anstrengender (MP 3: $p = .019$; MP 4: $p = .0007$; MP 5: $p = .008$). Das Bemühen um Konzentration auf die Testaufgaben (MP 4: $p = .0011$; MP 5: $p = .0027$) aber auch das Nachlassen in der Konzentration (MP 3: $p = .050$; MP 4: $p = .0032$; MP 5: $p = .005$) waren stärker. Die genannten Effekte waren im zweiten Drittel der Scheinwerferphase am stärksten und für die meisten Items in der gesamten Scheinwerferphase nachweisbar. Die Vpn der EG meinten, der Schatten habe die Leistung verschlechtert ($p = .0085$ bzw. $p = .002$ bei der direkten Prozentschätzung), während der Scheinwerferphase hätten sie mehr Energie gebraucht als in den Phasen ohne Schatten ($p = .044$), und ohne die Scheinwerfergeräusche wäre die Leistung besser gewesen ($p = .002$).

4.2.1.2 Streßverarbeitung

Studierende

In Items zur primären Bewertung des Reizes stuften die Vpn der EG-Studierende die Situation mit dem periodischen Schatten als „mittelmäßig“ starke Herausforderung ein (Abbildung 4.2.1.2/1). Die Situation war für sie nicht bedrohlich.

Die positive Auseinandersetzung mit der Situation zeigte sich bei den Vpn der EG-Studierende zum einen in einer Tendenz zu verstärkten Kontrollversuchen der Reaktion im 1. Drittel der Scheinwerferphase (p = .08; Abbildung 4.2.1.2/2) und zum anderen in einer gegenüber der KG verringerten Fluchttendenz in den beiden letzten Dritteln (p = .07 bzw. p = .044; Abbildung 4.2.1.2/3).

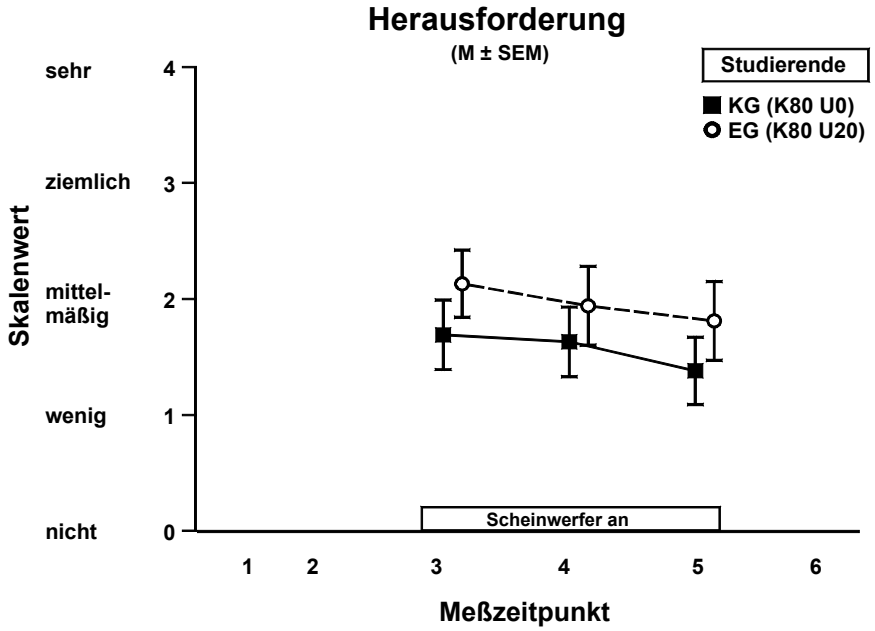

Abb. 4.2.1.2/1: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Herausforderung (Das fordert mich richtig heraus)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

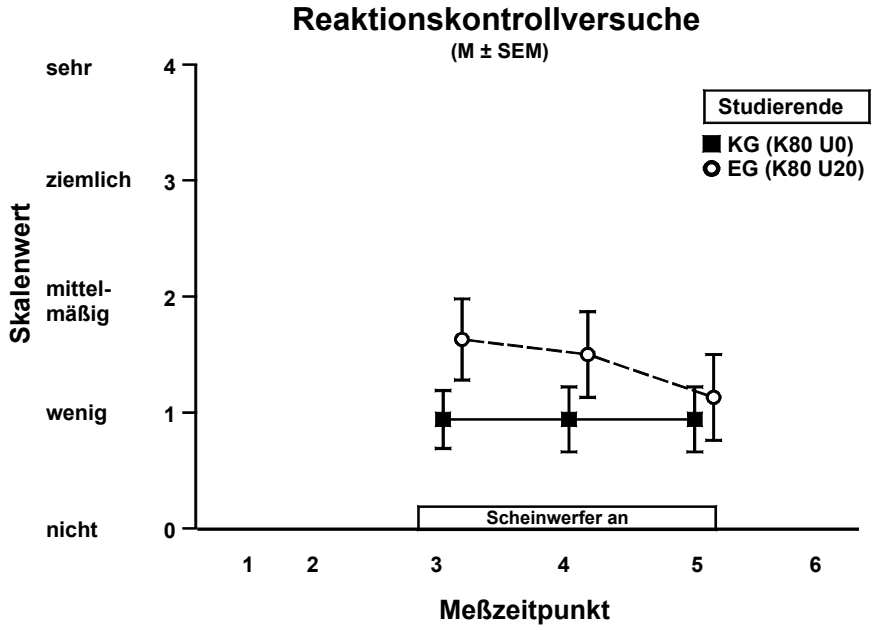

Abb. 4.2.1.2/2: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Reaktionskontroll- versuche (Ich muß mein Verhalten unter Kontrolle behalten)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

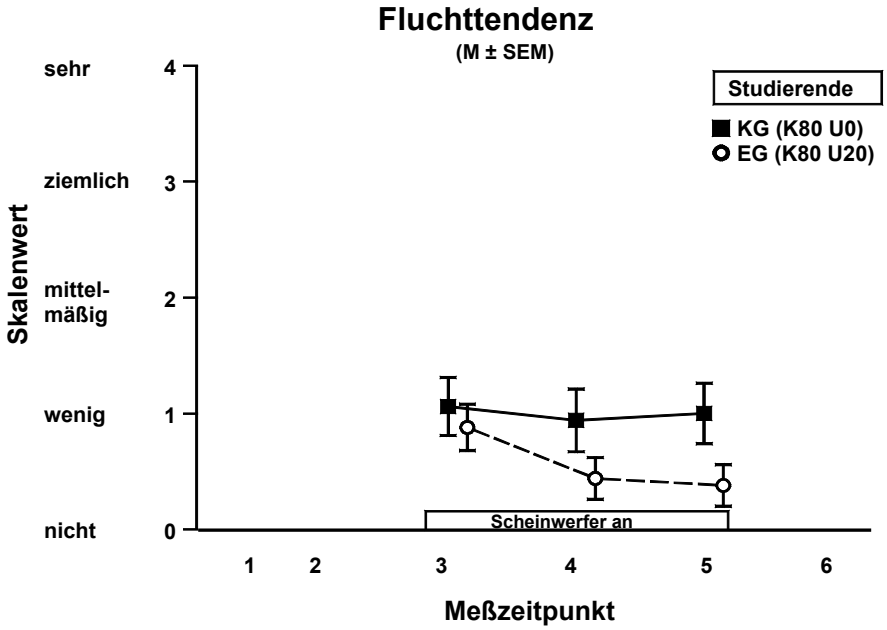

Abb. 4.2.1.2/3: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Fluchttendenz (Dieser Situation möchte ich so schnell wie möglich entkommen)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

Berufstätige

Der periodische Schattenwurf wurde von den Vpn der EG-Berufstätige während der gesamten einstündigen Scheinwerferphase als leicht bedrohlich eingeschätzt (primäre Bewertung des Streßreizes) (MP 3: p = .017: MP 4: p = .042; MP 5: p = .021; Abbildung 4.2.1.2/4), und in allen Phasen meinten die Vpn der EG-Berufstätige, eine Verhaltenshemmung bei der Durchführung der Tests zu bemerken (MP 3: p = .006; MP 4: p = .095: MP 5: p = .049; Abbildung 4.2.1.2/5).

In den ersten 20 min der Scheinwerferphase versuchten die Vpn der EG-Berufstätige, die Bedrohung durch Bagatellisierung zu bewältigen (p = .055). Zudem wollten sie die Situation in Zukunft vermeiden (p = .10) und äußerten das Bedürfnis nach sozialer Unterstützung (p = .075).

Im zweiten Drittel der Scheinwerferphase waren die stärksten und breitesten kognitiven Effekte der drei Zeitabschnitte nachweisbar. Die gedankliche Auseinandersetzung mit dem Schatten zeigte sich in vermehrten Gedanken, die Situation (p = .045; Abbildung 4.2.1.2/6) und die Reaktionen (p = .033; Abbildung 4.2.1.2/7) kontrollieren zu wollen, in vermehrten Gedanken an Flucht (p = .052), zukünftige Vermeidung (p = .065) und in verstärkter Hilflosigkeit (p = .005; Abbildung 4.2.1.2/8). Die erhöhte Hilflosigkeit korrespondiert mit einer leicht erhöhten Traurigkeit (p = .085) auf der Befindlichkeitsebene.

In den letzten 20 min der Scheinwerferphase dominierten neben dem Gefühl von Bedrohung und Verhaltenshemmung Gedanken in Richtung Kontrolle der Situation (p = .06) und Hilflosigkeit (p = .018). Insgesamt betrachtet gelang die Bewältigung im letzten Drittel besser als im 2. Drittel.

Im Mittelwertsprofil der verschiedenen kognitiven Strategien zur Bewältigung der Situation wies die Strategie „Situationskontrollversuche“ in allen Phasen den größten Mittelwert auf. Diese Strategie drückt den Wunsch aus, etwas an der Situation aktiv verändern zu wollen.

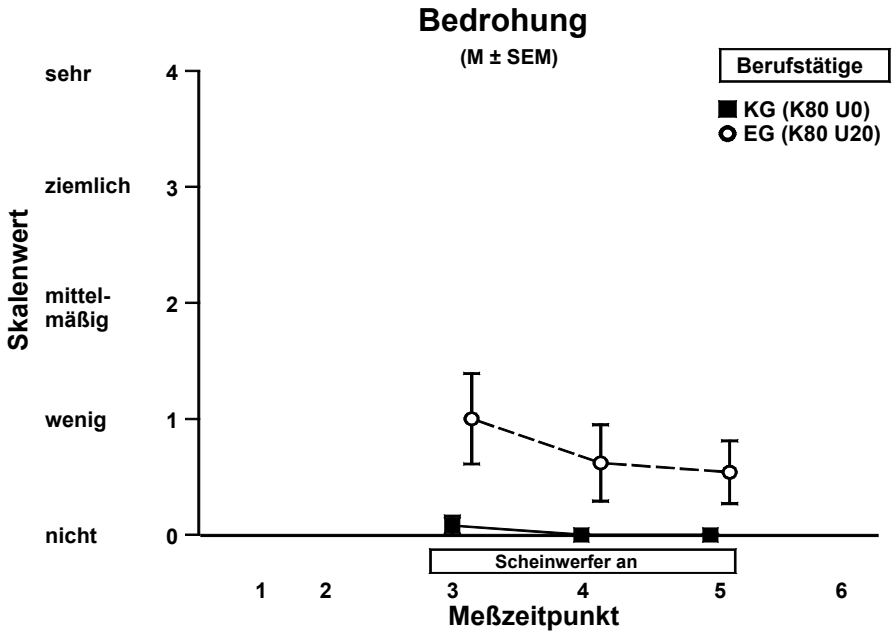

Abb. 4.2.1.2/4: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Bedrohung (Ich fühle mich bedroht)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

