

Neuartige Eingabegeräte: Technophobie, Lerneffekte und Akzeptanz

Diplomarbeit

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Psychologen (Dipl.-Psych.)

im Fachbereich Psychologie
der Universität Konstanz

vorgelegt von

Martin Rieger

Erstgutachter: Prof. Dr. Ronald Hübner

Zweitgutachter: Prof. Dr. Harald Reiterer

Konstanz, im Januar 2009

DANKSAGUNG

Für die Ermöglichung und Begutachtung dieser Arbeit möchte ich Herrn Prof. Dr. Ronald Hübner und Herrn Prof. Dr. Harald Reiterer danken. Mein besonderer Dank gilt der Arbeitsgruppe Mensch-Computer-Interaktion, vor allem Jens Gerken, Hans-Joachim Bieg und Werner König für ihre Unterstützung bei der Vorbereitung und Durchführung der Untersuchung. Außerdem möchte ich Melanie Renner und Dennis Mackowiak für ihr Verständnis und ihre freundschaftliche Unterstützung danken.

ZUSAMMENFASSUNG

Auch wenn technologische Geräte heutzutage ubiquitär geworden sind, lösen sie bei einigen Menschen Unbehagen und Befürchtungen aus. Dies kann zur Ablehnung von Technologien führen, die eigentlich vorteilhafte Perspektiven in der Gestaltung des Alltags eröffnen. Insbesondere neuartige Eingabegeräte, deren Beherrschung zunächst eine Lernphase erfordert, können so vorschnell abgewertet werden. Mittels einer kombinierten experimentellen, Zeitreihen- und Korrelationsstudie soll die Bedeutung von Angst, Lerneffekten und Akzeptanz bei der Evaluation von Eingabegeräten untersucht werden. Außerdem soll die Existenz eines Technologie-bezogenen Angstkonstruktes, der *Technophobie*, im Rahmen eines State-Trait-Angstmodells überprüft werden. Dazu bearbeiteten 32 Versuchsteilnehmer 7 Übungsböcke einer diskreten, multidirektionalen Antick-Aufgabe mit einem neuartigen Laserpointer-Eingabegerät an einem hochauflösenden Großbildschirm. Neben Leistungsdaten wurden auch Angst und Akzeptanz mittels Selbstberichtsinstrumenten erfasst. Zwei neue Messinstrumente werden eingeführt: Die *Technologie-Angst-Trait-Subskala (TATS)* und die *künstliche Entscheidungsaufgabe (KEA)*. Die Ergebnisse zeigen, dass Übung auch bei kurzen Pausen zwischen den Aufgabenblöcken zu Leistungsverbesserungen gemäß dem "*power law of practice*" führt und State-Angst potentiell negativ mit der Aufgabenleistung zusammenhängt. Es gibt zudem Hinweise dafür, dass das Konstrukt der *Trait-Technophobie* von allgemeiner Trait-Angst unterschieden werden kann. Eine Reduktion der Aufgabenleistung bzw. eine Erhöhung der State-Angst durch die Betonung technologischer Eigenschaften des Eingabegerätes konnte auf Basis der verwendeten experimentellen Manipulation nicht signifikant nachgewiesen werden. Ein vermuteter Zusammenhang zwischen Angst und Akzeptanz wurde nicht bestätigt.

ABSTRACT

Despite the nowadays ubiquitous availability of technological devices they elicit discomfort and apprehension in some people. This may lead to the rejection of technologies which actually offer advantageous perspectives in the organization of everyday life. Especially novel input devices are at risk of being prematurely devaluated, if their mastery requires an initial learning process. In this study the relevance of anxiety, learning, and acceptance for the evaluation of input devices is being explored using a combined experimental, time-series, and correlational research design. Moreover, the existence of a technology-related anxiety construct, *technophobia*, is being scrutinized in context of a state-trait anxiety model. Performance data were gathered from 32 participants as they completed 7 practice sessions of a discrete multidirectional tapping test using a novel laserpointer input device on a large high resolution display. In addition, self-report measures of anxiety and acceptance were collected. Two new instruments are introduced: The *Technology Anxiety Trait Subscale* and the *Fake Decision Test*. The results indicate performance improvements according to the "*power law of practice*" – even though only short pauses were employed between practice sessions – and a potentially negative association between state-anxiety and performance. Initial support was found for a differentiation between the constructs of *trait-technophobia* and general trait-anxiety. Based on the implemented experimental manipulation, emphasizing the technological nature of the input device did not result in a significant reduction of test performance or an increase in state-anxiety. A supposed association between anxiety and acceptance was not found.

INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGEN	8
I. EINLEITUNG	9 - 44
I. 1 Aufbau der Arbeit	9
<i>I. 1.1 Zielsetzung</i>	9
<i>I. 1.2 Gliederung</i>	10
I. 2 Eingabegeräte	11
<i>I. 2.1 Definition</i>	11
<i>I. 2.2 Typen von Eingabegeräten</i>	12
<i>I. 2.3 Zeigegeräte und das Laserpointer-Eingabegerät</i>	15
<i>I. 2.4 Leistungsmessung von Zeigegeräten: "Fitts' Law" und die 'Antick-Aufgabe'</i>	16
I. 3 Lernen	19
<i>I. 3.1 Lerneffekte bei der Evaluation von Eingabegeräten</i>	19
<i>I. 3.2 Das "Power Law of Practice" und die "Instance Theory of Automaticity"</i>	21
I. 4 Angst und Technophobie	23
<i>I. 4.1 Computerangst und 'Technophobie'</i>	23
<i>I. 4.2 Das 'State-Trait-Modell' der Angst und das "Interaction Model of Anxiety"</i>	25
<i>I. 4.3 Fragebögen zur Erfassung von Angst</i>	27
<i>State-Trait-Angstinventar (STAI-G)</i>	27
<i>Endler Multidimensional Anxiety Scales (EMAS)</i>	28
<i>Technologie-Angst-Trait-Subskala (TATS)</i>	29
<i>Self-Assessment-Manikin (SAM)</i>	30
<i>I. 4.4 Effekte von Angst auf Leistung und Lernen: Die "Processing Efficiency Theory" und das "Cognitive Interference Model of Computer Anxiety" (CIM-CA)</i>	32
I. 5 Akzeptanz technologischer Geräte	34
<i>I. 5.1 Das "Technology Acceptance Model" (TAM)</i>	34
<i>I. 5.2 Probleme indirekter Messung der Akzeptanz – die "künstliche Entscheidungsaufgabe" (KEA)</i>	36
I. 6 Zielsetzung der Arbeit und Hypothesen	38
<i>I. 6.1 Zusammenfassung</i>	38
<i>I. 6.2 Hypothesen und Fragestellungen</i>	39

II. METHODE	45 - 57
II. 1 Stichprobe	45
<i>II. 1.1 Stichprobenmethode</i>	45
<i>II. 1.2 Versuchsteilnehmer</i>	45
II. 2 Versuchsbedingungen	45
<i>II. 2.1 Faktoren</i>	45
<i>II. 2.2 Randomisierung</i>	46
II. 3 Versuchsgerät / Erhebungsinstrumente.	46
<i>II. 3.1 Die 'Powerwall'</i>	46
<i>II. 3.2 Eingabegerät</i>	46
<i>II. 3.3 Instruktionen und experimentelle Manipulation</i>	48
<i>II. 3.4 Fragebögen</i>	48
<i>II. 3.5 Die "künstliche Entscheidungsaufgabe" (KEA)</i>	48
II. 4 Aufgabe und Reizmaterial	49
<i>II. 4.1 Die Antick-Aufgabe</i>	49
<i>II. 4.2 Reizmaterial</i>	51
II. 5 Durchführung	52
<i>II. 5.1 Ethische Aspekte</i>	52
<i>II. 5.2 Doppel-Blind-Verfahren</i>	52
<i>II. 5.3 Ablauf</i>	53
II. 6 Messwerte	55
<i>II. 6.1 Gemessene Variablen</i>	55
<i>II. 6.2 Berechnung des "effektiven Leistungsindex" (I_{Pe})</i>	56
III. ERGEBNISSE	58 - 73
III. 1 Vorbereitung der Daten	58
<i>III. 1.1 Behandlung von Fehlern und Extremwerten in den Leistungsdaten</i>	58
<i>III. 1.2 Scoring der Fragebögen und Ausschluss sonstiger Werte</i>	59
III. 2 Deskriptive Befunde	60
<i>III. 2.1 Computernutzung und Nutzung technologischer Geräte</i>	60
<i>III. 2.2 Akzeptanz des Laserpointer-Eingabegerätes gemäß KEA</i>	61
III. 3 Zusammenhang zwischen Übung, Versuchsbedingung und Leistung in der Antick-Aufgabe (H1a & H1b)	62
<i>III. 3.1 Analyse und Ergebnisse</i>	62
<i>III. 3.2 Diskussion</i>	65
III. 4 Zusammenhang zwischen Versuchsbedingung und Angst (H2a & H2b)	66

III. 4.1 Deskriptive Statistiken der Fragebögen	66
III. 4.2 Analyse und Ergebnisse	69
III. 4.3 Diskussion	70
III. 5 Zusammenhang zwischen State-Angst und Leistung in der Antick-Aufgabe (H3)	71
III. 5.1 Analyse und Ergebnisse	71
III. 5.2 Diskussion	72
III. 6 Zusammenhang zwischen STAI-State, STAI-Trait, TATS und KEA (H4a & H4b)	72
III. 6.1 Analyse und Ergebnisse	72
III. 6.2 Diskussion	73
IV. GESAMTDISKUSSION	74 - 88
IV. 1 Zusammenfassung	74
IV. 1.1 Zielsetzung und Vorgehen	74
IV. 1.2 Ergebnisse und Erörterung der Hypothesen	76
IV. 2 Schlussfolgerungen	80
IV. 2.1 Theoretische Implikationen	80
IV. 2.2 Praktische Implikationen und Bedeutung für die Evaluation von Eingabegeräten	81
IV. 3 Kritik und Ausblick	84
IV. 3.1 Limitationen dieser Untersuchung	84
IV. 3.2 Ausblick – weitere Forschung	86
V. LITERATURVERZEICHNIS	89 - 97
VI. APPENDIX	98 - 102
A – Teilnehmer-Information	98
B – Pretest-SAM (SAM0)	98
C – Aufgabeninstruktion in beiden Versuchsbedingungen	99
D – STAI-G X1 (State-Angst)	100
E – SAM (SAM1)	100
F – STAI-G X2 (Trait-Angst)	101
G – TATS	101
H – Fragebogen zur Computernutzung	102
J – KEA	102

ABKÜRZUNGEN

A	Abstand zwischen zwei Zielen / zwischen Startposition und Ziel	STAI	State-Trait Anxiety Inventory
APA	American Psychiatric Association, American Psychological Association	STAI-G	State-Trait-Angstinventar (deutsche Version des STAI)
CATS	Computer Anxiety Trait Subscale	STAI-State	STAI-G, Fragebogen X1 (State- Angst)
CIM-CA	Cognitive Interference Model of Computer Anxiety	STAI-Trait	STAI-G, Fragebogen X2 (Trait- Angst)
d	Abstand des Bewegungsendpunktes zum Zielmittelpunkt in einer Antick-Aufgabe	TAM	Technology Acceptance Model
EMAS	Endler Multidimensional Anxiety Scales	TATS	Technologie-Angst-Trait-Subskala
EMAS-S	EMAS State Scale (State-Angst)	VL	Versuchsleiter
EMAS-T	EMAS Trait Scale (Trait-Angst)	VTn	Versuchsteilnehmer (Singular und Plural)
ID	Schwierigkeitsindex	WHO	World Health Organization
IDe	effektiver Schwierigkeitsindex	W	Zielbreite
ISO	International Organization for Standardization	We	effektive Zielbreite
IP	Leistungsindex		
IPe	effektiver Leistungsindex		
KEA	künstliche Entscheidungsaufgabe		
M	Mittelwert (arithmetisches Mittel)		
MT	Bewegungszeit		
SAM	Self-Assessment Manikin		
SAM-V	SAM, Valenz-Dimension		
SAM-A	SAM, Aktiviertheits-Dimension		
SAM-D	SAM, Dominanz-Dimension		
SAT	Geschwindigkeits-Genauigkeits- Ausgleich		
SD	Standardabweichung		

I. EINLEITUNG

I. 1 Aufbau der Arbeit

I. 1.1 Zielsetzung

Technologie nimmt einen immer größeren Stellenwert im menschlichen Alltag ein. Eine zunehmende Vielzahl elektronischer und computerisierter Geräte steht zur Verfügung, die neue Möglichkeiten in der Gestaltung von Alltag, Beruf und Freizeit eröffnen sollen. Aber nicht alle Menschen sind technologischen Innovationen gegenüber offen: Nicht wenige empfinden Hilflosigkeit und Angst, wenn sie neuartige technologische Geräte benutzen sollen (vgl. Brod, 1984; Weil & Rosen, 1995). Die Folge solcher Empfindungen kann zum einen sein, dass nicht alle Menschen gleichermaßen an den erweiterten Möglichkeiten teilhaben, die sich durch neue Technologien ergeben, zum anderen, dass möglicherweise nützliche Technologien vorschnell abgelehnt und als Innovationen aufgegeben werden.