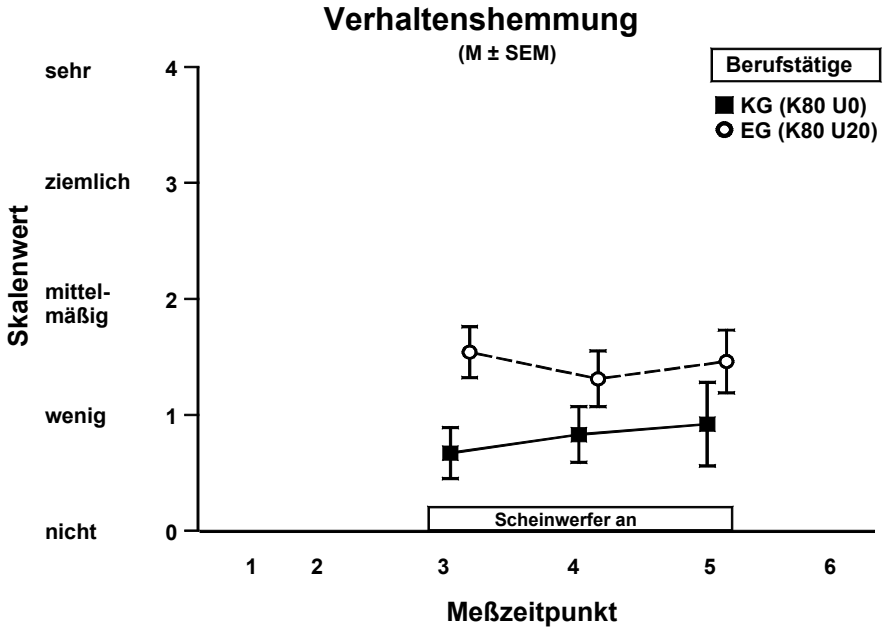

Abb. 4.2.1.2/5: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Verhaltens-hemmung (Ich zögere bei der Tätigkeit)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

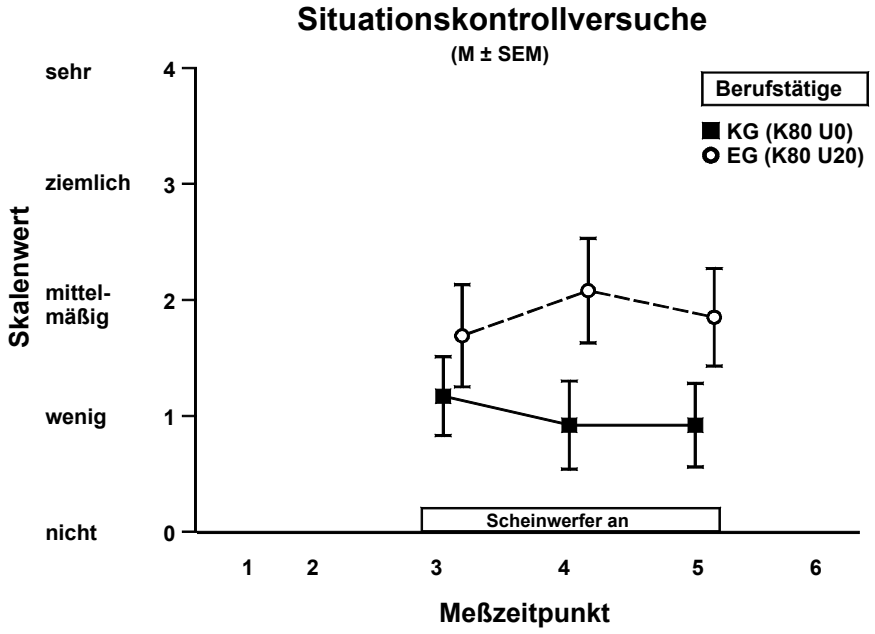

Abb. 4.2.1.2/6: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Situationskontroll-versuche (Ich müßte irgend etwas an der Situation aktiv verändern)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

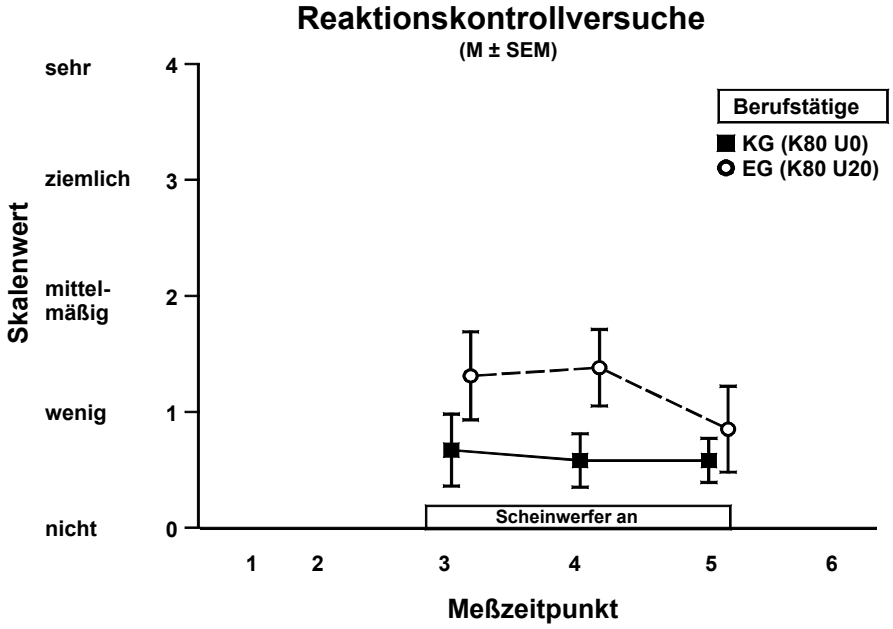

Abb. 4.2.1.2/7: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Reaktions-kontrollversuche (Ich muß mein Verhalten unter Kontrolle behalten)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

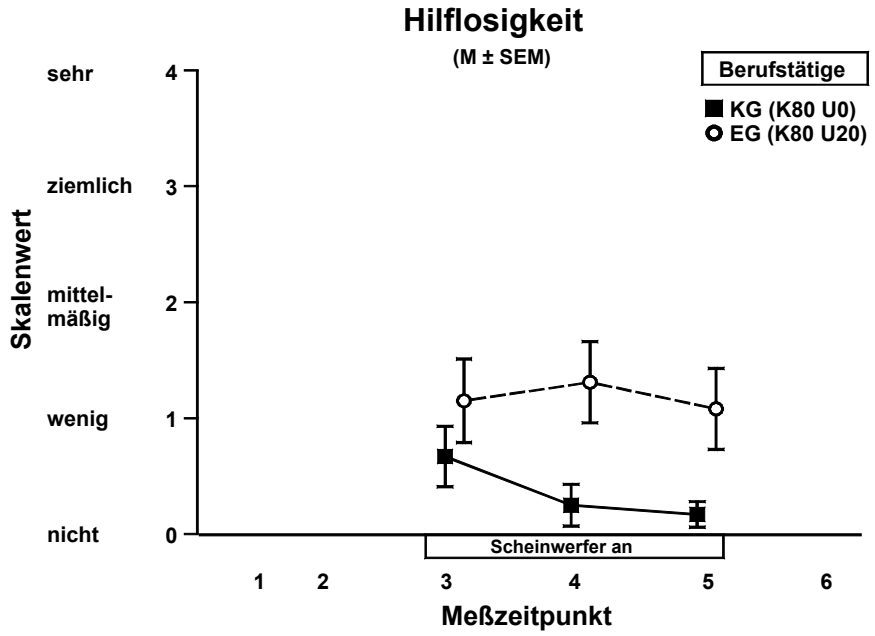

Abb. 4.2.1.2/8: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Streßverarbeitungsitems „Hilflosigkeit (Ich bin irgendwie hilflos)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

4.2.1.3 Befindlichkeit

Studierende

In keinem Indikator der psychischen Befindlichkeit konnten Streßeffekte nachgewiesen werden. Statt dessen fielen in dem für Belastung sensitivem Item „innere Unruhe“ die Mittelwerte der EG-Studierende ab Beginn der Scheinwerferphase kontinuierlich ab, während die Mittelwerte der KG konstant blieben (Abbildung 4.2.1.3/1). Die Unterschiede der Mittelwertsveränderungen zur MP 2 wurden im 2. und 3. Drittel der Scheinwerferphase ($p = .022$ bzw. $p = .10$) sowie in der Phase nach Abschalten des Scheinwerfers ($p = .08$) statistisch bedeutsam (Abbildung 4.2.1.3/2). Für das Item „innere Anspannung“ sahen die Mittelwertsverläufe ähnlich aus, ohne daß jedoch die Gruppenunterschiede statistisch bedeutsam wurden.

In beiden Gruppen lagen die mittleren Einschätzungen der „Konzentrationsfähigkeit“ dicht zusammen im Bereich zwischen „mittelmäßig“ und „ziemlich“. Die Werte veränderten sich im Verlauf der Sitzung kaum.

Die Mittelwertsveränderungen der Variablen des körperlichen Befindens fielen sehr gering aus, so daß sie hier nicht dargestellt und interpretiert werden.

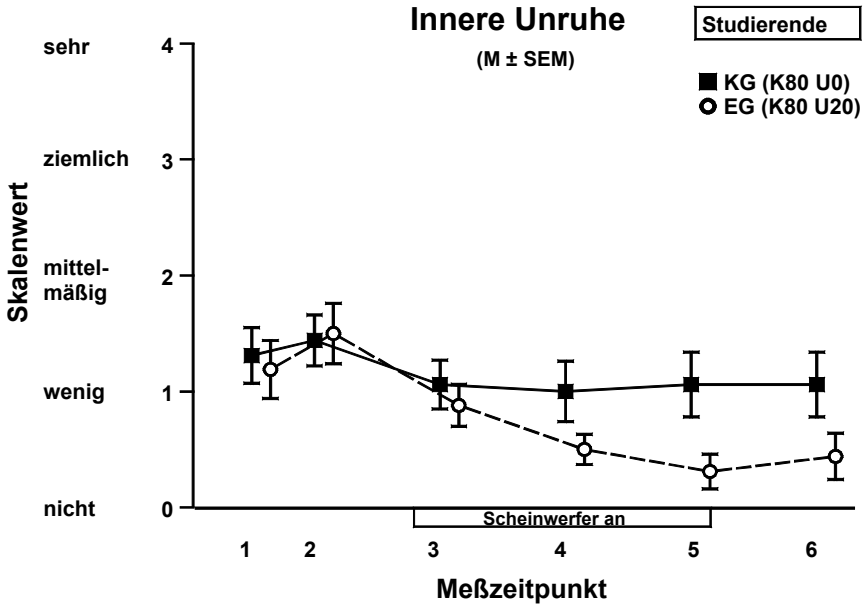

Abb. 4.2.1.3/1: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des Befindlichkeitsitems „Innere Unruhe“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

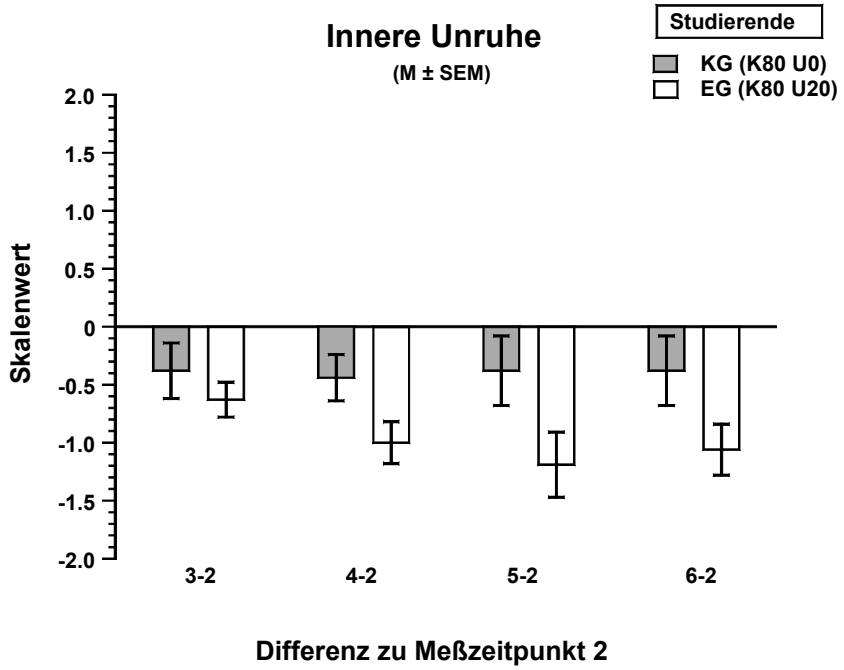

Abb. 4.2.1.3/2: Mittlere Differenzwerte (± SEM) zwischen den Meßzeitpunkten 3 bis 6 und dem Meßzeitpunkt 2 des Befindlichkeitsitems „Innere Unruhe“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

Berufstätige

Deutlich nachweisbar waren nur körperliche Befindensänderungen und diese vor allem im 1. Drittel der Scheinwerferphase: Die Vpn der EG-Berufstätige wiesen tendenziell etwas stärkeres Schwitzen ($p = .055$), geringfügig verstärkte Kopfschmerzen ($p = .085$) und ein leicht erhöhtes Schwindelgefühl ($p = .085$) auf. Im 2. Drittel der Scheinwerferphase gaben die Vpn der EG-Berufstätige im Mittel signifikant erhöhtes körperliches Unwohlsein an ($p = .046$).

4.2.2 Leistungsmaße

Studierende

Im 1. Drittel der Scheinwerferphase konnte eine Verschlechterung, im letzten Drittel eine Verbesserung der Leistung der EG-Studierende im Vergleich zur KG-Studierende statistisch nachgewiesen werden.

Anhand der Mittelwertsverläufe der Fehlerprozentwerte der Visuellen Suche (Symbole) ist zu erkennen, daß sich beide Gruppen im Verlauf der Sitzung verbesserten (Abbildung 4.2.2/1). Eine deutliche Abnahme der mittleren Fehlerprozentwerte trat verglichen mit der MP 2 bei der KG-Studierende schon im 1. Drittel der Scheinwerferphase, bei der EG jedoch erst 20 min später im 2. Drittel auf. Deswegen kann bezogen auf das 1. Drittel von einer relativen Leistungseinbuße der EG gesprochen werden, die tendenziell signifikant wurde ($p = .063$; Abbildung 4.2.2/2).

Nach der Auszählung der Variablen „Anzahl verschlechterter Tests“, in die das Abschneiden in allen drei Leistungstests eingeht, ergab sich für das 1. Drittel ein tendenziell signifikant erhöhter Mittelwert dieses Parameters der EG-Studierende im Vergleich zur KG-Studierende ($p = .075$; Abbildung 4.2.2/3). Leistungsverbesserungen der EG-Studierende zeigten sich in der Fehlerprozentzahl der Visuellen Suche (Zahlen). In Abbildung 4.2.2/4 ist erkennbar, daß die Mittelwerte der EG über alle Meßzeitpunkte kontinuierlich abnahmen, während die der KG-Studierende zunächst ebenfalls fielen, aber ab dem 2. Drittel der Scheinwerferphase (TP 4) wieder anstiegen. Der größte Unterschied zwischen beiden Gruppen bestand im letzten Drittel der Scheinwerferphase (TP 5). Im Differenzmaß zur TP 2 war der Gruppenunterschied tendenziell signifikant ($p = .071$; Abbildung 4.2.2./5).

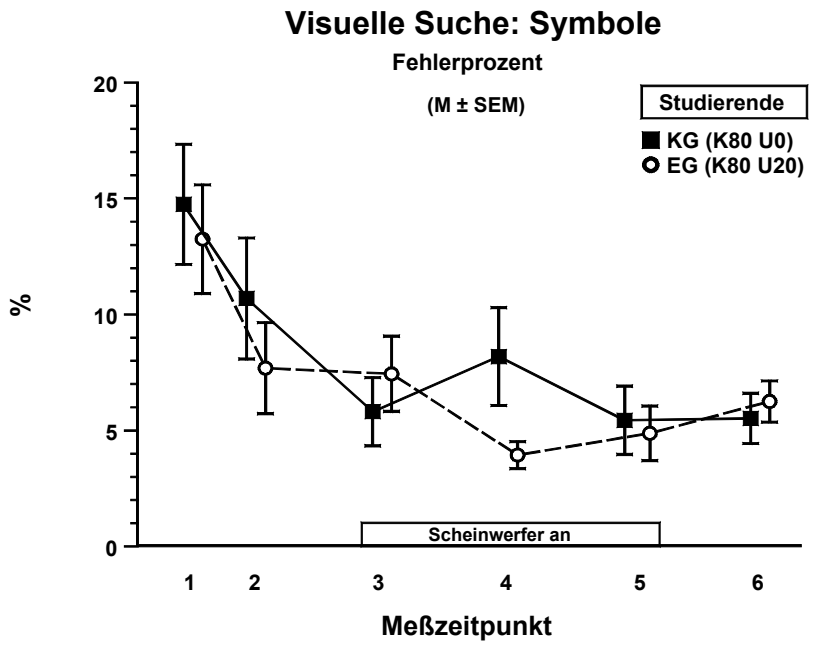

Abb. 4.2.2./1: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

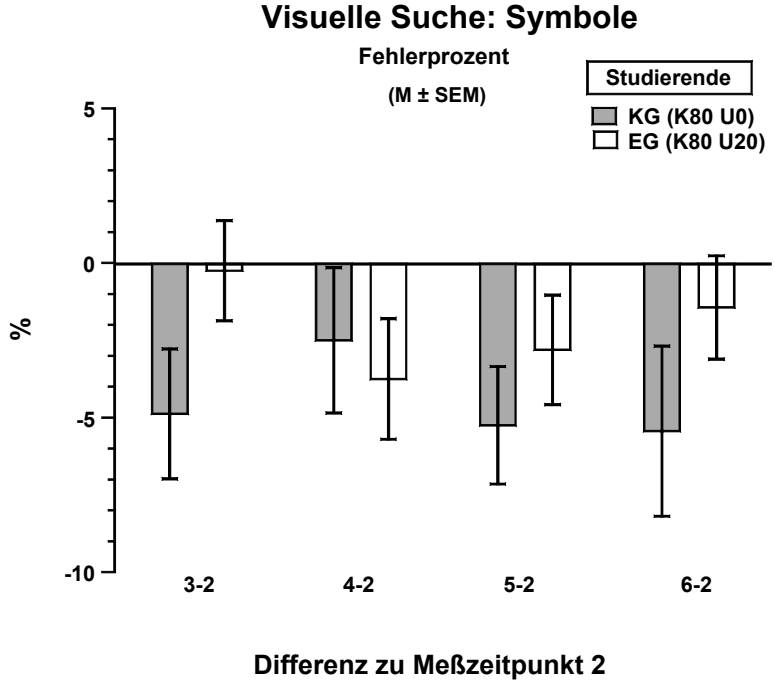

Abb. 4.2.2/2: Mittlere Differenzwerte der Fehlerprozente (± SEM) des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

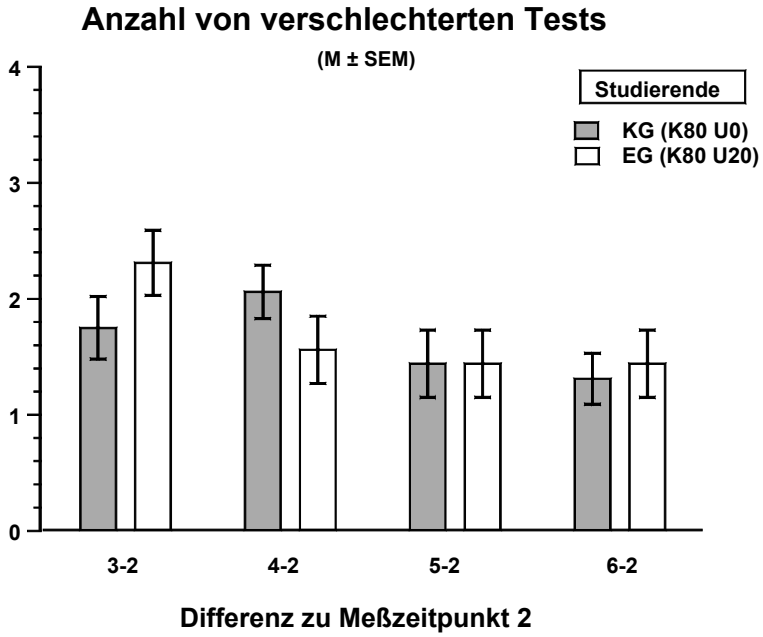

Abb. 4.2.2/3: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der Anzahl von verschlechterten Tests bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

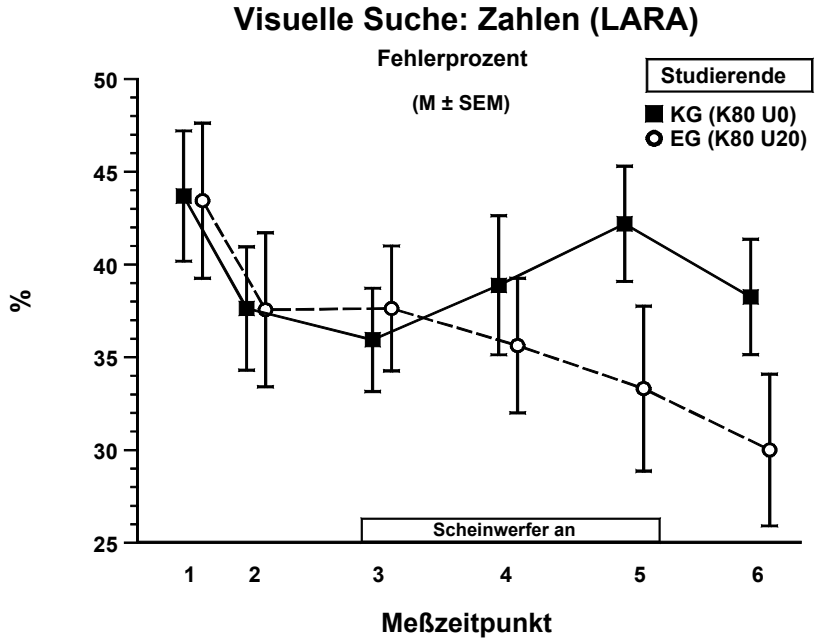

Abb. 4.2.2/4: Mittlere Verlaufswerte der Fehlerprozente (± SEM) des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Zahlen)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