Diese Problematik manifestiert sich in besonderer Weise im Fall von *Eingabegeräten*, da diese ein grundlegendes Element der Mensch-Maschine-Schnittstelle darstellen. Insbesondere alternative und neuartige Eingabegeräte, die zu ihrer vollkommenen Beherrschung eine gewisse Übungs- und Lernphase erfordern, können es in Konkurrenz zu weit verbreiteten und oft genutzten 'Standardlösungen' (z.B. der Computer-Maus) schwer haben sich durchzusetzen. Nicht jeder Benutzer ist bereit, Zeit und Aufwand für das Erlernen einer neuen Bedienungslösung zu investieren, wenn es bereits eine Alternative gibt, die er beherrscht und die zufriedenstellende Ergebnisse liefert – vor allem, wenn die Nutzung neuartiger technologischer Geräte von aversiven Gefühlen begleitet ist. Dies hat auch wichtige Implikationen für die *Evaluation* von Eingabegeräten: Es besteht die Gefahr, dass neuartige Eingabegeräte im Vergleich zu bereits etablierten Geräten unverhältnismäßig schlecht abschneiden, wenn Faktoren wie Übung und mögliche emotionale Vorbehalte der Benutzer nicht berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Arbeit sollen Auswirkungen und Implikationen der Faktoren *Lernen*, *Technophobie* und *Akzeptanz* bei der Benutzung von neuartigen Eingabegeräten untersucht werden. Dabei sollen auf Basis theoretischer Grundlagen auch mögliche Wechselbe-

ziehungen dieser Faktoren näher exploriert werden. Darüber hinaus sollen Erkenntnisse gewonnen werden, die zu einer Verbesserung von Reliabilität, Validität und Ökonomie bei der Evaluation von Eingabegeräten dienlich sind. Die Untersuchung wird am Beispiel eines neuartigen Laserpointer-Eingabegerätes für hochauflösende Großbildschirme durchgeführt. Was die Messung von Leistungsdaten und Übungseffekten angeht, so baut diese Arbeit auf Bieg (2008) auf, der u.a. ausführlich auf die standardisierte Leistungsmessung von Eingabegeräten eingeht.

I. 1.2 Gliederung

Die grundlegenden Teilbereiche dieser Arbeit werden in der Einleitung zunächst einzeln vorgestellt. Beziehungen, die sich zwischen diesen Bereichen ergeben, werden angesprochen und im letzten Teil der Einleitung bei der Formulierung der zu untersuchenden Hypothesen zusammengeführt. Zuerst wird auf Eigenschaften und Klassifikationsansätze von Eingabegeräten eingegangen, sowie auf die Grundlagen der Leistungsmessung bei sog. 'Zeigergeräten', die heute die gebräuchlichste Klasse von Eingabegeräten darstellen. Im Anschluss werden die in diesem Zusammenhang relevanten theoretischen und empirischen Grundlagen des Faktors *Lernen* betrachtet. Nachfolgend werden Aspekte der Angst erörtert und *Technophobie* als ein Konzept Technologie-bezogener Angst vorgestellt. Die Möglichkeit der Einordnung und Messung von Technophobie in einem theoretischen Gesamtkonzept der Angst wird aufgezeigt. Mögliche Auswirkungen von Aspekten der Angst auf die Leistung bei der Benutzung von Eingabegeräten werden ebenfalls diskutiert. Als letzter Teilbereich werden auf Basis von Modellannahmen Faktoren der *Akzeptanz* von Technologie erörtert und eine valide Methode zu ihrer Messung vorgeschlagen. Im Anschluss folgt schließlich die Formulierung der Hypothesen.

Das Untersuchungsdesign wird im Methodenteil beschrieben; Versuchsgerät, Methodik, Ablauf und Messwerte werden vorgestellt. Die Aufbereitung und statistische Analyse der erhobenen Daten wird im Ergebnisteil dargestellt. Die Ergebnisse zu den einzelnen Hypothesen werden dabei auch kurz diskutiert.

In der abschließenden Gesamtdiskussion sollen die Ergebnisse zusammengefasst und ihre theoretischen und praktischen Implikationen erörtert werden. Dabei soll auch auf mögli-

che Gründe für nicht bestätigte Untersuchungshypothesen und Grenzen der Interpretierbarkeit von Ergebnissen eingegangen werden. Ein Ausblick mit Vorschlägen für weitere Forschung wird gegeben.

I. 2 Eingabegeräte

I. 2.1 Definition

Damit ein Mensch Informationen an ein technisches System senden kann, bedarf es einer Schnittstelle, mit der dieser Mensch – der 'Benutzer' – die Informationen in einer für das technische System verwertbaren Art und Weise übermitteln kann. Bei Computersystemen wird diese Schnittstelle zwischen Benutzer und der Anwendung, die auf dem Computersystem läuft, durch ein sog. 'Eingabesystem' gebildet (Caswell, 1988). Die Aufgabe des Eingabesystems besteht im wesentlichen darin, den Informationsgehalt von Einwirkungen des Benutzers (z.B. Bewegung) in ein Format zu bringen, welches von der Anwendung auf dem Computersystem 'verstanden' wird und damit mittelbar zu ihrer Steuerung geeignet ist.

Nach Caswell (1988) kann ein Eingabesystem in drei Hauptkomponenten gegliedert werden: *Messwertgeber* ('Transducer'), *Konverter* ('Converter') und *Verarbeitung* ('Processing'). Der *Messwertgeber* konvertiert auf ihn einwirkende Informationen – in der Regel mechanische Bewegung – in ein elektrisches Signal. Der *Konverter* übersetzt die Informationen aus dem *Messwertgeber* in ein binäres Format: Kontinuierlich variierende Spannungszustände aus dem *Messwertgeber* werden in diskrete, digitale Spannungszustände umgewandelt. Die Digitalisierung durch den *Konverter* erhöht zum einen die Resistenz des informationstragenden Signals gegen Störeinflüsse, zum anderen wird so eine standardisierte Ansteuerung binär operierender elektronischer Schaltkreise erst möglich. Dies ist die Voraussetzung für die *Verarbeitung*, bei welcher die Signale aus dem *Konverter* in eine Form gebracht werden, die von der Anwendung genutzt werden kann. Dies beinhaltet z.B. die Extraktion von anwendungsrelevanten Informationen aus den Rohdaten oder die Berechnung von Bildschirmkoordinaten aus Bewegungsabständen.

Das eigentliche Eingabegerät ist auf Basis dieser Gliederung essentiell als eine Kombination aus *Messwertgeber* und *Konverter* definiert, welche im Kontext des Informationstransfers eines Benutzers zu einem Computersystem steht. Der Benutzer eines Eingabegerä-

tes nimmt dieses in der Regel jedoch als eigenständige physische Einheit wahr und ist sich der Zwischenschritte der Informationsübermittlung von seinen Absichten und Handlungen an die Anwendung nicht bewusst. Dies wäre auch eher von Nachteil, da dies kognitive Ressourcen des Benutzers binden würde, die er sinnvoller für die Bewältigung der eigentlichen Anwendungs-Aufgabe nutzen könnte. Abbildung I-1 zeigt den Informationsfluss und die Komponenten eines Eingabesystems nach Caswell.

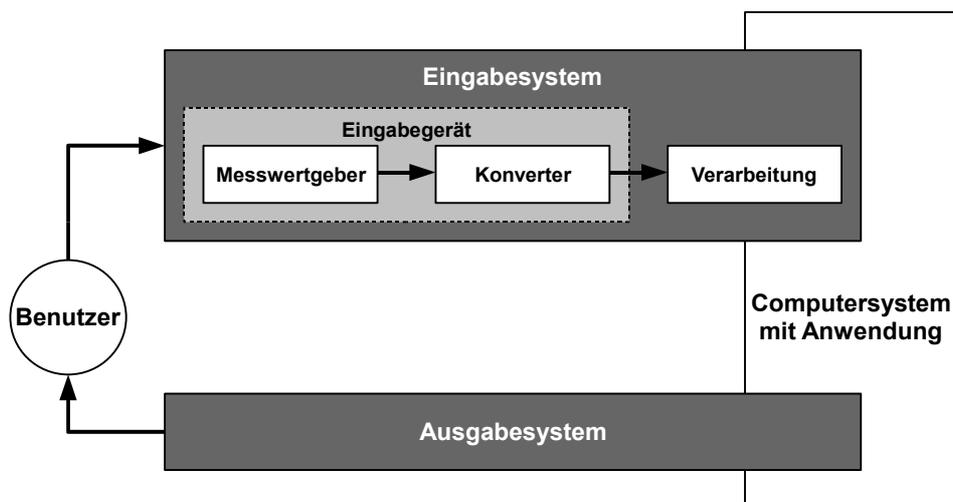


Abbildung I-1: Darstellung des Informationstransfers zwischen Benutzer und Computersystem. Definition von Eingabesystem und Eingabegerät auf Grundlage von Caswell (1988).

I. 2.2 Typen von Eingabegeräten

Neben den weit verbreiteten Eingabegeräten wie Computer-Maus und Tastatur, gibt es heutzutage auch eine Vielzahl von weiteren Eingabegeräten für spezielle Einsatzzwecke, die ein Resultat der mit dem technologischen Fortschritt einhergehenden zunehmenden 'Computerisierung' des Alltagslebens sind ("*Ubiquitous Computing*" / "*Pervasive Computing*", vgl. Friedewald, 2008). Vor diesem Hintergrund erscheint ein Klassifikationssystem von Eingabegeräten sinnvoll, da dies eine Einordnung und bessere Vergleichbarkeit unterschiedlicher Geräte ermöglicht. Im folgenden sollen zwei unterschiedliche Klassifikationsansätze kurz vorgestellt werden: Klassifizierung auf Basis tatsächlicher Geräte und Klassifizierung auf Basis 'virtueller' bzw. 'logischer' Geräte.

Der Klassifikationsansatz auf Basis tatsächlicher Geräte (Caswell, 1988) unterteilt Eingabegeräte in zwei übergreifende Kategorien: *Kodierungspunkt-Eingabegeräte* ("coded point input devices") und *Positions-Eingabegeräte* ("position input devices"). Bei *Kodierungspunkt-Eingabegeräten* wird eine einzelne Handlung des Benutzers (z.B. Tastendruck) vom Computersystem zur Selektion eines einzelnen Datenpunktes (z.B. Buchstabe 'a') verwendet. *Positions-Eingabegeräte* übermitteln dem Computersystem hingegen aktuelle Positionsinformationen eines Sensors (z.B. Auftreffpunkt des Fingers auf einem Touchscreen). Die Kategorie der *Positions-Eingabegeräte* kann anhand der Art, wie eine Position bestimmt wird, unterteilt werden in *relativ* vs. *absolut* positionsbestimmende Eingabegeräte. Bei einer *relativen* Positionsbestimmung wird die Position in Relation zu einer vorherigen Position des Sensors ermittelt; die *absolute* Positionsbestimmung erfolgt hingegen in Relation zu einem festgelegten Fixpunkt. Eingabegeräte mit *relativer* Positionsbestimmung werden von Caswell nochmals in *relativ-parametrisch* vs. *relativ-inkrementell* positionsbestimmende Eingabegeräte unterteilt: Während bei ersteren die Transformation von der aktuellen Position zur Zielposition durch einen Parameter beschrieben wird, ist bei letzteren die Anzahl der Positionsschritte von der aktuellen Position zur Zielposition vorgegeben. Die Taxonomie nach Caswell mit Beispielen für passende Eingabegeräte ist in Abbildung I-2 dargestellt.

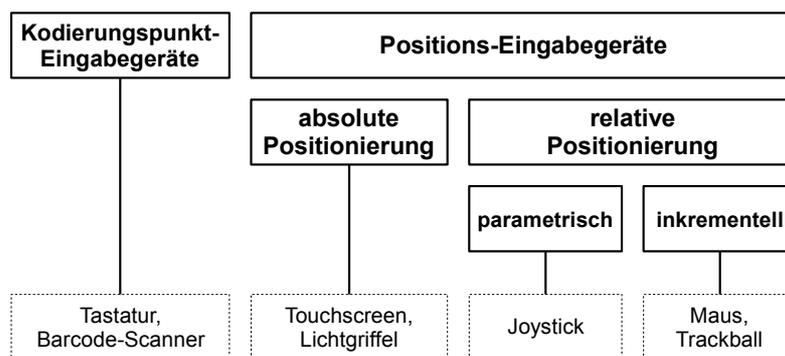


Abbildung I-2: Taxonomie von Eingabegeräten nach Caswell (1988) mit Beispielen (gestrichelte Boxen).