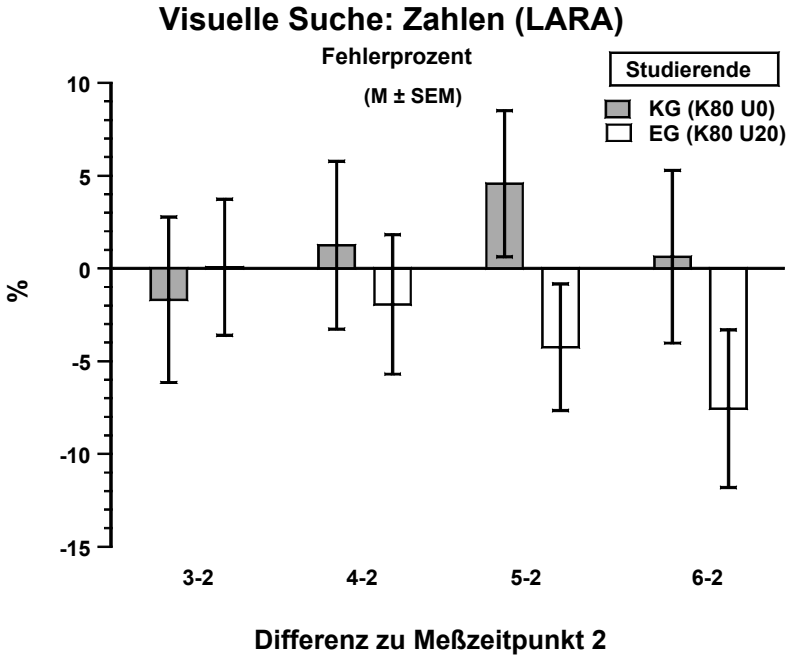

Abb. 4.2.2/5: Mittlere Differenzwerte (± SEM) zwischen den Meßzeitpunkten 3 bis 6 und dem Meßzeitpunkt 2 der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Zahlen)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

Berufstätige

In den ersten 20 min der Scheinwerferphase (TP 3) deutete der tendenziell signifikant erhöhte Parameter „Anzahl verschlechterter Tests“ ($p = .084$) auf eine verschlechterte Gesamtleistung der EG-Berufstätige im Vergleich zur KG hin (Abbildung 4.2.2/12). Dieser Effekt trat auf, obwohl die Vpn der EG-Berufstätige bei der Visuellen Suche (Zahlen) eine tendenziell signifikante Verringerung der mittleren Fehlerprozentzahl, also eine Leistungsverbesserung erreichten ($p = .06$; Abbildung 4.2.2/6 und Abbildung 4.2.2/7). Gleichzeitig erhöhte sich jedoch in dieser Versuchsphase bei der EG gegenüber der KG signifikant die mittlere Fehlerprozentzahl der Visuellen Suche (Symbole) ($p = .05$). In diesem Parameter fiel die KG-Berufstätige über die sechs Meßzeitpunkte kontinuierlich um ca. 10 % ab. Der Verlauf für die EG-Berufstätige war bis auf den Anstieg in TP 3 fast parallel zur KG (Abbildung 4.2.2/8 und Abbildung 4.2.2/9).

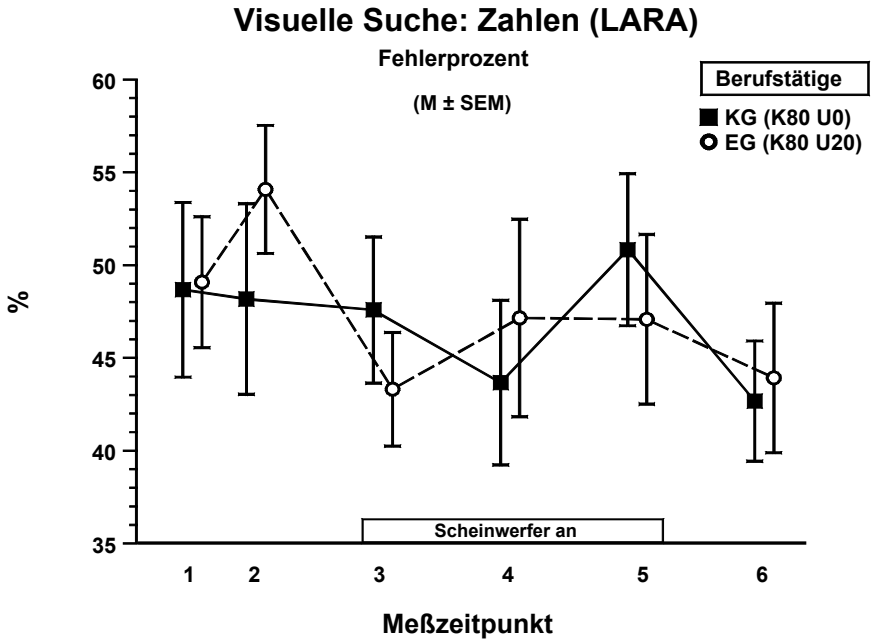

Abb. 4.2.2/6: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Zahlen)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

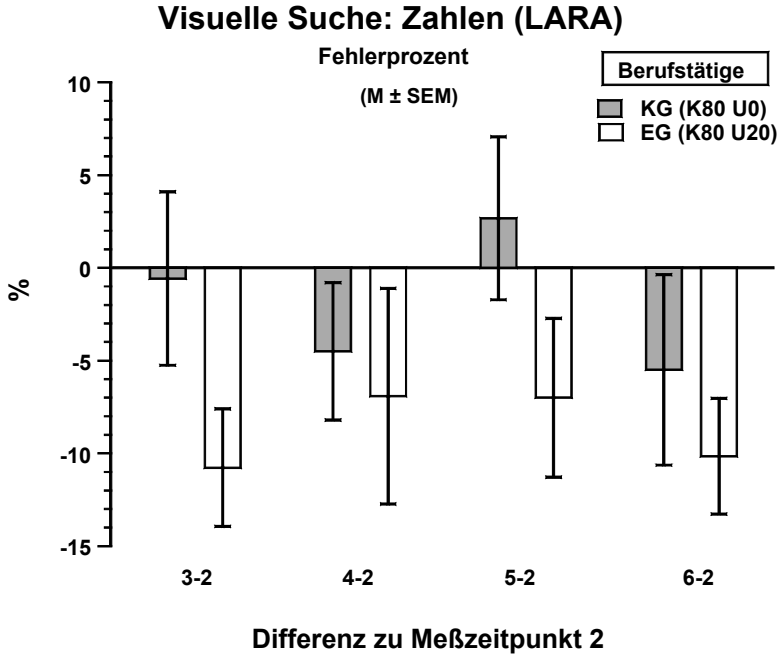

Abb. 4.2.2/7: Mittlere Differenzwerte (± SEM) zwischen den Meßzeitpunkten 3 bis 6 und dem Meßzeitpunkt 2 der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Zahlen)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

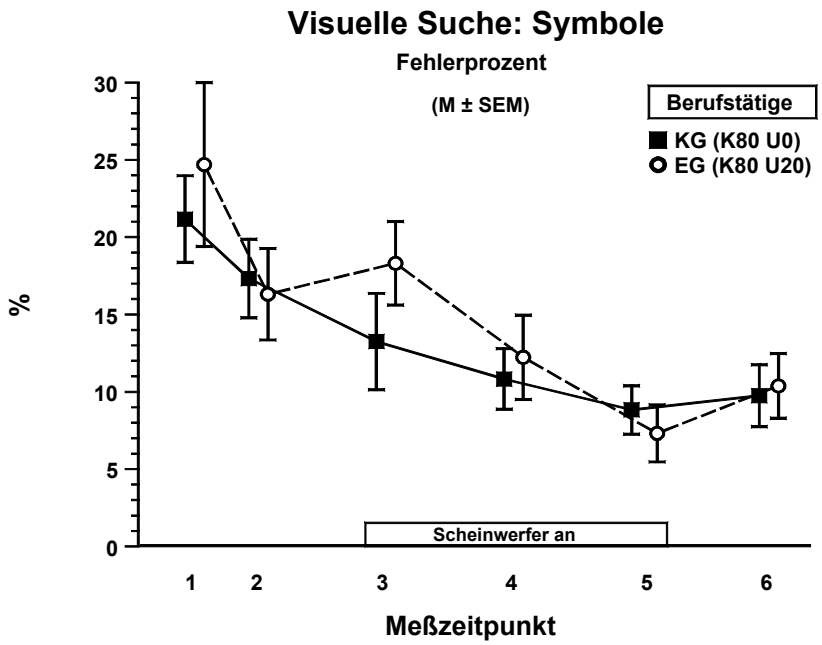

Abb. 4.2.2/8: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

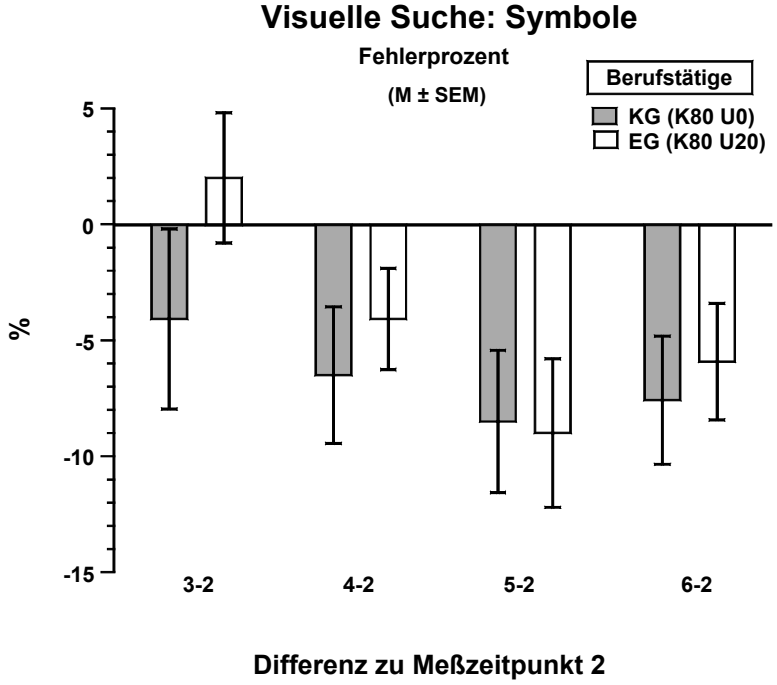

Abb. 4.2.2/9: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der Fehlerprozente des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

Die mittlere Reaktionszeit der Visuellen Suche (Symbole) sank in beiden Versuchsgruppen kontinuierlich über die Meßzeitpunkte ab (Abbildung 4.2.2/10). In der EG-Berufstätige fielen die Mittelwerte stärker ab als in der KG. In TP 4 ($p = .022$) und TP 6 ($p = .015$) waren die Unterschiede signifikant (Abbildung 4.2.2/11). Zu beachten ist aber, daß die Reaktionszeit kein Gütemaß für die erbrachte Leistung darstellt; dies ist eher der Fehlerprozentwert.

Leistungssteigerungen der EG-Berufstätige waren im letzten Drittel der Scheinwerferphase (TP 5) nachweisbar. In TP 5 wies die EG-Berufstätige eine tendenziell signifikant geringere mittlere Anzahl verschlechterter Tests auf ($p = .06$; Abbildung 4.2.2/12), wozu auch die tendenziell signifikant kleinere, mittlere Fehlerprozentzahl im Test „Visuelle Suche (Zahlen)“ der EG beitrug ($p = .069$).

Nach Abschalten des Scheinwerfers konnte als Nacheffekt in TP 6 in der EG-Berufstätige eine tendenziell signifikant erhöhte mittlere Fehlerprozentzahl beim Rechentest (KLT) beobachtet werden ($p = .091$).

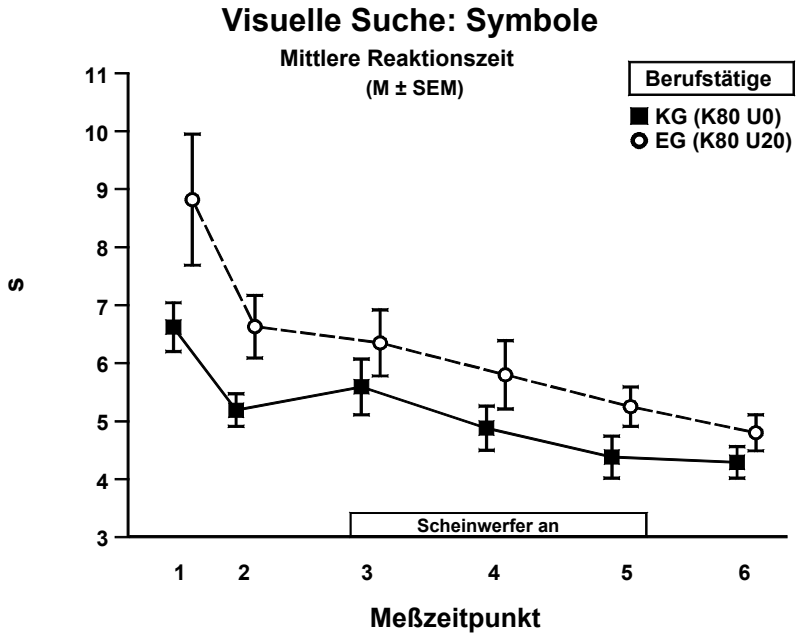

Abb. 4.2.2/10: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) der mittleren Reaktionszeiten des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

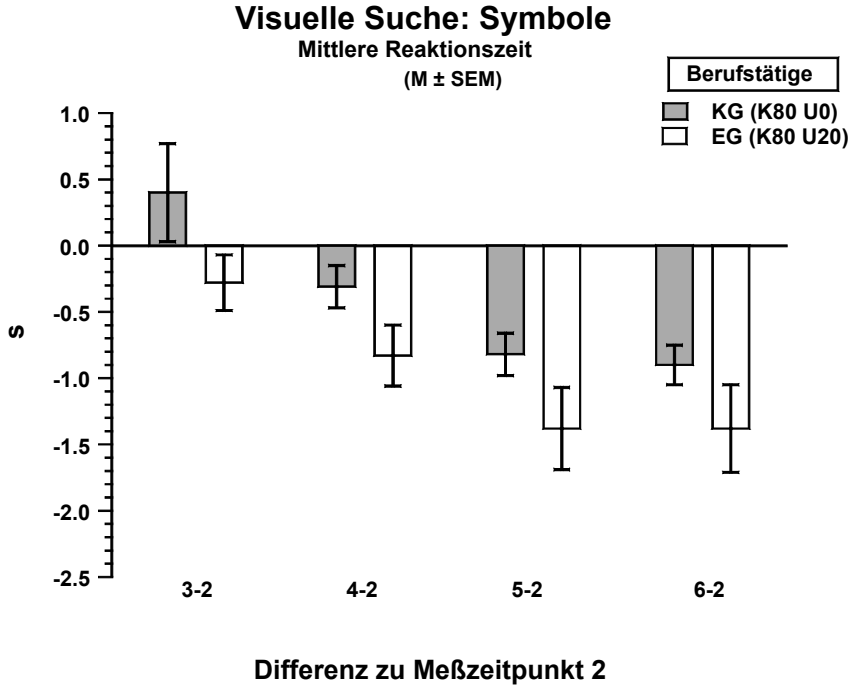

Abb. 4.2.2/11: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der mittleren Reaktionszeiten des Parameters der allgemeinen Leistungsfähigkeit „Visuelle Suche (Symbole)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

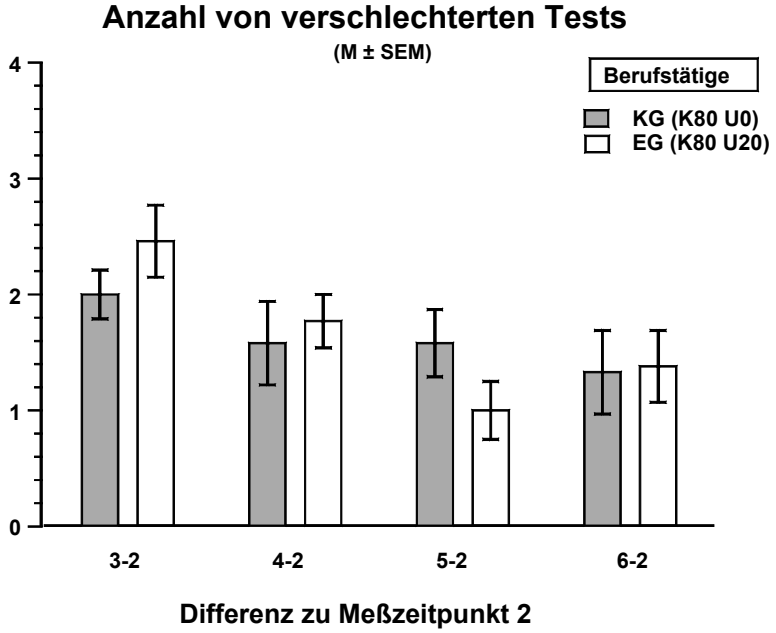

Abb. 4.2.2/12: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der Anzahl von verschlechterten Tests bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

4.2.3 Physiologische Maße

Studierende

Die Ergebnisse bei den körperlichen Reaktionen der EG-Studierende auf den periodischen Schatten sprechen je nach physiologischem Teilsystem und Zeitpunkt für Aktivierung oder für Deaktivierung.

Für Aktivierung und damit für Streßeffekte sprechen die Indikatoren Fingertemperatur, diastolischer Blutdruck und der Parameter „Anzahl physiologischer Streßindikatoren".

Nach 20 min Schatteneinwirkung (TP 4, MP 4) war in der EG-Studierende bis zur MP 6, also auch noch nach Abschalten des Scheinwerfers, durchgängig in den Meß- und Testphasen gegenüber der KG eine meist signifikant reduzierte Fingertemperatur nachweisbar. Dies indiziert eine verringerte periphere Durchblutung der Finger bei den Vpn der EG-Studierende (MP 4: $p = .0075$; MP 5: $p = .047$; MP 6: $p = .034$; TP 4: Rechnen (KLT): $p = .010$, Visuelle Suche (Symbole): $p = .006$; TP 5: Rechnen (KLT): $p = .008$, Visuelle Suche (Symbole): $p = .016$, Visuelle Suche (Zahlen): $p = .08$; TP 6: Rechnen (KLT): $p = .012$, Visuelle Suche

(Symbole): p = .030, Visuelle Suche (Zahlen): p = .090). Abbildung 4.2.3/1 zeigt ab MP 2 sinkende Mittelwerte in der EG und steigende Mittelwerte in der KG-Studierende.

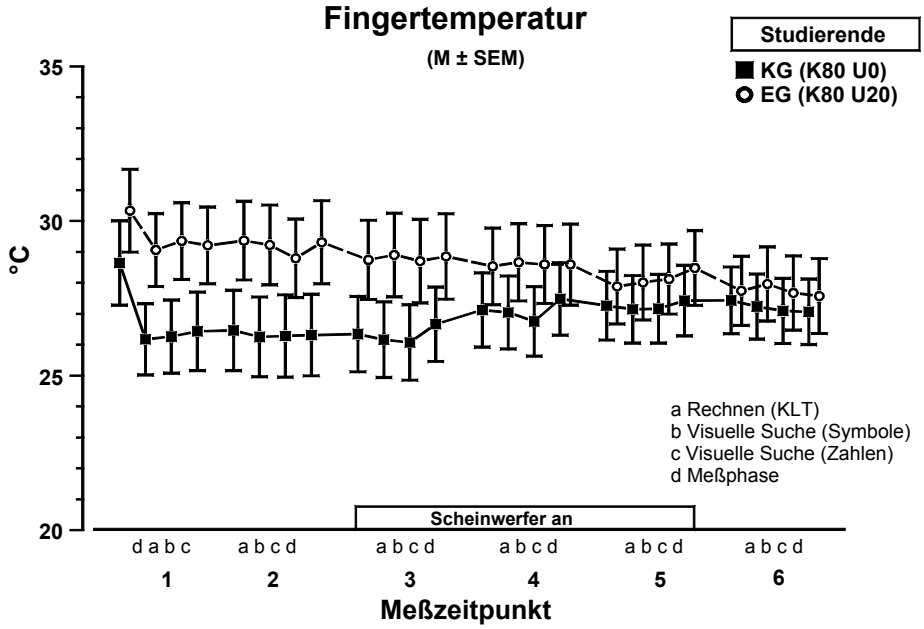

Abb. 4.2.3/1: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des physiologischen Parameters „Finger-temperatur“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0) zu den verschiedenen Meßzeitpunkten und Meßsituationen.

Während des 2. Drittels der Scheinwerferphase (TP 4) traten die deutlichsten Effekte auf, was in dem signifikant erhöhten Parameter „Anzahl physiologischer Streßindikatoren“ der EG-Studierende zum Ausdruck kommt (p = .026; Abbildung 4.2.3/2).

Außerdem war der nach 40 min Schattendauer (MP 4) gemessene diastolische Blutdruck bei der EG-Studierende gegenüber der KG signifikant erhöht (p = .033).

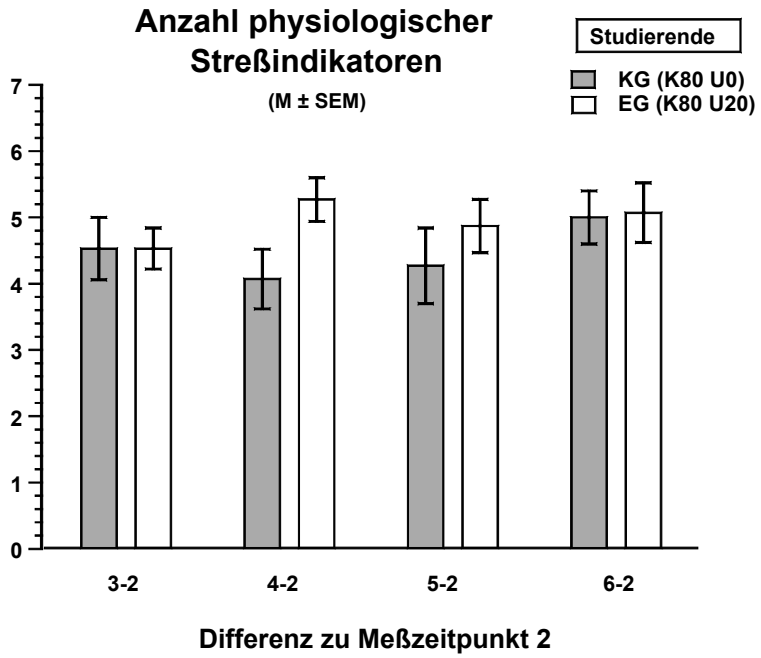

Abb. 4.2.3/2: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der Anzahl physiologischer Streßindikatoren in den Testphasen bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0).

Auf eine Deaktivierung und damit gute Anpassung an die Situation weisen die Ergebnisse des systolischen Blutdrucks und der EDA hin.

Der mittlere systolische Blutdruck der EG-Studierende war gegenüber der KG am Ende der einstündigen Scheinwerferphase (MP 5) signifikant ($p = .019$) und nach der letzten Testphase (MP 6) tendenziell signifikant verringert ($p = .08$). Die Unterschiede beruhen darauf, daß der systolische Blutdruck der EG über die Zeit relativ konstant blieb, jedoch der der KG ab der MP 4 anstieg.

Besonders konsistent im letzten Drittel der Scheinwerferphase (TP 5; MP 5) und nach Abschalten des Scheinwerfers (TP 6; MP 6) zeigten sich zumindest tendenziell signifikant reduzierte mittlere Hautleitfähigkeitsniveaus (SCL) und -reaktionen (SCR) der EG-Studierende gegenüber der KG (TP 4: Visuelle Suche (Zahlen): SCL: $p = .060$; MP 5: SCL: $p = .026$; MP 6: SCL: $p = .090$; TP 5: Visuelle Suche (Symbole): SCL: $p = .090$; Visuelle Suche (Zahlen): SCL: $p = .080$, SCR: $p = .080$; TP 6: Rechnen (KLT): SCL: $p = .041$; Visuelle Suche (Zahlen): SCL: $p = .038$, SCR: $p = .070$). Die mittleren Verlaufswerte der beiden Gruppen für den Parameter Hautleitfähigkeitsniveau (SCL) sind in Abbildung 4.2.3/3 dargestellt.