Der Klassifikationsansatz auf Basis 'virtueller' bzw. 'logischer' Geräte (Foley & Wallace, 1974; Foley, van Dam, Feiner, & Hughes, 1997) teilt Eingabegeräte in eine von fünf Klassen sog. "logischer Geräte" ein. Ein logisches Gerät vereinigt dabei Eingabegeräte, die sich in Art und Form der Informationsübermittlung an das Computersystem gleichen. Der

Vorteil eines solchen Klassifikationssystems besteht insbesondere in der Vereinfachung der Anwendungsentwicklung durch Standardisierung: Eine Anwendung auf einem Computersystem benötigt nicht für jedes Eingabegerät gesonderte Informationsverarbeitungsmethoden, sondern kann über die einheitlichen Informationsstrukturen eines logischen Geräts die Informationen einer ganzen Klasse von zugehörigen Eingabegeräten interpretieren. Bei den fünf Klassen logischer Geräte handelt es sich um *Positionsgeber* ('locator') – zur Kennzeichnung einer Position oder Orientierung, *Wähler* ('pick') – zur Auswahl von angezeigten Objekten, *Wertgeber* ('valuator') – zur Variation eines einzelnen Werts, *Tastatur* ('keyboard') – zur Eingabe von Buchstaben und *Auswähler* ('choice') – zur Selektion aus einer Reihe vorgegebener Optionen. Die Klassifikationen nach logischen Geräten mit typischen Beispielen ist in Abbildung I-3 dargestellt. Ein wichtiges Merkmal der Klassifikation nach Foley et al. ist, dass ein reales Eingabegerät de facto mehreren logischen Geräten zugeordnet werden kann – auch in Abhängigkeit davon, welche Eingabefunktionen eine Anwendung unterstützt. Somit ist die Zuordnung von "typischen Eingabegeräten" zu einem logischen Gerät keinesfalls eine exklusive Zuordnung – eine Computer-Maus kann z.B. bei einer grafischen Benutzeroberfläche je nach Anwendung sowohl Positionsgeber (z.B. Zeichnen eines Pfades), Wähler (z.B. Klicken auf ein Icon) als auch Auswähler (z.B. Selektion eines Menüeintrags) sein.

Logisches Gerät	Eingabewert	Typisches Eingabegerät
Positionsgeber (Locator)	Position	Maus, Joystick
Wähler (Pick)	Auswahl von dargestellten Objekten	Lichtgriffel
Wertgeber (Valuator)	skalarer Wert	Potentiometer (stetig einstellbarer Spannungsteiler – meist ein Drehregler)
Tastatur (Keyboard)	Zeichen	Tastatur
Auswähler (Choice)	Auswahl aus vorgegebenen Optionen	Funktionstasten (z.B. [F1] – [F12] Tasten auf einer Tastatur)

Abbildung I-3: Klassifikation von Eingabegeräten auf Basis "logischer Geräte" nach Foley et al. (1997) mit typischen Beispielen. Ein reales Eingabegerät kann auch mehreren logischen Geräten zugeordnet werden.

I. 2.3 Zeigegeräte und das Laserpointer-Eingabegerät

Eingabegeräte, die bei Caswell (1988) den *Positions-Eingabegeräten* und bei Foley et al. (1997) den Kategorien *Positionsgeber* und *Wähler* zugeordnet werden können, werden oft verallgemeinernd als *Zeigegeräte* ("*pointing devices*") bezeichnet. Dabei wird unter einem Zeigegerät ein Eingabegerät verstanden, welches zur Positionierung eines Zeigers auf der grafischen Benutzeroberfläche einer Anwendung genutzt werden kann. In den meisten Fällen ist diese Positionierung auf jedem physikalisch dargestellten Punkt (Pixel) einer Benutzeroberfläche möglich – also eine *quasi-kontinuierliche* Positionierung. Die Entwicklung von Zeigegeräten ist im Kontext der Entwicklung grafischer Benutzeroberflächen zu sehen (insbes. der heute dominierenden *WIMP*-Schnittstelle¹), da für rein textbasierte Oberflächen mit diskreten Datenobjekten eine pixelgenaue Positionierung keinen Sinn macht.

Das heute weitaus gebräuchlichste Zeigegerät ist die Computer-Maus. Andere häufig verwendete Zeigegeräte sind das '*Touchpad*' bei Notebooks sowie der '*Touchscreen*' bei öffentlichen Terminals und bei mobilen Kleincomputern (z.B. Smartphones und PDAs). Im Bereich der Unterhaltungselektronik sind außerdem Joystick und Gamepad verbreitet. Weitere Zeigegeräte sind Trackball und Grafiktablett.

In der vorliegenden Arbeit wird ein verhältnismäßig neuer Typ von Zeigegerät zum Einsatz kommen: Das *Laserpointer-Eingabegerät*. Als Gebrauchsgegenstand ist der Laserpointer bereits bekannt als ein Lichtzeiger z.B. bei Vorträgen mit großflächiger Präsentation. Um das hier betrachtete Eingabegerät von dem Gebrauchsgegenstand abzugrenzen, wird im folgenden der Begriff *Laserpointer-Eingabegerät* verwendet. Dies ist auch insofern sinnvoll, als dass ein Laserpointer-Eingabegerät mehr Komponenten beinhaltet als nur einen einfachen Laserpointer. Die Entwicklung dieses Zeigegerätes ergibt sich aus dem Bedarf einer effektiven, effizienten und zufriedenstellenden Steuerung (s. Kriterien der Gebrauchstauglichkeit (*Usability*) nach ISO 9241-11 (ISO, 1998)) von Anwendungen auf großen, hochauflösenden Bildschirmen (*LHRD*, "*large high resolution displays*"). Ein Laserpointer-Eingabegerät besteht im wesentlichen aus einem Laser-Emitter (Laserpointer), mit dem der Benutzer auf eine Anzeigefläche zeigt, und einem Detektionssystem, welches den Auftreffpunkt des Laserstrahls auf einer Anzeigefläche ermitteln kann. Für die Detektion kommen meist digitale Kamerasysteme in Verbindung mit Bildanalyse-Verfahren zum Einsatz. Die ermittelten

1 *WIMP* = Windows, Icons, Menu, & Pointers (Fenster, Zeichen, Menüs und Zeiger); s. Chignell & Waterworth (1991) für eine kurze Übersicht und Gegenüberstellung zu einer Alternative.

Positionsinformationen werden dann weiterverarbeitet und an die laufende Anwendung in einer Form übermittelt, die die Darstellung eines Zeigers an der korrespondierenden Position ermöglicht. Damit ein Benutzer Objekte einer grafischen Anwendung selektieren und modifizieren kann, sind entweder zusätzliche Komponenten (z.B. Tasten auf dem Laser-Emitter) oder spezielle Interaktionsstile notwendig (z.B. Verharren auf einem Objekt, um es auszuwählen (sog. 'dwelling')). Entwicklungsbeispiele für Laserpointer-Eingabegeräte finden sich bei Kirstein & Müller (1998), Myers et al. (2002), Oh & Stuerzlinger (2002) und Ahlborn et al. (2005) – dort werden auch die speziellen technologischen Anforderungen näher diskutiert. Die Untersuchungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden mit einem Laserpointer-Eingabegerät der Arbeitsgruppe Mensch-Computer-Interaktion der Universität Konstanz durchgeführt (s. König, Bieg, Schmidt, & Reiterer, 2007; König, Bieg, & Reiterer 2007), dessen Spezifikationen im Methodenteil dargestellt werden.

I. 2.4 Leistungsmessung von Zeigegeräten: "Fitts' Law" und die 'Antick-Aufgabe'

Um die Effektivität und Effizienz von unterschiedlichen Eingabegeräten zu testen und damit ihre Gebrauchstauglichkeit auf diesen Dimensionen vergleichen zu können, wurden im Rahmen von ISO 9241-9 (ISO, 2000; für eine Diskussion s.a. Douglas, Kirkpatrick, & MacKenzie, 1999) standardisierte Testprozeduren zur Leistungsmessung von Eingabegeräten definiert. Im folgenden werden die Grundlagen und die Durchführung eines häufig eingesetzten Testverfahrens für Zeigegeräte vorgestellt, welches in modifizierter Form auch in der vorliegenden Arbeit zum Einsatz kam: Die *Antick-Aufgabe* ("*tapping test*").

Das Konzept der Antick-Aufgabe geht auf Fitts (1954; Überblick bei Schmidt & Lee, 2005, Kap. 7) zurück, der in drei Experimenten den Zusammenhang zwischen Geschwindigkeit und Genauigkeit bei motorischen Aufgaben analysierte. In einer Antick-Aufgabe soll ein Versuchsteilnehmer (VT_n) so schnell und so genau wie möglich alternierend zwischen zwei Zielobjekten hin- und herzeigen (d.h. die Ziele "anticken"). Fitts setzte balkenförmige Detektor-Platten als Ziele und einen Metallstift als Zeiger ein; 'Treffer' wurden von den Detektor-Platten und 'Fehler' von neben den Detektor-Platten befindlichen Fehler-Platten automatisch gezählt. Der Abstand der Ziele zueinander (A , gemessen von Zielmitte zu Zielmitte) und die Breite der Ziele (W) wurde dabei variiert. Bis auf veränderte Gerätschaften (grafi-

sche Balken auf einem Bildschirm als Ziele und ein durch ein Eingabegerät gesteuerter Zeiger) ist das Konzept der Antick-Aufgabe nach Fitts weitgehend unverändert in ISO 9241-9 enthalten. Neben der beschriebenen Aufgabenform, bei der das Anticken von Zielen immer in der gleichen Ausrichtung erfolgt (*unidirektional*), ist in der ISO-Norm auch eine *multidirektionale* Antick-Aufgabe aufgeführt, bei der mehrere Ziele kreisförmig angeordnet sind. Hier sollen nacheinander gegenüberliegende Ziele mit (nahezu) gleichem Zielabstand angeclickt werden. Die Konzeption der beiden Aufgabentypen ist in Abbildung I-4 aufgeführt.

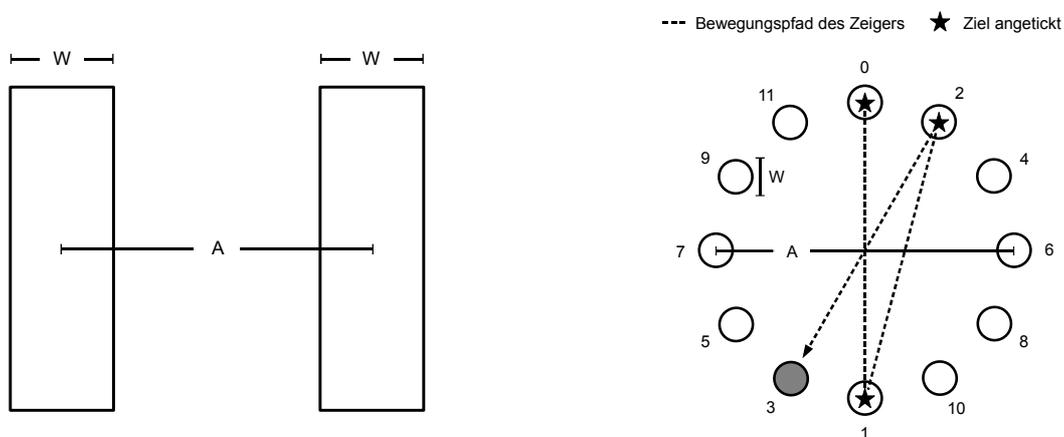


Abbildung I-4: (links) Konzept der Antick-Aufgabe nach Fitts (1954), wie sie auch in ISO 9241-9 (2000) als *unidirektionale* Antick-Aufgabe aufgeführt wird: Der *VTn* zeigt mit einem Gerät alternierend auf zwei Ziele (Balken). Zielabstand (*A*) und Zielbreite (*W*) können variiert werden.

(rechts) *Multidirektionale* Antick-Aufgabe: Der *VTn* zeigt nacheinander auf gegenüberliegende Ziele gleicher Entfernung.

Im Unterschied zu den beschriebenen Antick-Aufgaben, die auch als *kontinuierliche* Antick-Aufgaben bezeichnet werden (der *VTn* tickt die Ziele alternierend ohne Unterbrechung an), existiert auch eine *diskrete* Form der Antick-Aufgabe (s. Fitts & Peterson, 1964), die dadurch gekennzeichnet ist, dass der *VTn* vor jedem Anticken eines Zielen das Zeigegerät zunächst auf eine mittig zwischen den Zielen befindliche Startposition bewegen muss. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird eine *diskrete, multidirektionale* Antick-Aufgabe genutzt, deren Eigenschaften im Methoden-Teil erläutert werden (s. II. 4.1 & II. 4.2).

Fitts konnte zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit mit der

die Ziele angetickt werden (die Bewegungszeit, MT), dem Abstand der Ziele zueinander (A) sowie der Zielbreite (W) besteht: Je größer der Abstand (A) und je kleiner die Zielbreite (W), desto länger die Bewegungszeit (MT). Diese Beziehung kann in folgender linearer Gleichung ausgedrückt werden (a und b sind dabei lineare Konstanten):

$$MT = a + b * ID \quad \text{mit} \quad ID = \log_2 \left(\frac{2A}{W} \right)$$

Der Term ID wird dabei auch *Schwierigkeitsindex* ("*index of difficulty*") genannt, da sich für den VTn die Schwierigkeit, ein Zielobjekt zu treffen, aus Zielabstand (A) und Zielbreite (W) ergibt (große A und kleine W sind schwieriger als kleine A und große W). Aufgrund zahlreicher empirischer Bestätigungen und weitgehender Generalisierbarkeit wird der formulierte Zusammenhang auch als "*Fitts' law*" ("*Fitts'sches Gesetz*") bezeichnet (erste Anwendung im Bereich der Mensch-Computer-Interaktion durch Card, English, & Burr, 1978). *Fitts' law* impliziert die Beschreibung eines sog. *Geschwindigkeits-Genauigkeits-Ausgleichs* ("*speed-accuracy trade-off*", *SAT*; s.a. Wickelgren, 1977): Will ein VTn eine schwierige Aufgabe (ID groß) mit der gleichen Genauigkeit (einer vorgegebenen maximalen Fehlerrate) wie eine einfachere Aufgabe (ID niedrig) ausführen, nimmt er eine längere Bewegungszeit (MT) in Kauf. Umgekehrt kann der VTn auch eine schwierige Aufgabe gleich schnell wie eine einfache Aufgabe bearbeiten, dies allerdings nur unter Inkaufnahme einer geringeren Genauigkeit.