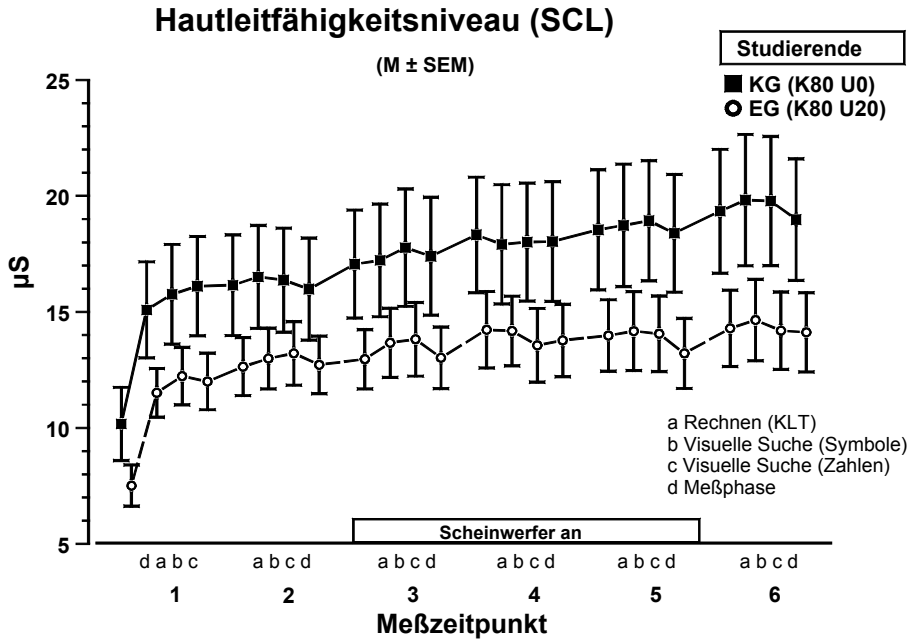

Abb. 4.2.3/3: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des physiologischen Parameters „Hautleit-fähigkeitsniveau (SCL)“ bei der EG-Studierende (K80 U20) und der KG-Studierende (K80 U0) zu den verschiedenen Meßzeitpunkten und Meßsituationen.

Berufstätige

Für die EG-Berufstätige konnten in vier Meß- und allen Testphasen Streßeffekte durch mindestens einen Indikator oder durch die Variable „Anzahl physiologischer Streßindikatoren“ nachgewiesen werden.

Die zeitstabilsten und breitesten physiologischen Effekte während der Leistungstests zeigten sich bei beiden visuellen Suchaufgaben. Sensitiv waren bei beiden Tests das Hautleitfähigkeitsniveau (SCL) und die Fingertemperatur.

Mit fortschreitender Schattendauer nahm über alle Leistungstests betrachtet die Breite der physiologischen Streßeffekte zu. Während der Leistungstests im letzten Drittel der Scheinwerferphase (TP 5) und in der Testphase nach Abschalten des Scheinwerfers (TP 6) waren die breitesten Wirkungen nachweisbar.

Zu den einzelnen Zeitabschnitten:

In den ersten 20 min der Scheinwerferphase (TP 3, MP 3) trat eine durchgängig erhöhte EDA in der EG-Berufstätige auf (Rechnen: SCR, $p = .085$; Visuelle Suche (Symbole): SCL, $p =$

.10; Visuelle Suche (Zahlen): SCR, p = .008). Abbildung 4.2.3/4 zeigt die SCL-Mittelwerte beider Gruppen über alle Meßzeitpunkte.

Diese Veränderungen führten insgesamt auch zu einer größeren Anzahl physiologischer Streßindikatoren (MP 3: p = .009; Abbildung 4.2.3/5).

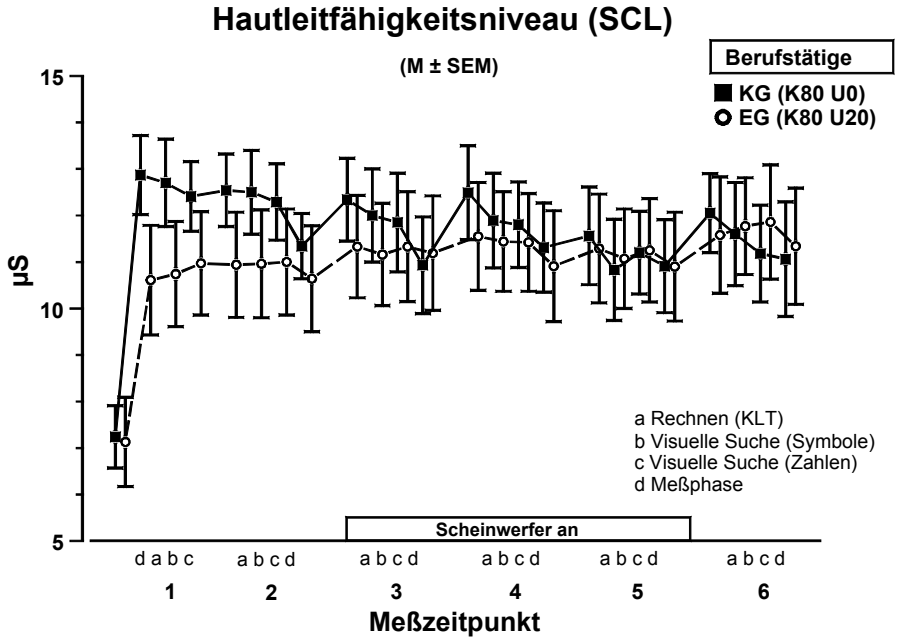

Abb. 4.2.3/4: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des physiologischen Parameters „Hautleit-fähigkeitsniveau (SCL)“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0) zu den verschiedenen Meßzeitpunkten und Meßsituationen.

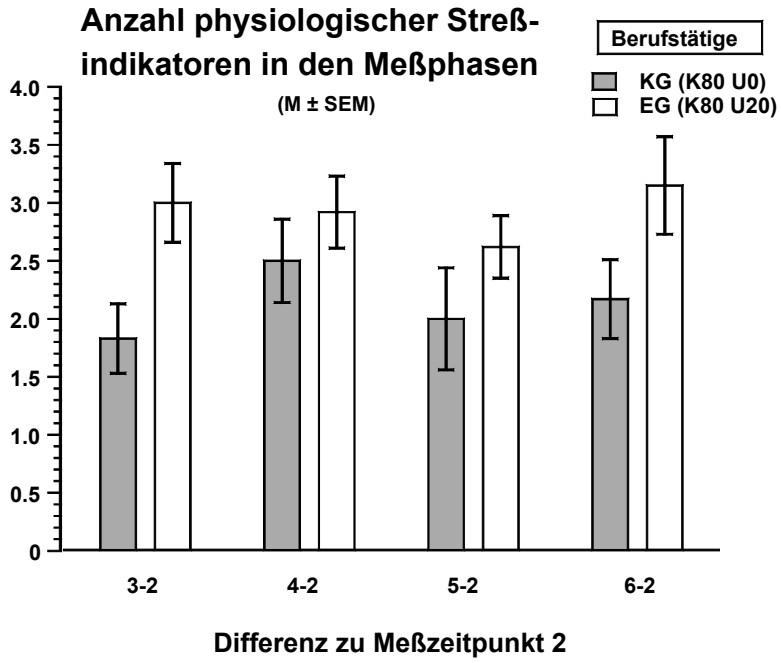

Abb. 4.2.3/5: Mittlere Differenzwerte (± SEM) der Anzahl physiologischer Streßindikatoren in den Meßphasen bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0).

Im 2. Drittel der Scheinwerferphase (TP 4) trat in der EG-Berufstätige mit einer gesteigerten EDA während der drei Leistungstests (Rechnen: SCL, p = .075; Visuelle Suche (Symbole): SCL, p = .055; Visuelle Suche (Zahlen): SCL, p = .080) und mit einer erhöhten Anzahl physiologischer Streßindikatoren (p = .018) ein ähnliches Ergebnismuster auf wie in den vorangegangenen 20 min (TP 3).

Im letzten Drittel der Scheinwerferphase (TP 5) war in der EG-Berufstätige neben der erhöhten EDA während der drei Leistungstests (Rechnen: SCL, p = .075; Visuelle Suche (Symbole): SCL, p = .033; Visuelle Suche (Zahlen): SCL, p = .095) auch eine reduzierte Fingertemperatur bei beiden visuellen Suchaufgaben (p = .055 bzw. p = .044) sowie wiederum eine größere Anzahl physiologischer Streßindikatoren beobachtbar (p = .045). Die mittleren Verlaufswerte der Fingertemperatur beider Gruppen über alle Meßzeitpunkte sind in Abbildung 4.2.3/6 dargestellt. In der anschließenden MP 5 konnte eine verringerte Fingertemperatur (p = .044) und eine erhöhte Anzahl physiologischer Streßindikatoren (p = .041) nachgewiesen werden.

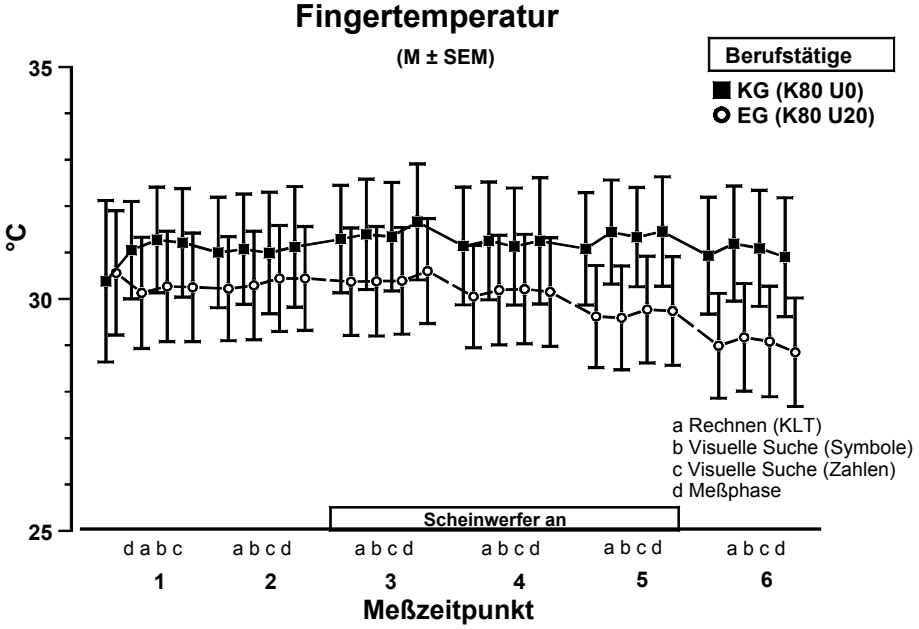

Abb. 4.2.3/6: Mittlere Verlaufswerte (± SEM) des physiologischen Parameters „Finger-temperatur“ bei der EG-Berufstätige (K80 U20) und der KG-Berufstätige (K80 U0) zu den verschiedenen Meßzeitpunkten und Meßsituationen.