Die Berechnung des Schwierigkeitsindex unterscheidet sich in ISO 9241-9 nur unwesentlich von der Ursprungsformel und basiert auf Anpassungen von MacKenzie (1992):

$$ID = \log_2 \left(\frac{A}{W} + 1 \right)$$

Alternativ zu dieser Definition wird außerdem noch ein sog. "*effektiver Schwierigkeitsindex*" ("*effective index of difficulty*", *IDe*) definiert. Die Konstruktion des effektiven Schwierigkeitsindexes beruht auf der Annahme, dass die Zielbreite (W) nicht die tatsächliche Genauigkeit abbildet, mit der ein VTn das Ziel anzuticken versucht: Je nach angewendeter Antick-Strategie und Zielbreite ist es möglich, dass die exakten Positionen, an denen ein VTn ein Ziel antickt (die 'Bewegungsendpunkte'), sich z.B. innerhalb eines deutlich schmaleren Bereichs nahe der Zielmitte häufen, als die Zielbreite formal vorgibt (vor allem bei sehr breiten Zielen) – der VTn 'trifft' somit genauer als vorgegeben und bearbeitet daher effektiv eigentlich eine

Aufgabe höherer Schwierigkeit, als formal über die Zielbreite (W) in ID definiert wurde. In anderen Fällen ist es möglich, dass sich die Bewegungsendpunkte im Randbereich der Ziele häufen – so dass die Antick-Aufgabe tatsächlich ungenauer und damit unter geringerer Schwierigkeit bearbeitet wird als vorgegeben. Aus diesem Grund wird im *effektiven Schwierigkeitsindex* eine *effektive Zielbreite* (We) definiert, die 96% der Breite der Verteilung der Bewegungsendpunkte in Bewegungsrichtung erfasst (MacKenzie, 1992):

$$We = 4,133 * s_x$$

Dabei ist s_x die Standardabweichung einer Anzahl von Bewegungsendpunkten in einer Antick-Aufgabe mit gleicher A / W – Kombination. Dieser Berechnung liegt die Annahme zugrunde, dass die Positionen der Bewegungsendpunkte *normalverteilt* sind. Der *effektive Schwierigkeitsindex* wird definiert als:

$$IDe = \log_2 \left(\frac{A}{We} + 1 \right)$$

Um die *tatsächliche* Leistung verschiedener Eingabegeräte vergleichen zu können wird in ISO 9241-9 außerdem der sog. *Durchsatz* ('throughput') als ein Quotient aus effektivem Schwierigkeitsindex und Bewegungszeit definiert:

$$IPe = IDe / MT \text{ gemessen in Bits/s}$$

Der *Durchsatz* wird im folgenden als *effektiver Leistungsindex* ("effective index of performance", IPe) bezeichnet, da dieser die tatsächlich erreichte Leistung mit einem Zeigegerät in einer Antick-Aufgabe dokumentiert. Es konnte gezeigt werden, dass die Höhe von IPe *unabhängig* von der angewandten Aufgabenstrategie im Rahmen eines *SAT* ist (MacKenzie & Isokoski, 2008). IPe stellt die wichtigste Grundlage für die Erfassung von Leistung und möglichen Lerneffekten mit dem in der vorliegenden Arbeit als Zeigegerät eingesetzten Laserpointer-Eingabegerät dar.

I. 3 Lernen

I. 3.1 Lerneffekte bei der Evaluation von Eingabegeräten

Bei der Erfassung der Leistungsdaten von Eingabegeräten besteht ein nicht unwesentli-

ches Problem darin, unterschiedliche Fertigkeiten ('*Skills*') im Umgang mit verschiedenen Gerätetypen zu berücksichtigen, die auf vorangegangene Übung zurückzuführen sind. Bei einem regelmäßig genutzten Zeigegerät wie der Computer-Maus ist die Bedienungs-Fertigkeit *überlernt* (vgl. Driskell, Willis, & Copper, 1992) und *automatisiert* (vgl. Logan, 1985). Automatisierte Prozesse zeichnen sich durch Schnelligkeit und das Fehlen kognitiver Belastung aus (vgl. Neely, 1977; Shiffrin & Schneider, 1977; Poldrack et al., 2005). Daher liegt die Aufgaben-Leistung mit einem regelmäßig genutzten Zeigegerät nahe dem theoretischen Maximum der Fertigkeit und wird primär durch die kognitive Belastung der Aufgabe selbst, der Motivation des *VTn* und der technischen Maximalleistung des Gerätes begrenzt. Demgegenüber ist die Bedienungs-Fertigkeit für selten genutzte Geräte geringer und weist keine Automatisierung auf. Gerade neuartige Eingabegeräte können so deutlich schlechtere Ergebnisse bei Leistungsevaluationen zeigen als etablierte Gerätetypen. Es besteht das Problem, dass dieser Leistungsrückstand fälschlicherweise auf die Unzulänglichkeit des neuartigen Gerätes zurückgeführt werden könnte, obwohl er (zumindest teilweise) auf mangelnde Übung mit dem Gerät zurückgeht. Aus diesem Grund sollten Lerneffekte bei der Leistungsevaluation von Eingabegeräten berücksichtigt werden.

In ISO 9241-9 (ISO, 2000) wird zur Vermeidung dieser Problematik vorgeschlagen, dass den *VTn* Gelegenheit gegeben wird, die Bedienung eines neuartigen Eingabegerätes so lange zu üben, bis Geschwindigkeit und Genauigkeit in einer Testaufgabe keine signifikanten Verbesserungen mehr zeigen und die Lerneffekte 'stabilisiert' sind. Jedoch werden keine Vorgaben gemacht, in welcher Form die Übung erfolgen soll. Bei Übungsstrategien kann zwischen *verteilter* und *massierter* Übung unterschieden werden: Bei verteilter Übung wechseln Übungsdurchgänge mit Pausen, bei massierter Übung wird ohne Pausen geübt. Eine Metaanalyse von Donovan & Radosevich (1999) zeigt einen stark positiven Effekt von verteilter Übung auf die Leistung in einfachen motorischen Aufgaben ($d = .97$) und einen mittleren Effekt auf die Leistung in Aufgaben mit hohen motorischen Anforderungen und mittlerer Komplexität ($d = .42$) – demgegenüber konnte *kein* signifikant positiver Effekt verteilter Übung für Aufgaben hoher Komplexität nachgewiesen werden. Da es sich bei einer Antick-Aufgabe mit einem Zeigegerät um einen einfachen, primär motorischen Aufgabentyp handelt, kann von einer Relevanz der Übungsstrategie für die Lernleistung ausgegangen werden.

Bei der Anwendung einer verteilten Übungsstrategie stellt sich die Frage nach der Dauer der Pausen zwischen den Übungsdurchgängen. Die von Donovan & Radosevich durchgeführte Analyse der Moderator-Variable "*Zeitintervall zwischen den Übungsdurchgängen*" zeigte, dass für einfache motorische Aufgaben eine Dauer der Pause unter einer Minute und für motorische Aufgaben mittlerer Komplexität eine Dauer zwischen 1-10 Minuten den größten positiven Effekt auf die Aufgabenleistung hatte – Pausen von mehr als einem Tag zeigten erheblich geringere Effekte². Außerdem fanden Donovan & Radosevich *keinen* signifikanten Unterschied der Leistung in Abhängigkeit davon, ob die Leistung während der Lernphase oder nach einer Verweildauer ohne Übung gemessen wurde. Zusammengefasst führen diese Befunde zu der Annahme, dass für eine einfache motorische Antick-Aufgabe *kurze* Pausen zwischen den Übungsdurchgängen effektives Lernen ermöglichen, und dass die Messung der Aufgabenleistung fortlaufend erfolgen kann. Dies widerspricht im Bereich motorischer Aufgaben der 'traditionellen' Auffassung von möglichst großen Intervallen zwischen den Übungsdurchgängen (vgl. Glenberg & Lehmann, 1980; Bahrick & Phelps, 1987) und würde die ökonomisch ungünstige Verteilung von Übungsdurchgängen auf mehrere Tage sowie eine zusätzliche Leistungsmessung nach einer Verweildauer ohne Übung überflüssig machen.

Als ein Teilaspekt der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, inwiefern eine verteilte Übungsstrategie mit *kurzen* Pausen (3 Minuten) zwischen einer Reihe von Übungsdurchgängen zu einer signifikanten Leistungsverbesserung in einer Antick-Aufgabe mit einem den *VTn* unbekanntem Laserpointer-Eingabegerät führt.

1. 3.2 Das "Power Law of Practice" und die "Instance Theory of Automaticity"

Im Zuge der Erforschung von Fertigkeits-bezogenen Lernprozessen wurde wiederholt ein systematischer Zusammenhang zwischen der Häufigkeit der Übung einer Aufgabe und der Zeit, die zu ihrer Ausführung benötigt wird, beobachtet: Die Ausführungszeit verringert sich mit wiederholter Übung, wobei die Rate der Leistungsverbesserung von anfänglich großen Fortschritten mit zunehmender Übung sukzessive abnimmt. Viele Untersuchungen

² Bei motorischen Aufgaben mittlerer Komplexität war der Effekt für ein Zeitintervall von 10 Minuten – 1 Stunde zwar größer, kann aber aufgrund zu geringer Studienzahl ($k = 4$) in dieser Kategorie nicht reliabel interpretiert werden.

für unterschiedliche Aufgabentypen legen nahe, das die Verringerung der Ausführungszeit durch Übung mathematisch einer Potenzfunktion ("*power function*") angenähert ist:

$$TT = a + b * N^{-c}$$

Wobei *TT* die Aufgabenzeit ("*task time*"), *N* die Anzahl der Übungsdurchgänge und *a*, *b* und *c* Konstanten sind, deren Werte je nach Aufgabentyp unterschiedlich sein können. Dabei stellt *a* die Asymptote (das 'Lernmaximum', in Form eines Aufgabenzeit-Minimums), *b* den Unterschied zwischen Anfangsleistung und Asymptote (die 'Lernmenge') und *c* die 'Lernrate' dar. Dieser Zusammenhang wird als das "*power law of practice*" ("Potenzgesetz der Übung") bezeichnet (vgl. Snoddy, 1926; Crossman, 1959; Newell & Rosenbloom, 1981).

Zur Erklärung der Prozesse, die dem *power law of practice* zugrunde liegen, kann die von Logan (1988, 1992, 1995; s.a. Palmeri, 1999) formulierte "*instance theory of automatizity*" ("Instanztheorie der Automatizität") herangezogen werden. Diese Theorie besagt, dass Leistungsverbesserungen durch Übung auf einer zunehmenden *Automatisierung* der Handlung beruhen. Dabei ist die Automatizität von Handlungen funktional mit Gedächtnisfunktionen verknüpft und besteht in einem ein-schrittigen Direktzugriff auf im Gedächtnis abgespeicherte Aufgabenlösungen aus der Vergangenheit. Personen, die eine Aufgabe zum ersten Mal bearbeiten, verwenden eine *Strategie*, die zur Lösung der Aufgabe geeignet ist. Diese Strategie wird auch als *Algorithmus* bezeichnet und ist bei motorischen Aufgaben in Form einer Handlung umgesetzt. Bei jeder erneuten Bearbeitung einer Aufgabe wird assoziativ eine Spur der dabei ausgeführten Handlung im Gedächtnis abgespeichert – es wird eine *In- stanz* der Aufgabenlösung erzeugt. Anfangs ist die Aufgabenleistung ausschließlich von der Geschwindigkeit des Algorithmus abhängig. Im Laufe wiederholter Bearbeitung der gleichen Aufgabe konkurriert der Algorithmus zunehmend mit dem Abruf der im Gedächtnis abgespeicherten assoziativen Instanzen vorangegangener Aufgabenlösungen, wobei die schnellere der beiden Reaktionsformen ausgeführt wird. Bezüglich der Abrufgeschwindigkeit der im Gedächtnis abgespeicherten Instanzen besteht eine parallele Konkurrenz, bei der nur die am schnellsten abrufbare Instanz ausgeführt wird. Dies hat zur Folge, dass mit steigender Anzahl abgespeicherter Instanzen ein Absinken der Abrufzeit einer Instanz zu erwarten ist – vorausgesetzt es handelt sich bei der Abrufzeit um eine Zufallsvariable (vgl. Logan 1992). Auf diese Weise nimmt bei wiederholter Übung die Abrufwahrscheinlichkeit von bereits im Gedächtnis gespeicherten 'fertigen' Aufgabenlösungen gegenüber einer algorithmischen Lö-

sung zu, bis letztendlich ausschließlich existierende Lösungen aus dem Gedächtnis abgerufen werden und der Algorithmus nicht mehr zum Einsatz kommt. Ab diesem Punkt wird von einer *Automatisierung* der Handlung gesprochen. Nach dieser Sichtweise sind Leistungsverbesserungen in einer Aufgabe das Resultat eines Wechsels von algorithmischer Aufgabenlösung zu Aufgabenlösung durch den Abruf von bereits vorhandenen Lösungen aus dem Gedächtnis. Nach Logan (1988) besteht Automatisierung in der Ansammlung von Wissen zu einem spezifischen Problem (d.h. der Aufgabe) – damit handelt es sich dem grundlegenden Charakter nach um *Lernen*. Weiter konnte Logan (1992) zeigen, dass sich die Form der Abnahme der Aufgabenzeit als eine Potenzfunktion gemäß dem *power law of practice* auf Basis bestimmter Verteilungsannahmen bezüglich Reaktionszeiten und Gedächtnis-Abrufzeiten mathematisch herleiten lässt.