In der letzten Testphase (TP 6) zeigten sich in der EG-Berufstätige besonders starke Effekte, die als Nacheffekte der vorangegangenen einstündigen Schattendarbietung interpretiert werden können. Während aller drei Leistungstests war die EDA signifikant erhöht (Rechnen (KLT): SCL, p = .047; Visuelle Suche (Symbole): SCL, p = .021; Visuelle Suche (Zahlen): SCL, p = .038, SCR, p = .025) und bei beiden visuellen Suchaufgaben war die mittlere Fingertemperatur zumindest tendenziell signifikant verringert (Visuelle Suche (Symbole): p = .070; Visuelle Suche (Zahlen): p = .032). Während der Visuellen Suche (Zahlen) stieg zudem die mittlere Anzahl spontaner Hautleitfähigkeitsänderungen (SCR) signifikant an (p = .025). Diese Effekte trugen zu einer stark erhöhten mittleren Anzahl physiologischer Streßindikatoren bei (p = .0004).

In der letzten Meßphase (MP 6) zeigte sich erneut eine verringerte Fingertemperatur (p = .034) und eine erhöhte Anzahl physiologischer Streßindikatoren (p = .055).

4.2.4 Vergleich von sich hoch mit sich niedrig belästigt fühlenden Personen

Die subjektiv eingeschätzte Belästigung durch den periodischen Schattenwurf wurde als eine entscheidende Moderatorvariable für die Vermittlung der Streßeffekte angesehen.

Studierende

Weitere Belege für eine Streßwirkung des periodischen Schattens erbrachte eine differentielle Analyse der Vpn der EG. In Abhängigkeit von ihrer Antwort auf das Item „Belästigung bzw. Störung bei der Durchführung der Testaufgaben durch den wandernden Schatten“ wurde für jedes Drittel der Scheinwerferphase eine Unterteilung der Vpn der EG-Studierende in sich hoch und niedrig belästigt fühlende Personen vorgenommen. Bei 40 Variablen zeigten sich statistisch bedeutsame Unterschiede zwischen den Teilgruppen. Stärkere Streßeffekte bei den sich „hoch belästigt“ Fühlenden konnten für 35 Indikatoren aller drei Variablenbereiche nachgewiesen werden. Bei fünf Indikatoren wiesen die sich „niedrig belästigt“ Fühlenden die stärkeren Effekte auf.

Bei den neun sich in den ersten 20 min der Scheinwerferphase „hoch belästigt“ fühlenden Probanden waren gegenüber den sieben sich „niedrig belästigt“ fühlenden Probanden folgende Streßeffekte statistisch bedeutsam nachweisbar: Der Schatten wurde stärker wahrgenommen ($p = .0004$) und für weniger erträglich befunden ($p = .0002$). Die Belästigung nahm mit der Zeit zu ($p = .03$). Die Vpn fühlten sich durch die Gesamtsituation weniger herausgefordert ($p = .018$). Sie gaben sich weniger positive Selbstinstruktionen zur Bewältigung der Situation ($p = .085$). Sie hatten eine stärkere Tendenz, der Situation zu entfliehen ($p = .085$). Sie meinten, ihr Verhalten sei gehemmter ($p = .055$) und sie fühlten sich hilfloser ($p = .095$). Sie berichteten von stärkerer innerer Unruhe ($p = .017$) und innerer Anspannung ($p = .075$), von vermehrten Kopfschmerzen ($p = .085$) und stärker angespannten Muskeln ($p = .012$). Die körperliche und psychische Symptomsumme ($p = .02$ bzw. $p = .10$) und die Gesamtsymptomsumme ($p = .01$) waren erhöht. Ihre allgemeine Leistungsfähigkeit war, gemessen an der erhöhten Fehlerprozentzahl bei der Visuellen Suche (Zahlen), verringert ($p = .09$).

In den zweiten 20 min der Scheinwerferphase wiesen die fünf sich „hoch belästigt“ fühlenden Vpn gegenüber den elf sich „niedrig belästigt“ fühlenden Vpn der EG im Mittel die folgenden statistisch bedeutsamen Streßeffekte auf: Verstärkte Wahrnehmbarkeit des Schattens ($p = .017$), vermehrte Gedanken in Richtung Kontrolle der Situation ($p = .033$) und der Reaktion

(p = .10), vermehrtes Denken an Flucht aus der Situation (p = .065) und zukünftige Vermeidung der Situation (p = .042) sowie erhöhte selbsteingeschätzte Müdigkeit (p = .04).
Bezogen auf die letzten 20 min der Scheinwerferphase traten bei den vier sich „hoch belästigt“ fühlenden Vpn im Vergleich zu den zwölf sich „niedrig belästigt“ fühlenden Vpn der EG folgende statistisch bedeutsame Streßeffekte auf: Verstärkte Wahrnehmbarkeit (p = .055) und verminderte Erträglichkeit des Schattens (p = .015), Zunahme der Belästigung über die Zeit (p = .046), vermehrtes Denken an die Kontrolle der Situation (p = .009) und der Reaktionen (p = .080) sowie an zukünftige Vermeidung (p = .010), stärker bemerkte Verhaltenshemmung (p = .006), erhöhte innere Unruhe (p = .08), vermehrtes Schwitzen (p = .10), angespanntere Muskeln (p = .06), erhöhte körperliche Symptomsumme (p = .046) und erhöhte Herzfrequenz (p = .038).

Berufstätige

In der EG-Berufstätige gab es in den ersten beiden Dritteln jeweils acht Vpn, im letzten Drittel zehn Vpn, die die Belästigung durch den periodischen Schattenwurf als „mittelmäßig“, „ziemlich“ oder „sehr“ stark eingestuft hatten. Diese Personen bildeten jeweils die Gruppe der sich „hoch belästigt“ Fühlenden, die anderen Personen die Gruppe der sich „niedrig belästigt“ Fühlenden. Von 72 statistisch bedeutsamen Gruppenunterschieden fielen 58 in die erwartete Richtung (stärkere Effekte bei den sich „hoch belästigt“ Fühlenden) und 14 in die entgegengesetzte Richtung (stärkere Effekte bei den sich „niedrig belästigt“ Fühlenden) aus.
In allen drei Scheinwerferphasen nahmen die sich „hoch belästigt“ Fühlenden im Mittel den Schatten stärker wahr (MP 3: p = .018; MP 4: p = .014; MP 5: p = .0095) und machten sich mehr Gedanken in Richtung Situationskontrolle (MP 3: p = .029; MP 4: p = .0021; MP 5: p = .028), zukünftiger Vermeidung (MP 3: p = .033; MP 4: p = .0018; MP 5: p = .070) und Flucht (MP 3: p = .025; MP 4: p = .0048; MP 5: p = .070). Zudem hatten sie ein stärkeres Bedürfnis nach sozialer Unterstützung (MP 3: p = .039; MP 4: p = .015; MP 5: p = .080). Sie empfanden die Lichtverhältnisse als irritierender (MP 3: p = .017; MP 4: p = .012; MP 5: p = .028) und die Aufgaben als anstrengender (MP 3: p = .005; MP 4: p = .039; MP 5: p = .023) als die niedrig Belästigten.

Verglichen mit den anderen Scheinwerferphasen traten im ersten Drittel die breitesten Effekte auf. Die sich „hoch belästigt“ Fühlenden fühlten sich durch den Schatten stärker bedroht (p = .055) und hilfloser (p = .028). Außerdem gaben sie sich weniger positive Selbstinstruktionen

(p = .0023). Im Bereich der Befindlichkeit zeigte sich, daß die hoch Belästigten weniger Freude (p = .012), stärkeres körperliches Unwohlsein (p = .025), stärkeres Schwitzen (p = .037) und angespanntere Muskeln (p = .03) angaben. Zudem waren die körperliche Symptomsumme (p = .013) und die Gesamtsymptomsumme (p = .033) gegenüber den niedrig Belästigten erhöht. Bei den physiologischen Maßen erwies sich die Fingertemperatur als sensitiv, sie war im Mittel bei allen drei Leistungstests (Rechnen (KLT): p = .080; Visuelle Suche (Symbole): p = .014; Visuelle Suche (Zahlen): p = .017) und der anschließenden Meßphase 3 (p = .0065) in der Gruppe der hoch Belästigten niedriger als in der Gruppe der niedrig Belästigten.

Im zweiten Drittel der Scheinwerferphase waren folgende Unterschiede zwischen sich „hoch“ und „niedrig belästigt“ fühlenden Vpn statistisch bedeutsam: Der Schatten wurde als weniger erträglich (p = .048), bedrohlicher (p = .070) und die Belästigung als über die Zeit zunehmend (p = .0032) beurteilt. Bei den hoch Belästigten waren Gedanken an Reaktionskontrolle (p = .0048) und Verhaltenshemmung (p = .037) stärker ausgeprägt. Sie erlebten eine stärkere Ablenkung ihres Blicks von den Aufgaben (p = .018), fühlten sich durch die Lichtverhältnisse frustrierter und empfanden ein stärkeres Nachlassen in der Konzentration (p = .0039). Bei den spezifischen Emotionen war die Freude verringert (p = .055) und der Ärger erhöht (p = .055). Im Leistungstest Visuelle Suche (Symbole) war die mittlere Reaktionszeit erhöht (p = .02). Bei beiden visuellen Suchaufgaben trat ein Anstieg des Hautleitfähigkeitsniveaus (SCL) auf (Symbole: p = .085; Zahlen: p = .065).

Im letzten Drittel belegen folgende Indikatoren stärkere Streßeffekte bei den sich „hoch belästigt“ Fühlenden: Verringerte Erträglichkeit des Schattens (p = .013), zunehmende Belästigung (p = .010), verstärkte Verhaltenshemmung (p = .031), unangenehmere Lichtverhältnisse (p = .060), stärker abgelenkter Blick (p = .030), durch Lichtverhältnisse frustrierter und weniger konzentriert (p = .008), verstärktes Ärgergefühl (p = .055), erhöhte psychische Symptomsumme (p = .053), erhöhte mittlere Reaktionszeit der Visuellen Suche (Symbole) (p = .065), erhöhte Anzahl verschlechterter Leistungstests (p = .06) und ein erhöhtes Hautleitfähigkeitsniveau (SCL) beim Rechnen (KLT) (p = .043) und bei der Visuellen Suche (Symbole) (p = .065).

4.3 Diskussion

Es konnten systematische Auswirkungen des periodischen Schattenwurfs in der hier gewählten Konfiguration (einmalig 60 min Dauer, 80 %iger Kontrast, 20 U/min, spezielle Projektion) auf verschiedenen Ebenen des Erlebens und Verhaltens nachgewiesen werden.
Beobachtbar waren Streßwirkungen, Regulationsvorgänge im Sinne von Kompensation bzw. Überkompensation und negative Nacheffekte. Breite und Stärke dieser Reaktionen erwiesen sich als abhängig von der Dauer und dem Alter (Studierende vs. Berufstätige). Tabelle 4.3/1 gibt eine grobe Übersicht zu den Hauptbefunden.

Tabelle 4.3/1: Hauptergebnisse der EG im Vergleich zur KG in groben Merkmalskategorien

		Schatten		Nach Ende des Schattens
	1.-20. min	21.-40. min	41.-60. min	
Belästigung Studierende Berufstätige		abnehmend konstant	konstant konstant	
Kognitive Streßverarbeitung Studierende Berufstätige	gering mittelmäßig	gering stark	gering mittelmäßig	
Befinden Studierende Berufstätige	verschlechtert	verbessert verschlechtert	verbessert	verbessert
Leistung Studierende Berufstätige	verschlechtert verschlechtert		verbessert verbessert	verschlechtert
Physiologische Reaktionen Studierende Berufstätige	erhöht	erhöht erhöht	spezifisch erhöht erhöht	spezifisch erhöht erhöht

Jüngere Probanden (Studierende)

Die Ergebnisse der Studierenden legen den Schluß nahe, daß es der durchschnittlichen Vp der EG gelang, das periodische Signal ab dem 2. Drittel der Scheinwerferphase auszublenden, sich auf die geforderten Aufgaben zu konzentrieren und daß deswegen die Belästigung zurückging. Die psychischen Ressourcen scheinen bei jüngeren Probanden, die zum ersten Mal periodischen Schatten erlebten, auszureichen, um anfängliche Leistungseinbußen auszugleichen. Die Anpassung gelang so gut, daß es im letzten Drittel der Scheinwerferphase sogar zu Verbesserungen der Leistung und der psychischen Befindlichkeit kam. Dies bedeutet, daß

hier der periodische Schatten die Leistung für den betrachteten kurzen und einmaligen Beschattungszeitraum sogar förderte, er also einen Leistungsanreiz darstellte. Diese Interpretation wird unterstützt durch den Befund, daß die Gesamtsituation als herausfordernd und keineswegs als bedrohlich erlebt wurde. Als herausfordernd bewertete Stressoren führen zu einer besseren Nutzung von Ressourcen, um eine Situation zu bewältigen (Lazarus & Launier, 1978).