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob die Leistungsverbesserung in einer Antick-Aufgabe mit einem zuvor nicht genutzten Laserpointer-Eingabegerät dem *power law of practice* folgt. Es wird angenommen, dass der Verlauf des effektiven Leistungsindex (*IPe*) als ein kombiniertes Maß aus Genauigkeit (in Form des effektiven Schwierigkeitsindex, *IDe*) und Aufgabenzeit (in Form der Bewegungszeit, *MT*) weitgehend die Form einer Potenzfunktion mit einem positiven Exponenten ' *c* ' annimmt.

I. 4 Angst und Technophobie

I. 4.1 Computerangst und 'Technophobie'

Neue technologische Hilfsmittel werden nicht von allen Menschen mit Begeisterung aufgenommen – nicht wenige Menschen empfinden Unbehagen, die sie veranlassen, von einer Nutzung neuartiger technologischer Geräte Abstand zu nehmen (vgl. Brod, 1984; Weil & Rosen, 1995). Dadurch ist es möglich, dass diese Menschen potentielle Vorteile, die eine technologische Entwicklung mit sich bringt, nicht nutzen – im Fall von Eingabegeräten z.B. eine ergonomischere, schnellere und genauere Bedienung von Computersystemen. Es kann angenommen werden, dass ein wesentlicher Faktor negativer Reaktionen und Ablehnung gegenüber technischen Geräten eine Form Technologie-bezogener *Angst* ist.

In der Literatur besteht einerseits eine erhebliche Variabilität bezüglich des Begriffs, der zur Definition Technologie-bezogener Angst verwendet wird, andererseits werden glei-

che Begriffe zur Benennung unterschiedlicher Inhalte verwendet, oder die Begriffe beinhalten irreführende Generalisierungen, welche in der verwendeten Operationalisierung der Begrifflichkeit nicht repräsentiert sind. Häufig verwendete Begriffe sind *Technologie-Stress* ('*technostress*', z.B. Brod, 1984), *Technophobie* ('*technophobia*', z.B. Rosen & Weil, 1995), *Computer-Angst* ("*computer anxiety*", z.B. Simonson, Maurer, Montag-Toradi, & Whitaker, 1987), *Computerphobie* ('*computerphobia*', z.B. Weil, Rosen, & Wugalter, 1990) und *Computer-Aversion* ("*computer aversion*", z.B. Meier, 1988). Simonson et al. (1987) definieren *Computer-Angst* als die "*Furcht oder Besorgnis die von Personen empfunden wird, wenn sie Computer benutzen, oder wenn sie an die Möglichkeit einer Computernutzung denken*" (übers. nach Simonson, Maurer, Montag-Toradi, & Whitaker, 1987, S.238). Rosen & Weil (1995) beschreiben *Technophobie* als eine Kombination aus (1) "*Angst vor aktuellen oder zukünftigen Interaktionen mit Computern oder Computer-bezogener Technologie*", (2) "*negativen globalen Einstellungen gegenüber Computern, ihrer Bedienung und ihres Einflusses auf die Gesellschaft*" und (3) "*spezifischen negativen Kognitionen oder selbstkritischen internen Dialogen während einer tatsächlichen Interaktion mit Computern oder wenn über eine zukünftige Interaktion mit Computern nachgedacht wird*" (übers. nach Rosen & Weil, 1995, S.11). Wie diese Definitionen der Begriffe *Computer-Angst* vs. *Technophobie* zeigen, beziehen sich beide trotz unterschiedlicher Benennung im wesentlichen auf einen eng umgrenzten Teilaspekt Technologie-bezogener Angst: Der Reaktion auf den 'klassischen' Computer, den Personal Computer (PC). Dies zeigt sich auch in den zur empirischen Messung der Konstrukte verwendeten Fragebögen, welche Items beinhalten, die Reaktionen auf einzelne, PC-spezifische Aspekte abfragen (z.B. "*Computer Anxiety Rating Scale*" von Heinsen, Glass, & Knight, 1987; "*Computer Anxiety Scale*" von Marcoulides, 1989). Vor diesem Hintergrund den viel umfassenderen Begriff der *Technophobie* zu verwenden oder gar *Technophobie* mit *Computerphobie* gleichzusetzen (z.B. Rosen, Sears, & Weil, 1992b) ist bestenfalls irreführend, schlimmstenfalls führt es zu falschen Schlussfolgerungen und fehlgeleiteten Interventionen auf Basis unpassender empirischer Grundlagen. Denn es ist durchaus möglich, dass eine Person gegenüber dem täglich genutzten PC mit Standard-Anwendungen keine Angstreaktionen zeigt (z.B. aufgrund fortwährender obligatorischer Nutzung im Arbeitskontext), sich bei der Bedienung eines neuen *Smartphones* aber unwohl fühlt. Dabei macht eine Ausweitung des Konstruktes Technologie-bezogener Angst durchaus Sinn: In der heutigen Zeit werden Menschen in ihrem Alltagsleben zunehmend mit einer Vielzahl unter-

schiedlicher technologischer Geräte konfrontiert, von denen viele nur wenig Ähnlichkeit mit einem PC besitzen. Für die Anpassungs- und Wettbewerbsfähigkeit einer Person im gesellschaftlichen Kontext ist es von Bedeutung, auch Kompetenzen zur Nutzung von neuartigen Technologien zu erwerben. Deshalb ist eine Konzeption Technologie-bezogener Angst, welche umfassende Aussagen über die Reaktionen einer Person zu unterschiedlichen und vor allem auch *neuartigen* technologischen Geräten machen kann, wesentlich nützlicher, als eine, welche sich im wesentlichen nur auf den PC beschränkt.

Aus diesen Gründen ist der Begriff der *Technophobie* in dieser Untersuchung nicht ausschließlich über den PC definiert, sondern umfasst technologische Geräte und Situationen *im allgemeinen*. Wenn im folgenden von *Technophobie* die Rede ist, so handelt es sich dabei nicht zwangsläufig um eine *Phobie* nach *klinisch-psychologischen* Kriterien³, sondern um jedwede *graduelle* Form von kognitiven, behavioralen und physiologischen Aspekten der Angst, die mit der Rezeption von Technologie durch eine Person in Verbindung stehen. Die Definition als eine *Phobie* ist insofern zutreffend, als dass die Angst bedingenden Faktoren eindeutigen Objekte (z.B. ein neuartiges Eingabegerät) oder konkrete Situationen (z.B. Bedienung einer Benutzeroberfläche) zugeordnet werden können. Die in dieser Arbeit durchgeführte Untersuchung soll Aspekte der *Technophobie* und ihre möglichen Auswirkungen auf das Erlernen der Bedienung eines neuartigen Laserpointer-Eingabegerätes aufdecken.

I. 4.2 Das 'State-Trait-Modell' der Angst und das "Interaction Model of Anxiety"

Einer großen Zahl von Untersuchungen in der Literatur, die sich mit Technologie-bezogener Angst befassen, mangelt es an einer tragfähigen theoretischen Basis, was die Formulierung systematischer Forschungsfragen und die Einordnung empirischer Befunde in funktionale Zusammenhänge erheblich erschwert (kritisch äußern sich auch Deane, Henderson, Barrelle, Saliba, & Mahar, 1995; Gaudron & Vignoli, 2002). In der psychologischen Forschung existieren jedoch bereits seit einiger Zeit theoretische Grundlagen, die eine sinnvolle Integration eines Angst-Konzeptes der *Technophobie* erlauben. Diese werden im folgenden kurz vorgestellt.

Eine einflussreiche Theorie ist das *State-Trait-Modell* der Angst, welches auch als

³ vgl. Kriterien nach *DSM-IV*, para. 300.29 (American Psychiatric Association [APA], 2000) und *ICD-10*, para. F40.x (WHO, 2007)

konzeptueller Rahmen dieser Untersuchung dient (s. Laux, Glanzmann, Shaffner, & Spielberger, 1981; Schwenkmezger, 1985). Grundlage des State-Trait-Modells ist die Definition des Angstbegriffs auf Basis zweier Komponenten: Zum einen wird Angst als ein bestimmter emotionaler *Zustand* beschrieben, der Merkmale wie Anspannung, innere Unruhe, Nervosität und erhöhte Aktivität des autonomen Nervensystems beinhaltet (infolge dessen z.B. erhöhte Schweißsekretion). Diese Angst als *Zustand* wird als *State-Angst* bezeichnet. Die State-Angst ist *vorübergehender* Natur, ihre Ausprägung ist zeit- und situationsabhängig. Zum anderen wird Angst als eine *Eigenschaft* beschrieben, die die Ausprägung der Neigung einer Person beschreibt, Situationen als bedrohlich zu bewerten. Diese Angst als *Eigenschaft* wird auch als Ängstlichkeit oder *Trait-Angst* bezeichnet. Die Trait-Angst ist eine relativ *stabile* Persönlichkeitseigenschaft. Personen mit einer hohen Ausprägung von Trait-Angst nehmen eine größere Zahl von Situationen als bedrohlich wahr als Personen mit geringer Ausprägung der Trait-Angst. Die Wahrnehmung einer Situation als bedrohlich führt zu einer akuten Angstreaktion – einem Anstieg der State-Angst. Nach dem ursprünglichen State-Trait-Modell wirkt sich Trait-Angst über nahezu alle Arten möglicher Stresssituationen hinweg wesentlich auf die State-Angst aus.

In einer Erweiterung des State-Trait-Angstmodells wies Endler (s. Shedletsky & Endler, 1974; Endler, Parker, Bagby, & Cox, 1991; Endler, Edwards, & Vitelli, 1991) darauf hin, dass *spezifische* Situationen bei bestimmten Menschen in unterschiedlichem Maße State-Angst auslösen können. Nach Endlers "*interaction model of anxiety*" ("Interaktionsmodell der Angst") ist das Konstrukt der Trait-Angst *multidimensional*, d.h. Menschen unterscheiden sich darin, *welche Art* von Situation sie als bedrohlich bewerten. Demnach wird State-Angst besonders stark hervorgerufen, wenn ein Mensch mit einer bestimmten Angstneigung (z.B. Angst vor sozialer Bewertung) eine Situation erlebt, die zu dieser Angstneigung *kongruent* ist (z.B. Teilnahme an einem Bewerbungsgespräch) – Trait-Angst wirkt sich also in besonderem Maße *durch Interaktion* mit einer entsprechenden *Situation* auf die State-Angst aus. Ursprünglich identifizierte Endler vier Hauptdimensionen der Trait-Angst: Bedrohung durch soziale Bewertung, physische Bedrohung, Bedrohung durch uneindeutige Situationen und Bedrohung in Alltagssituationen. Die Existenz weiterer Dimensionen der Trait-Angst wird von Endler nicht ausgeschlossen.

Eine Annahme, die der vorliegenden Arbeit zugrunde liegt, ist die mögliche Existenz

einer Dimension Technologie-bezogener Trait-Angst – sog. '*Trait-Technophobie*', die sich entscheidend auf das Befinden und das Verhalten (State-Angst) einer Person in Situationen auswirkt, in denen sie mit technischen Geräten konfrontiert wird – auch wenn dieselbe Person *im allgemeinen* nicht ängstlich ist. Diese Annahme gründet sich auf die Befunde von Deane et al. (1995), die eine Konzeptionalisierung von Computer-Angst als eine Form der Trait-Angst nahelegen, sowie auf die Studie von Gaudron & Vignoli (2002), die erste Hinweise für die Konstruktvalidität einer Computer-Angst-Trait-Dimension im Rahmen des *interaction model of anxiety* fanden.

I. 4.3 Fragebögen zur Erfassung von Angst

Im folgenden werden die Selbstberichts-Instrumente vorgestellt, die in dieser Arbeit zur Erfassung von Aspekten der Angst genutzt werden. Da der Einsatz von Fragebögen sich in dieser Untersuchung auf Gruppenvergleiche beschränkt, wird auf ihre Eigenschaften im Rahmen eines klinisch-psychologischen Einsatzes (z.B. in der Einzelfalldiagnostik) nicht näher eingegangen.

State-Trait-Angstinventar (STAI-G) – Das *STAI-G* (Laux, Glanzmann, Schaffner, & Spielberger, 1981) ist die deutsche Form des von Spielberger et al. entwickelten "*State-Trait Anxiety Inventory*" (*STAI*, Spielberger, Gorsuch, & Lushene, 1970). Das *STAI-G* ist ein sehr oft eingesetztes Selbstberichts-Instrument zur Erfassung von State- und Trait-Angst im Rahmen des State-Trait-Angstmodells. Es besteht aus zwei Fragebögen – je einem für State- und einem für Trait-Angst – mit jeweils 20 Aussagen. Diese sind in der ersten Person formuliert (z.B. "Ich fühle mich wohl") und sollen durch Ankreuzen auf einer 4-stufigen Skala beantwortet werden. Der State-Angst-Fragebogen (*STAI-G XI*, *STAI-State*) beinhaltet die Instruktion, den "augenblicklichen Gefühlszustand" anzugeben. Die Antwortskala besteht aus den Werten (1) "überhaupt nicht", (2) "ein wenig", (3) "ziemlich" und (4) "sehr". Die Instruktion des *STAI-State* kann bei Bedarf so angepasst werden, dass eine Bezugnahme auf spezifische retro- und prospektive Situationen möglich wird. Auf dem Trait-Angst-Fragebogen (*STAI-G X2*, *STAI-Trait*) soll der Proband angeben, wie er sich "im allgemeinen" fühlt; die Antwortskala umfasst hier die Werte (1) "fast nie", (2) "manchmal", (3) "oft" und (4) "fast

immer". Die Fragebögen können zusammen oder auch einzeln eingesetzt werden⁴. Für die Beantwortung gibt es keine Zeitbegrenzung; i.d.R. dauert das Ausfüllen eines Fragebogens 3-6 Minuten. Die Gesamtwerte (Rohwerte) werden für beide Fragebögen getrennt summiert, die Spannweite der Skalen geht von 20 bis 80, wobei hohe Werte mit hoher Angst assoziiert sind.