Dieser Befund der Kompensation ist insofern interessant, als er zeigt, daß bei intensiver Beschäftigung mit einer Aufgabe die Belästigung durch Außenreize vermindert sein kann. Werden während der Scheinwerferphase, wie dies in der Voruntersuchung der Fall war, keine Tests durchgeführt, d. h. sitzt die Vp nur passiv da, so stieg nach 20 min die Belästigung unabhängig von der Stärke des Kontrastes und der Umdrehungsgeschwindigkeit.

Es liegt die Vermutung nahe, daß die Vpn so stark in die Tests involviert waren, daß sie deswegen psychische und körperliche Veränderungen der Befindlichkeit weniger stark wahrnahmen. Dies kann erklärt werden mit Pennebakers (1982) Hypothese vom Wettstreit der Reize. Danach wird internen Reizen, die eine bestimmte Intensität und Dauer nicht überschreiten, weniger Aufmerksamkeit gewidmet, wenn die äußeren Reizbedingungen große Aufmerksamkeit fordern und so von den inneren Zuständen ablenken.

Ältere Probanden (Berufstätige)

Die verschiedenen Zeitabschnitte betrachtend ergibt sich folgendes Bild zu den Auswirkungen des periodischen Schattens: In den ersten 20 min der Scheinwerferphase dominierten Verschlechterungen des körperlichen Befindens und insgesamt Leistungseinbußen. In den zweiten 20 min zeigten sich starke kognitive Streßbewältigungsmaßnahmen und die Leistung verbesserte sich. In den letzten 20 min der Scheinwerferphase dominierten bei verbesserter Leistung physiologische Streßeffekte. Letztere waren auch deutlich als Nacheffekte nach Abschalten des Schattenreizes nachweisbar und weisen daraufhin, daß eine schnelle körperliche Erholung ausblieb. Als weiterer negativer Nacheffekt war eine Verschlechterung im Test für die allgemeine Leistungsfähigkeit (Rechnen), der von allen Tests die größten kognitiven Ressourcen erforderte, zu beobachten.

Vergleich jüngerer mit älteren Probanden (Studierende vs. Berufstätige)

Studierende und Berufstätige der EG zeigten im 1. Drittel der Scheinwerferphase Leistungsbeeinträchtigungen. Bei den älteren Probanden (Berufstätige) traten in dieser Phase breitere Streßeffekte auf, da neben der Leistung auch das körperliche Befinden beeinträchtigt war und eine stärkere kognitive Auseinandersetzung mit der Situation stattfand.
In den folgenden Phasen kam es in beiden EGn zur Kompensation bzw. sogar zu einer gegenüber den KGn gesteigerten Leistung. Dieses Kompensieren bzw. Überkompensieren kostete Energie auch in Form körperlicher Anstrengung, was sich bei der EG-Studierende in der reduzierten Fingertemperatur und bei der EG-Berufstätige zusätzlich in erhöhtem Hautleitfähigkeitsniveau zeigte.
Jüngere Probanden (Studierende) kompensierten mit anderen psychischen Prozessen als ältere Probanden (Berufstätige). Erstere blendeten den Reiz aus und reduzierten dadurch die Belästigung, letztere kompensierten trotz konstant eingeschätzter Wahrnehmbarkeit und Belästigung.
Der periodische Schatten zeigte bei den älteren Probanden (Berufstätige) breitere körperliche Reaktionen, d. h. Auslenkungen in mehr Teilsystemen. Diese waren auch als Nacheffekte nachweisbar. Als weiterer Nacheffekt trat bei den Berufstätigen eine Verschlechterung im Test für die allgemeine Leistungsfähigkeit auf.

Weiteren Experimenten muß es vorbehalten bleiben, die Indikatorfunktion der physiologischen Veränderungen für psychologische Konstrukte wie z. B. Anspannung, emotionale Erregung und Leistungsbereitschaft zu klären. Ebenso sollte der Frage nachgegangen werden, inwieweit individualspezifische Reaktionsmuster für das Ansprechen bestimmter Indikatoren in bestimmten Versuchsabschnitten verantwortlich sind.

Sich hoch belästigt fühlende Probanden

Wie erwartet erwies sich der Grad der subjektiven Belästigung als wichtige Moderatorvariable. Sich hoch belästigt fühlende Probanden wurden breiter von der Normallage ausgelenkt als sich niedrig belästigt fühlende Probanden, d. h. Streßeffekte zeigten sich deutlich auf mehreren Ebenen des Erlebens und Verhaltens, insbesondere in Maßen der Befindlichkeit und der Streßverarbeitung.

Fazit zur Frage, die zu dieser Pilotstudie Anlaß gegeben hat

Die gewählte Konfiguration von periodischem Schatten (einmalig, 60 min Dauer, 20 U/min, 80%iger Kontrast, spezielle Projektion) führte bei nicht durch periodischen Schattenwurf von WEAn sensibilisierten Probanden unterschiedlichen Alters (Studierenden vs. Berufstätige) zu systematischen und deutlich erkennbaren, wenn auch schwachen Streßeffekten.

Diese Effekte des unter den gegebenen Bedingungen der Laborstudie allein, d. h. ohne Berücksichtigung anderer am Streßgeschehen einer WEA beteiligter Faktoren, untersuchten periodischen Schattens sprechen nicht für das Vorliegen einer erheblichen Belästigung i. S. des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (1997; Feldhaus, 1999).

Die mit dem periodischen Schattenwurf nachgewiesenen erhöhten Anforderungen an psychische und physische Ressourcen lassen jedoch erwarten, daß kumulative Langzeitwirkungen deutlich stärkere Streßeffekte mit sich bringen, die die Kriterien einer erheblichen Belästigung erfüllen dürften.
Diese Pilotstudie bezog sich auf eine isolierte Betrachtung von periodischem Schattenwurf. Welche Wechselwirkungen sich mit anderen Einflußgrößen von WEAn bei längerfristiger Einwirkung ergeben werden, läßt sich auf der Basis der Daten dieser Laborstudie nicht konkret abschätzen.

<u>Schlußfolgerungen für weitere Untersuchungen</u>
Um das Phänomen der Belästigung durch periodischen Schattenwurf von WEAn weiter zu erforschen und die zur Belästigung entscheidend beitragenden Wirkvariablen zu isolieren, sind weitere Untersuchungen erforderlich.
Zum einen sollten verschiedene Zeitmuster des periodischen Schattens (zufällig, diskontinuierlich, unvorhersehbar) und zum anderen die Kombinationswirkung von periodischem Schatten und Geräuschen/Lärm (insbesondere periodische Geräusche) untersucht werden. Um den Faktor „Sensibilisierung“ bzw. „Vorbelastung“ zu prüfen, sollten Probanden der Feldstudie mit niedriger, mittlerer und hoher gewichteter Schattendauer einbezogen werden.

5 Literaturverzeichnis

Abels, D. (1965). Der Konzentrations-Verlaufs-Test. Göttingen: Hogrefe.

Abt, K. (1987). Descriptive data analysis: A concept between confirmatory and exploratory data analysis. Methods of Information in Medicine, 26, 77-88.

Bundes-Immissionsschutzgesetz (BImSchG). (1997). Heidelberg: Müller.

Düker, H. (1949). Über ein Verfahren zur Bestimmung der geistigen Leistungsfähigkeit. Psychologische Forschung, 23, 10-24.

Düker, H. & Lienert, G. A. (1959). Konzentrations-Leistungs-Test KLT. Göttingen: Hogrefe.

Erdmann, G. & Janke, W. (1984). Mehrdimensionale Körperliche Symptomliste (MKSL-20). Berlin/Würzburg: Institut für Psychologie der Technischen Universität Berlin & Institut für Psychologie, Lehrstuhl für Psychologie I der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Fahrenberg, J., Walschburger, P., Foerster, F., Myrtek, M. & Müller, W. (1979). Psychophysiologische Aktivierungsforschung. Ein Beitrag zu den Grundlagen der multivariaten Emotions- und Stress-Theorie. München: Minerva.

Feldhaus, G. (1999). Bundesimmissionsschutzrecht. Band 1. Bundesimmissionsschutzgesetz, Kommentar. Heidelberg: Müller.

Janke, W. & Erdmann, G. (1986). Streßverarbeitungsfragebogen (SVF ak-1986). Würzburg/Berlin: Institut für Psychologie, Lehrstuhl für Psychologie I der Julius-Maximilians-Universität Würzburg & Institut für Psychologie der Technischen Universität Berlin.

Janke, W., Hüppe, M., Kallus, W. & Schmidt-Atzert, L. (1988). Befindlichkeitsskalierung anhand von Kategorien und Eigenschaftswörtern. BSKE-E (ak-10i-7s), BSKE-EA (ak-14i-7s), BSKE-EAK (ak-16i-7s). Würzburg: Institut für Psychologie, Lehrstuhl für Psychologie I der Julius-Maximilians-Universität Würzburg.

Janke, W. & Wolffgramm, J. (1995). Biopsychologie von Streß und emotionalen Reaktionen: Ansätze interdisziplinärer Kooperation von Psychologie, Biologie und Medizin. In G. Debus, G. Erdmann & K. W. Kallus (Eds.), Biopsychologie von Streß und emotionalen Reaktionen (S. 293-347). Göttingen: Hogrefe.

Krauth, J. (1993). Einführung in die Konfigurationsfrequenzanalyse (KFA). Weinheim: Beltz, Psychologie-Verlags-Union.

Kuhmann, W. (1994). Leistungsgüte und Beanspruchung bei mentalen Tätigkeiten. Bern: Huber.

Lazarus, R. S. & Launier, R. (1978). Stress related transaction between person and environment. In L. A. Pervin & M. Levis (Eds.), Perspectives in international psychology (S. 287-327). New York: Plenum Press.

Penenbaker, J. W. (1982). The psychology of physical symptoms. New York: Springer.

Pohl, J., Faul, F. & Mausfeld, R. (1999). Belästigung durch periodischen Schattenwurf von Windenergieanlagen. Kiel: Institut für Psychologie der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel [Text zum Herunterladen: www.umwelt.schleswig-holstein.de/?958]

Sanders, A. F. & Donk, M. (1996). Visual search. In O. Neumann & A. F. Sanders (Eds.). Enzyklopädie der Psychologie, Themenbereich C, Theorie und Forschung, Serie II, Kognition, Band 2. Göttingen: Hogrefe.

Treisman, A. & Gelade, G. (1980). A feature integration theory of attention. Cognitive Psychology, 12, 97-136.

Treisman, A. & Gormican, S. (1988). Feature analysis in early vision: Evidence from search asymmetries. Psychological Review, 95, 15-48.

Wolfe, J. M. (1994), Guided Search 2.0: A revisited model of visual research. Psychonomic Bulletin and Review, 1, 202-238.