Die interne Konsistenz des *STAI-G* nach *Cronbach's-Alpha* liegt in der repräsentativen Eichstichprobe für *STAI-State* bei .91 – .92 und für *STAI-Trait* zwischen .89 – .92 und ist als gut bis sehr gut einzustufen. Die Test-Retest-Reliabilität für *STAI-State* ($r = .43$) ist deutlich niedriger als die von *STAI-Trait* ($r = .86$) (Mittelwerte einer studentischen Stichprobe, gemessen zu fünf Zeitpunkten). Dies entspricht der Annahme des State-Trait-Angstmodells, nach der Trait-Angst relativ stabil, State-Angst hingegen situationsabhängig ist. Die Korrelation zwischen *STAI-State* und *STAI-Trait* lag in verschiedenen studentischen Stichproben zwischen .43 und .63. Das *STAI-G* wurde in der vorliegenden Arbeit zur Messung von State- und Trait-Angst eingesetzt.

Ender Multidimensional Anxiety Scales (EMAS) – Die *EMAS* (Ender, Edwards, & Vitelli, 1992) sind ein Satz von insgesamt drei Fragebögen. Diese erfassen die State-Angst (*EMAS-S*), Trait-Angst (*EMAS-T*), sowie die Wahrnehmung der Art der aktuellen Situation und das Ausmaß einer Bedrohung durch die aktuelle Situation durch den Befragten (*EMAS-P*). Den *EMAS* liegt das *interaction model of anxiety* zugrunde. Im *EMAS-S* soll der Proband seinen aktuellen Gefühlszustand mitteilen, indem er die empfundene Intensität von insgesamt 20 Zustands- und Gefühlsbeschreibungen (z.B. "Feel tense") angibt. Der *EMAS-T* besteht aus vier Subskalen, denen jeweils eine Beschreibung einer allgemeinen Art von Situation vorangestellt ist. Der Proband soll sich in die jeweilige Situation hinein versetzen und jeweils die empfundene Intensität von 15 Zustands- und Gefühlsbeschreibungen in Bezug auf die Situation angeben. Die vier beschriebenen Situationen sind (1) Beurteilung durch andere Menschen, (2) physische Gefahr, (3) neue oder merkwürdige Situationen und (4) Alltagssituationen. Auf dem *EMAS-P* soll der Proband jeweils einschätzen, in welchem Ausmaß die *aktuelle* Situation den vier beschriebenen Situationen des *EMAS-T* entspricht und zusätzlich

⁴ Werden sie zusammen eingesetzt, so sollte der *STAI-State* zuerst vorgelegt werden, da lt. Testmanual Transfer-Effekte auf die berichtete State-Angst bei der vorherigen Bearbeitung von *STAI-Trait* nicht ausgeschlossen werden können, wohingegen die Stabilität von *STAI-Trait* gegenüber situativen Effekten weitgehend empirisch abgesichert sei.

das Ausmaß empfundener Bedrohung in der *aktuellen* Situation angeben. Außerdem beinhaltet der *EMAS-P* noch drei Items, die der Proband durch freie Formulierung beantworten soll (Beschreibung der Situation, der sich der Proband ausgesetzt sieht; Benennung *bestimmter* empfundener Bedrohungen in der aktuellen Situation; Benennung von empfundenen Bedrohungen insgesamt). Die Antwortskala für alle Fragebögen des *EMAS* – mit Ausnahme des frei formulierbaren Teils des *EMAS-P* – ist eine 5-stufige Skala von (1) "not at all" bis (5) "very much". Je nach Untersuchungszweck können gemäß Testmanual entweder alle drei Fragebögen eingesetzt werden oder nur der *EMAS-S* allein. Für das Ausfüllen der Fragebögen gibt es keine Zeitbegrenzung. Die Gesamtwerte werden für den *EMAS-S* und für jede Subskala des *EMAS-T* getrennt summiert. Der Wertebereich liegt für den *EMAS-S* bei 20-100, für jede Subskala des *EMAS-T* zwischen 15 und 75. Die Antworten auf dem *EMAS-P* werden einzeln interpretiert.

In den Referenzstichproben liegt die interne Konsistenz nach *Cronbach's-Alpha* für den *EMAS-S* zwischen .88 und .94, für die Subskalen des *EMAS-T* zwischen .82 und .95. Die Test-Retest-Reliabilität des *EMAS-S* liegt zwischen .14 und .48, für die Subskalen des *EMAS-T* zwischen .50 und .79 – auch dies entspricht weitgehend der Annahme des State-Trait-Angstmodells von situationsabhängiger und zeitlich instabiler State-Angst und relativ stabiler Trait-Angst. In der vorliegenden Untersuchung kamen die *EMAS* selbst nicht zum Einsatz, jedoch wird mit der nachfolgend beschriebenen *Technologie-Angst-Trait-Subskala (TATS)* ein Messinstrument verwendet, welches wesentlich auf den Subskalen des *EMAS-T* basiert.

Technologie-Angst-Trait-Subskala (TATS) – Die *TATS* wurde für diese Untersuchung auf Basis des *EMAS-T* und der von Gaudron & Vignoli (2002) entwickelten "*Computer Anxiety Trait Subscale*" (*CATS*) konstruiert. Die *CATS* entspricht in Aufbau, Items und Antwortskala einer einzelnen *EMAS-T*-Subskala, verwendet jedoch eine andere Situationsbeschreibung als die vier bestehenden Subskalen des *EMAS-T*: "*Sie befinden sich in Situationen in denen Sie einen Computer benutzen oder kurz davor sind, einen Computer zu benutzen.*" (übers. nach Gaudron & Vignoli, 2002, S. 323f). Die *CATS* wies bei der Evaluation durch ihre Autoren eine hohe interne Konsistenz von .94 (*Cronbach's-Alpha*) und eine hohe Korrelation ($r = .76$) mit einem weiteren Messinstrument der 'Computer-Angst', der "*Computer Anxiety Rating Scale*" (Heinssen et al., 1986) auf. Die Interkorrelation der *CATS* mit

den anderen Subskalen des *EMAS-T* bewegte sich auf ungefähr gleichem Niveau wie die Interkorrelationen zwischen den *EMAS-T* Subskalen selbst (im Bereich $r = .10$ bis $.50$). Der *CATS* zeigte in einer für die Trait-Angst-Dimension kongruenten Situation (Computer-basierter Test) eine deutlich höhere Korrelation ($r = .47$) mit der mittels *EMAS-S* gemessenen State-Angst als in einer inkongruenten Situation (Papier-und-Bleistift-Test) ($r = .008$). Die situationskongruente Korrelation des *CATS* mit dem *EMAS-S* war höher als jede andere Korrelation einer *EMAS-T* Subskala mit dem *EMAS-S*. Insgesamt deuten diese ersten Ergebnisse darauf hin, dass es sich bei der *CATS* um ein weitgehend reliables und konstruktvalides Messinstrument handelt.

Zur Entwicklung der *TATS* wurden alle Items des originalen *EMAS-T* ins Deutsche übersetzt. Zum Teil konnte dabei auf Formulierungen des *STAI-G* zurückgegriffen werden, da einige Items der englischen Original-Version des *STAI* und die des *EMAS-T* gleich waren (z.B. "(I) feel nervous" – "Ich bin nervös"). Die Übersetzung wurde von drei wissenschaftlichen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Mensch-Computer-Interaktion auf Stimmigkeit und Verständlichkeit überprüft. Die der Beantwortung der Items zugrunde liegende Situationsbeschreibung des *TATS* wurde folgendermaßen formuliert: "*Sie befinden sich in Situationen, in denen Sie ein technologisches Gerät oder Hilfsmittel benutzen, oder kurz davor sind, es zu benutzen.*". Die Beschreibung wurde – analog zum Vorgehen im *EMAS-T* – noch genauer ausgeführt: "*Wir sind in erster Linie an Ihren Reaktionen im allgemeinen zu solchen Situationen interessiert, in denen Sie mit der Nutzung von Technologie in Form von digitalen Anzeigen und Steuerungsvorrichtungen, elektronischen Geräten und Computern konfrontiert sind.*". Die Antwortskala wurde mit (1) "gar nicht" und (5) "sehr" übersetzt. Die verwendete *TATS* ist in Appendix G aufgeführt. Der *TATS* wird in Kombination mit *STAI-State* und *STAI-Trait* eingesetzt. Eine Zielsetzung ist dabei, herauszufinden, in welchem Ausmaß der *TATS* mit der State- und Trait-Angst Skala des *STAI-G* korreliert und ob sich dabei erste Anhaltspunkte für eine mögliche Unabhängigkeit des im *TATS* implizierten *Technophobie-Trait*-Konstruktes gegenüber dem 'allgemeinen' Trait-Angst-Konstrukt des *STAI-Trait* ergeben.

Self-Assessment Manikin (SAM) – Das *SAM* (Lang, 1980; Hodes, Cook & Lang, 1985; Bradley & Lang, 1994) ist ein nonverbales Selbstberichts-Instrument zur Erfassung emotionaler Reaktionen. Grundlage des *SAM* ist ein dimensionales Emotionsmodell, welches die

Einordnung des emotionalen Gehalts eines Objektes, Ereignisses oder einer Situation auf drei Dimensionen vornimmt (Bradley & Lang, 1994). Diese drei Dimensionen sind *Valenz* ('valence' bzw. 'pleasure'; positive vs. negative Stimmung), *Aktiviertheit* ('arousal'; niedrige vs. hohe Aktiviertheit) und *Dominanz* ('dominance', Dominanz vs. Unterwürfigkeit). Das SAM besteht aus drei Reihen mit je fünf Piktogrammen, welche graduell unterschiedliche Zustände eines 'Männchens' auf je einer dieser emotionalen Dimensionen zeigen. Der Proband soll durch Ankreuzen auf oder zwischen den 'Männchen' in jeder der Reihen den Zustand auswählen, der seinem eigenen Empfinden am nächsten kommt. Jede der drei Reihen stellt also eine 9-stufige Skala auf einer der drei emotionalen Dimensionen dar (siehe Abbildung I-5).

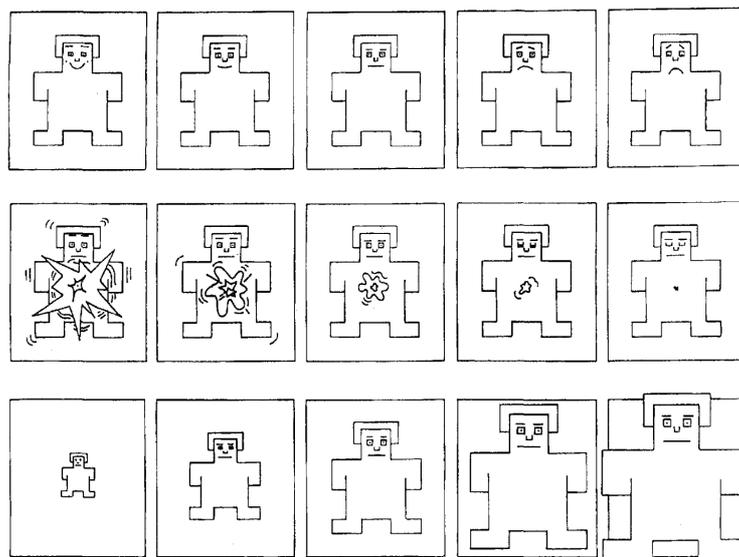


Abbildung I-5: Das *Self-Assessment Manikin (SAM)* mit den Skalen der Dimensionen *Valenz*, *Aktiviertheit* und *Dominanz* (von oben nach unten). Aus: Bradley & Lang (1994).

Während ein Vergleich des SAM mit der "*Semantic Differential Scale*" (Mehrabian & Russel, 1974) – der das gleiche Emotionsmodell wie dem SAM zugrunde liegt – bei der Bewertung des emotionalen Gehalts von Bildern sehr hohe Korrelationen für die Dimensionen *Valenz* ($r = .96$) und *Aktiviertheit* ($r = .95$) zeigte, war die Korrelation für die Dimension *Dominanz* deutlich niedriger und nicht signifikant ($r = .23$). Außerdem wurden erhebliche Interkorrelationen der Dominanz-Dimension mit der Valenz- und Aktiviertheits-Dimension fest-

gestellt, was die Unabhängigkeit der Dominanz-Dimension in Frage stellt. Aus diesen Gründen werden beim Einsatz des *SAM* meist nur die erheblich valideren Dimensionen *Valenz* und *Aktiviertheit* interpretiert (vgl. Bradley & Lang, 1994).

Das *SAM* stellt eine extrem einfache Form der Erhebung des emotionalen Zustands mit minimalem Zeitaufwand dar. Daher eignet es sich besonders gut für Untersuchungen, in denen emotionale Reaktionen zu mehreren Zeitpunkten gemessen werden sollen. In dieser Arbeit wird das *SAM* zur Verlaufsmessung des emotionalen Zustands der *VTn* bei mehreren Übungsblöcken mit einem Laserpointer-Eingabegerät eingesetzt. Dabei wird angenommen, dass Angestempfindungen in diesem Zusammenhang mit negativer Stimmung und hoher Aktiviertheit einhergehen⁵.

I. 4.4 Effekte von Angst auf Leistung und Lernen: Die "Processing Efficiency Theory" und das "Cognitive Interference Model of Computer Anxiety" (CIM-CA)

Technologie-bezogene Angst ist für die betroffenen Personen nicht nur unangenehm und führt so tendenziell zur Vermeidung von technischen Geräten und Situationen, sondern es gibt zudem auch Hinweise darauf, dass sich Angestempfindungen negativ auf die Leistung bei der Nutzung eines technologischen Gerätes auswirken können: Bereits Johnson & Johnson (1981) identifizierten Angst als ein Hauptproblem im Bereich computergestützter Testsysteme. Brosnan (1998) konnte zeigen, dass Computer-Angst (gemessen mit der *Computer Anxiety Rating Scale* von Heinssen et al., 1987), mit höheren Fehlerraten in einer Datenbank-Suchaufgabe einher ging. In einer Untersuchung von Browndyke et al. (2002), war Computer-Angst (gemessen mit der gleichnamigen *Computer Anxiety Rating Scale* von Rosen, Sears, & Weil, 1992a) mit höheren Fehlerraten und langsameren Reaktionszeiten in einem computerisierten neuropsychologischen Testinstrument verbunden.

Eine mögliche theoretische Grundlage für diese Befunde liefert die "*processing efficiency theory*" ("Verarbeitungs-Effizienz-Theorie", Eysenck & Calvo, 1992) und das darauf aufbauende "*cognitive interference model of computer anxiety*" ("kognitives Interferenzmodell der Computer-Angst", *CIM-CA*, Smith & Caputi, 2007). Die *processing efficiency theo-*

⁵ vgl. Befunde von Cook, Melamed, Cuthbert, McNeil, & Lang (1988) zur erhöhten physiologischen Aktivierung bei Phobie-Patienten, sowie Bradley & Lang (1994) für Anmerkungen zur negativen Korrelation zwischen Valenz- und Aktiviertheits-Werten bei Angstpatienten.

ry besagt, dass *Besorgnis* – als eine kognitive Komponente der Angst – zu einer Verminderung der Verarbeitungs- und Speicherkapazität des Arbeitsgedächtnisses führt. Die Kognitionen, die mit der Besorgnis in Verbindung stehen – z.B. Bedenken, keine ausreichende Leistung in einer Aufgabe zu zeigen – beanspruchen Verarbeitungsressourcen. Als Folge stehen für die zu bearbeitende Aufgabe weniger kognitive Ressourcen zur Verfügung. Zusätzlich führt die Besorgnis aber auch zu einer Art kompensatorischen Gegenreaktion, in der Form, dass die betroffene Person ihr Bemühen, die Aufgabe erfolgreich zu bearbeiten erhöht, indem sie z.B. zusätzliche Zeit aufwendet oder ihr strategisches Vorgehen verändert. Als Folge dieses Verhaltens sagt die *processing efficiency theory* vorher, dass Angst vor allem die *Effizienz* (Geschwindigkeit) der Aufgabenbearbeitung beeinträchtigt, wohingegen die *Effektivität* (Genauigkeit) nicht wesentlich beeinträchtigt wird.

Darauf aufbauend postuliert das *CIM-CA*, dass Personen, die in Konfrontation mit einer Computer-Aufgabe eine Angstreaktion zeigen (z.B. bedingt durch ein Trait-Angstmerkmal 'Computerangst'), zunächst mit der Vermeidungsstrategie des "kognitiven Rückzugs" reagieren. Hierbei entfernt sich die betroffene Person gedanklich von der aversiv-angstauslösenden Situation – vor allem wenn eine physische Flucht nicht ohne weiteres möglich ist (Evidenz hierfür z.B. bei Smith & Caputi, 2001). Während der Durchführung der Aufgabe resultiert der vorangegangene kognitive Rückzug nach kurzer Zeit in verstärkter Besorgnis bezüglich der in der Aufgabe gezeigten Leistung (die womöglich durch den kognitiven Rückzug in Mitleidenschaft gezogen wurde) und führt entsprechend der *processing efficiency theory* zu einer kompensatorischen Gegenreaktion, die in verstärkten Anstrengungen zur Aufgabenbewältigung resultiert (motivierender Aspekt der Angst). Doch auch diese verstärkte Anstrengung ist nach dem *CIM-CA* kein dauerhafter Zustand, sondern wird zunehmend durch Unsicherheit bezüglich der eigenen allgemeinen Fähigkeit, eine Computer-Aufgabe erfolgreich zu lösen, verdrängt. Dies steigert die Wahrnehmung der Computer-Aufgabe als aversiv und veranlasst die betroffene Person zu erneutem kognitivem Rückzug (mit der Aufgabe interferierender Aspekt der Angst). Es entsteht ein Kreislauf von kognitivem Rückzug, Besorgnis bezüglich der Aufgabenleistung aufgrund vorangegangenen kognitivem Rückzug, Verstärkung der Anstrengung zur Aufgabenbewältigung und neuerlicher Besorgnis bezüglich der Art von Aufgabe, die wiederum in kognitivem Rückzug resultiert, und so fort.

Entsprechend der *processing efficiency theory* geht das *CIM-CA* davon aus, dass Besorgnis-bedingte Kompensationsversuche (verstärkte Anstrengung) die *Effektivität* der Aufgabenbewältigung auf Kosten der *Effizienz* aufrecht erhalten können. Eine wichtige Vorhersage der *CIM-CA* ist demzufolge, dass in einer Computer-Aufgabe, bei der es sowohl auf *Effektivität* (Genauigkeit) als auch auf *Effizienz* (Geschwindigkeit) ankommt, für Personen mit hoher State-Angst keine vollständige Kompensation der Aufgabenleistung mehr möglich ist, mit dem Resultat von Leistungseinbußen. Abbildung I-6 zeigt die beschriebenen Zusammenhänge im *CIM-CA*.

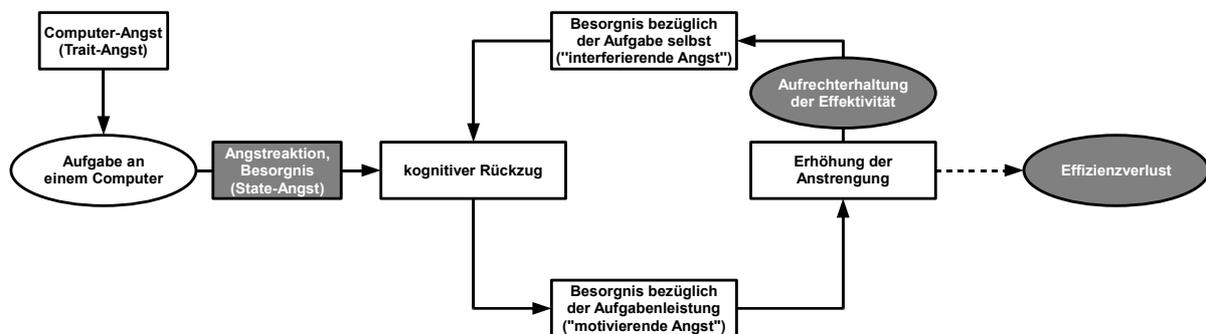


Abbildung I-6: Das "cognitive interference model of computer anxiety" (*CIM-CA*) nach Smith & Caputi (2007) mit terminologischen Anpassungen und Erweiterungen (graue Felder).

In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass die Vorhersage des *CIM-CA* auch für eine Situation gültig ist, in der ein neuartiges Eingabegerät zur Bearbeitung einer Antick-Aufgabe eingesetzt werden soll. Es wird erwartet, dass der *effektive Leistungsindex (I_{Pe})* als ein kombiniertes Maß von *Effektivität* (effektiver Schwierigkeitsindex, *IDe*) und *Effizienz* (Bewegungszeit, *MT*) bei solchen Personen niedrigere Werte annimmt, welche auf technologische Aspekte einer Situation mit Angst reagieren.

I. 5 Akzeptanz technologischer Geräte

I. 5.1 Das "Technology Acceptance Model" (*TAM*)

Die Verbreitung und der 'Erfolg' eines neuartigen technologischen Gerätes ist letztendlich vor allem von einem Faktor abhängig: Der *Akzeptanz* durch die potentiellen Benutzer.

Dabei wäre es falsch, die Akzeptanz als ein Vergleichskriterium der allgemeinen Nützlichkeit oder der Qualität von unterschiedlichen technologischen Geräten heranzuziehen. Vielmehr sollten auch psychologische Faktoren berücksichtigt werden, die Personen von der Akzeptanz eines neuartigen technologischen Gerätes abhalten, ohne dass diese Personen mögliche Vorteile und Erleichterungen, die sich aus der Nutzung der neuen Technologie ergeben, überhaupt erst hinreichend geprüft haben. Solche Faktoren können zur vorschnellen Ablehnung technologischer Geräte führen, obwohl die Geräte Vorteile mit sich bringen. In dieser Arbeit wird angenommen, dass *Technophobie* ein solcher Faktor ist.

Ein verbreitetes Modell, welches zur Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Eigenschaften einer technologischen Innovation, den Wahrnehmungen der Benutzer und der Akzeptanz der Technologie verwendet wird ist das "*technology acceptance model*" (*TAM*, Davis, 1993). Das *TAM* beschreibt die Akzeptanz einer Technologie (d.h. ihre *tatsächliche* Nutzung) durch eine Person als das Resultat der *Einstellung* gegenüber ihrer Nutzung. Diese Einstellung wiederum ist das Resultat der durch die Person wahrgenommenen *Nützlichkeit* ('*usefulness*') der Technologie und der wahrgenommenen *Einfachheit ihrer Nutzung* ("*ease of use*"), wobei die Einfachheit der Nutzung ihrerseits einen Einfluss auf die wahrgenommene Nützlichkeit hat. Das *TAM* ist in Abbildung I-7 dargestellt.

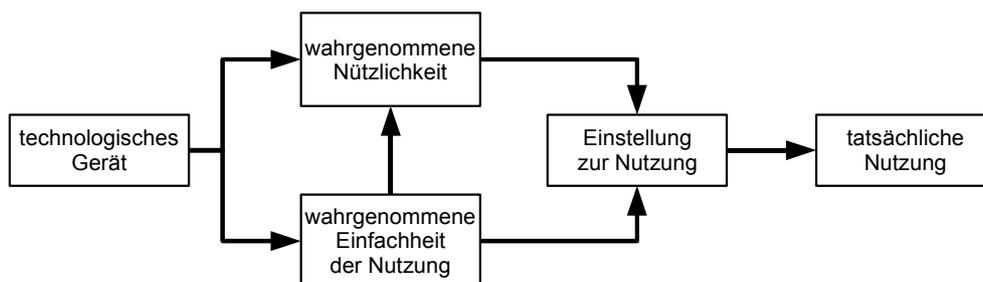


Abbildung I-7: Das "*technology acceptance model*" (*TAM*) nach Davis (1993) für ein technologisches Gerät.

Das *TAM* basiert auf dem kognitiven "*expectancy-value model*" ("Erwartung-Wert-Modell") der Einstellungsbildung (Fishbein & Ajzen, 1975, diskutiert in Ajzen, 2001). Eine *Einstellung* stellt demzufolge eine *Gesamtbewertung* der Attribute eines psychologischen Objektes dar (z.B. angenehm – unangenehm), welche *automatisch* und unausweichlich bei

der Bildung von Vorstellungen bezüglich des Objektes entsteht. Dabei führt jede dieser Vorstellungen im Gedächtnis zur Verbindung des Objektes mit einem Attribut. Die Stärke der Verbindungen sagt zusammen mit dem subjektiven Wert der zugeordneten Attribute die Einstellung vorher. Gemäß *TAM* sind die Attribute *Einfachheit der Nutzung* und *Nützlichkeit* die Hauptdeterminanten der Einstellung zur Nutzung einer Technologie. Das *expectancy-value model* und das darauf aufbauende *TAM* besagen, dass Einstellungen und Bewertungen das Resultat rein kognitiver Prozesse sind – affektive Zustände spielen demnach bei der *Bildung* von Einstellungen keine Rolle (sie sind vielmehr das *Resultat* der Einstellung). Es gibt jedoch Befunde, die diese rein kognitive Sichtweise der Einstellungsbildung in Frage stellen, und darauf hinweisen, dass Affektivität einen entscheidenden Einfluss auf die Bildung von Einstellungen haben kann und dass affektive Reaktionen z.T. vor kognitiven Operationen stattfinden (siehe z.B. Zajonc, 1980). Studien mit Bezug zum *TAM* stützen die Annahme eines Einflusses affektiver Komponenten auf die Einstellungsbildung: Igarria & Parasuraman (1989) fanden einen negativen direkten Einfluss der 'Computer-Angst' auf die Einstellung zu Computern, Venkatesh (2000) fand einen negativen Einfluss von 'Computer-Angst' auf den kognitiven *TAM*-Faktor *Einfachheit der Nutzung* und Kulviwat et al. (Kulviwat, Bruner, Kumar, Nasco, & Clark, 2007) konnten Einflüsse der emotionalen Dimensionen *Valenz* und *Aktiviertheit* auf die Einstellung zur Akzeptanz einer Technologie für den Bereich der Verbraucher-Akzeptanz nachweisen. Diese Befunde legen nahe, dass *Technophobie* ein bedeutsamer Faktor für die Akzeptanz neuartiger technologischer Geräte sein könnte.

I. 5.2 Probleme indirekter Messung der Akzeptanz – die "künstliche Entscheidungsaufgabe" (KEA)

Eine mögliche Schwierigkeit bei der Bestimmung der Akzeptanz eines neuartigen technologischen Gerätes ist die Frage, wie 'Akzeptanz' überhaupt operationalisiert und gemessen werden soll. Wird davon ausgegangen, dass es sich bei der Akzeptanz um die *tatsächliche Nutzung* einer bisher nicht genutzten Technologie handelt – z.B. ein neuartiges Eingabegerät, so ist es nicht ausreichend, lediglich Einstellungen oder Intentionen bezüglich der Nutzung des Gerätes zu erfassen und diese als 'Akzeptanz' darzustellen. Eine der Aussagen des *TAM* ist zwar, dass eine positive Einstellung gegenüber einer Technologie zu ihrer Nutzung führt, jedoch kann dieser Zusammenhang lediglich im Sinne einer erhöhten *Wahr-*

scheinlichkeit der tatsächlichen Nutzung verstanden werden: So konnte Davis (1993) in einer Pfadanalyse des *TAM* zwar einen statistisch signifikanten, jedoch inhaltlich nur mäßigen Zusammenhang zwischen der selbst berichteten Einstellung und der tatsächlichen Nutzung einer Technologie finden ($\beta = .21$). Wie eine Studie von Yi & Hwang (2003) zeigt, kann auch die Formulierung der konkreten Nutzungs*absicht* keinesfalls als sichere Aussage zur tatsächlichen Nutzung einer Technologie verstanden werden – auch in dieser Studie konnte nur ein recht geringer Zusammenhang der Variablen nachgewiesen werden ($\beta = .19$). Das Phänomen einer Inkonsistenz zwischen Einstellungen und Absichten einerseits und tatsächlichem Verhalten andererseits ist keineswegs auf den Bereich der Technologie-Nutzung beschränkt, sondern konnte in diversen Bereichen nachgewiesen werden (z.B. Johnston et al., 2004 (für Gesundheitsverhalten); Norberg, Horne, & Horne, 2007 (für Mitteilung persönlicher Informationen)). Auch eine Metaanalyse von Sheppard et al. (Sheppard, Hartwick, & Warshaw, 1988) zeigt nur eine moderate Korrelation zwischen Intention und Verhalten ($r = .56$).

Diese Befunde weisen darauf hin, dass die Vorhersage der Akzeptanz (d.h. die tatsächliche Nutzung) eines technologischen Gerätes durch die bloße Messung von Einstellungen und Nutzungsintentionen mit einer ganz erheblichen Fehlervarianz behaftet ist. Aus diesem Grund sollte für valide Aussagen zur Akzeptanz einer Technologie idealerweise auch das *tatsächliche* Nutzungsverhalten gemessen werden. Dabei ist die tatsächliche Nutzung entscheidend davon abhängig, für welche Art von Aufgabe eine Technologie verwendet werden soll und welche *Alternativen* dem Benutzer zur Lösung dieser Aufgabe zur Verfügung stehen. Die Akzeptanz kann als die Verteilung der Auswahlentscheidungen von Benutzern zwischen Nutzungsalternativen definiert werden – hohe Akzeptanz eines technologischen Gerätes bedeutet Präferenz für dieses Gerät *gegenüber anderen Alternativen*. Denn bei einer mandatorischen Aufgabe, für deren Lösung außer einer einzigen Technologie gar keine Alternative zur Verfügung steht, werden alle Benutzer dieselbe Technologie gezwungenermaßen akzeptieren müssen.

Auf Basis der Überlegungen wird in dieser Untersuchung ein Verfahren zum Einsatz kommen, welches auf einfache und praktikable Weise eine valide Messung der Nutzungspräferenz – und damit der relationalen Akzeptanz – von Eingabegeräten ermöglichen soll. Dieses wird im folgenden als "*künstliche Entscheidungsaufgabe*" (*KEA*) bezeichnet. Bei der *KEA* wird der *VTn* in eine möglichst realistisch wirkende Entscheidungssituation gebracht, in

der er zwischen mehreren Eingabegeräten dasjenige auswählen soll, welches er zur Bearbeitung einer vorgeblich nachfolgenden Aufgabe verwenden will. Tatsächlich folgt jedoch keine weitere Aufgabe, da das einzige Ziel der *KEA* die Bestimmung der Nutzungspräferenz ist. Bei der Durchführung der *KEA* ist darauf zu achten, dass die vom *VTn* erwartete Aufgabe eine Aufgabe *unbekanntes Typs* ist, für deren Bearbeitung jedes der zur Wahl stehenden Eingabegeräte geeignet sein muss. Es darf keine Aufgabe angekündigt werden, für die der *VTn* bereits Vorerfahrungen hat. Denn es muss ausgeschlossen werden, dass die Entscheidung für ein Eingabegerät auf Basis unterschiedlicher Fertigkeiten mit diesem Gerät für eine bestimmte Form von Aufgabe getroffen wird (Interaktion zwischen Fertigkeit, Aufgabentyp und Eingabegerät). Ferner darf dem *VTn* nicht der Eindruck vermittelt werden, dass irgendeine der Entscheidungen vorteilhafter oder angebrachter sei – die völlige Freiheit der Auswahl sollte ausdrücklich betont werden, andernfalls könnte sozialer Druck zu Verzerrungen im Auswahlverhalten des *VTn* führen (vgl. z.B. Nichols & Maner, 2008). Da bei einer *KEA* der *VTn* über experimentelle Inhalte getäuscht wird, sind Vorkehrungen zu treffen, die negative Auswirkungen auf die *VTn* ausschließen (s. American Psychological Association [APA], 2002, para. 8.07 & 8.08; siehe auch II. 5.1).

Bei der in dieser Arbeit eingesetzten *KEA* wird eine Computer-Maus als Auswahl-Alternative zu einem Laserpointer-Eingabegerät angeboten. Die Benutzung der Computer-Maus – als ein *Zeigegerät* – kann in der heutigen Zeit für die überwiegende deutsche Bevölkerungsmehrheit als *überlernt* und *automatisiert* angesehen werden (vgl. I. 3.1). Aus diesem Grund eignet sie sich in besonderem Maße als ein strenges Vergleichskriterium für die Akzeptanz neuartiger Eingabegeräte (sofern es sich hierbei ebenfalls um *Zeigegeräte* handelt, wie es beim Laserpointer-Eingabegerät der Fall ist).

I. 6 Zielsetzung der Arbeit und Hypothesen

I. 6.1 Zusammenfassung

Im folgenden sollen die zuvor beschriebenen Grundlagen dieser Arbeit kurz zusammengefasst werden: Als Ausgangspunkt wurde eine Definition von *Eingabegeräten* gegeben und Taxonomien zur ihrer Systematisierung dargestellt; dabei wurde das *Laserpointer-Eingabegerät* als ein *Zeigegerät* vorgestellt. Die *Antick-Aufgabe* wurde als eine standardisierte

Testmethode und der *effektiven Leistungsindex (I_{Pe})* als Messgröße der Leistungsmessung von Zeigegeräten diskutiert (I. 2). Weiterhin wurde die Notwendigkeit einer Berücksichtigung und Möglichkeiten zur Einbindung des Faktors *Lernen* bei der Leistungsmessung von Eingabegeräten erläutert. Mit dem *power law of practice* wurden Befunde zum charakteristischen Verlauf des *Skill*-Lernens in Form einer Potenzfunktion und mit der *instance theory of automaticity* eine kognitive Theorie als mögliche Erklärungsgrundlage dargestellt (I. 3). Nachfolgend wurde auf die Bedeutung und Forschungsansätze der Computer- und Technologie-bezogenen *Angst* eingegangen. Dabei wurde *Technophobie* als ein umfassendes Konzept Technologie-bezogener Angst eingeführt. Anhand des *State-Trait-Modells* der Angst und der *interaction theory of anxiety* wurde die bislang kaum genutzte Möglichkeit der Einordnung von Technophobie in ein theoretisches Gesamtkonzept der Angst aufgezeigt. Es wurden Selbstberichts-Instrumente zur Messung von Aspekten der Angst vorgestellt. Außerdem wurde ein möglicher Einfluss von Technophobie auf die Leistung bei der Nutzung von neuartigen Eingabegeräten im Rahmen des *cognitive interference model of computer anxiety (CIM-CA)* erörtert (I. 4). Abschließend wurde auf *Akzeptanz* als Erfolgsmaß einer Technologie eingegangen und mit dem *technology acceptance model (TAM)* ein Erklärungsmodell vorgestellt. Die Notwendigkeit, auch affektive Komponenten wie Technophobie in das Modell aufzunehmen, wurde empirisch untermauert. Es wurde auf Validitätsprobleme bei einer indirekten Bestimmung der Akzeptanz über Einstellungen und Intentionen hingewiesen und mit der *künstlichen Entscheidungsaufgabe (KEA)* ein potentiell valideres Verfahren vorgeschlagen (I. 5).

Wie bereits angesprochen, sind die beschriebenen Aspekte *Lernen*, *Technophobie* und *Akzeptanz* nicht isoliert zu betrachten, vielmehr werden sie in dieser Arbeit als bedeutende, zueinander in Bezug stehende Determinanten für die Benutzung und Evaluation neuartiger Eingabegeräte angesehen. Dieses Beziehungsgeflecht soll auf Basis der zuvor aufgeführten theoretischen Grundlagen quantitativ und qualitativ exploriert werden.

I. 6.2 Hypothesen und Fragestellungen

Es sollen sowohl kausale als auch korrelative Zusammenhänge der Faktoren *Lernen* (abgebildet als *Aufgaben-Leistung*), *Technophobie* und *Akzeptanz* im Kontext der Nutzung

von neuartigen Eingabegeräten untersucht werden. Außerdem wird auch auf einige qualitativ-explorative Fragestellungen eingegangen. Als neuartiges Eingabegerät wird ein Laserpointer-Eingabegerät zum Einsatz kommen, für das die *Vtn* in dieser Untersuchung keine Vorerfahrungen besitzen.

Im Bereich des Faktors *Lernen* bei der Leistungsmessung von Eingabegeräten baut die Untersuchung auf Bieg (2008) auf, der in seiner Arbeit Leistungsverbesserungen in einer Antick-Aufgabe dokumentieren konnte, die entsprechend dem *power law of practice* durch eine *Potenzfunktion* approximiert werden konnten (vgl. Newell & Rosenbloom, 1981). Dabei setzte er mehrere Übungsblöcke ein, die er auf fünf aufeinander folgende Tage verteilte, um sicherzustellen, dass *Lernen* im Sinne einer Konsolidierung von Übungseffekten stattfindet. Die vorliegende Arbeit untersucht die Hypothese, dass reliable Lerneffekte in Form einer Potenzfunktion auch bei *kurz* aufeinanderfolgenden Übungsblöcken in einer Antick-Aufgabe auftreten – die ökonomisch ungünstige Verteilung von Übungsblöcken auf mehrere Tage also gar nicht notwendig ist (Hypothese *H1a*). Diese Hypothese stützt sich auf die Befunde von Donovan & Radosovich (1999), nach denen für motorische Aufgaben geringer bis mittlerer Komplexität Übungspausen im Minutenbereich zu optimalen Lernergebnissen führen und eine fortlaufende Leistungsmessung zu annähernd den gleichen Ergebnissen kommt, wie eine Messung nach einer längeren "Konsolidierungs-Pause". Neu eingeführt wird in dieser Untersuchung ein möglicher Faktor "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*". Es wird angenommen, dass die Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes als '*technologisch*' vs. '*neutral*' zu Leistungsunterschieden im Übungsverlauf einer Antick-Aufgabe führt (Hypothese *H1b*). Dabei wird davon ausgegangen, dass die Beschreibung als '*technologisches*' Eingabegerät tendenziell zu einer geringeren Leistung führt als eine '*neutrale*' Beschreibung⁶. Dies wird über eine mögliche Aktivierung Technologie-bezogener Angstfaktoren (*Technophobie*) erklärt, die gemäß dem *CIM-CA* (Smith & Caputi, 2007) zu einem Effizienzverlust bei der Bearbeitung von Aufgaben führen können. Da es sich bei dem verwendeten Leistungsmaß (*IPe*) um ein kombiniertes Maß aus Effektivität (Genauigkeit) und Effizienz (Geschwindigkeit, bzw. Bewegungszeit) handelt, sollte ein solcher Effizienzverlust in der so gemessenen Leistung reflektiert sein. Bei der Analyse der Hypothesen *H1a*

6 Bei einer Beschreibung als '*technologisch*' werden *nicht* etwa technologische Details des Eingabegerätes beschrieben, sondern dem Gerät lediglich *per se* das Attribut '*technologisch*' zugewiesen. Nur auf diese Weise kann *Technologie* als ein *umfassender* Faktor repräsentiert werden und eine gewisse Generalisierbarkeit von Befunden ermöglicht werden. Außerdem können Konfundierungseffekte in einer experimentellen Manipulation (z.B. Länge der Beschreibung) vermieden werden.

und *H1b* sollen auch die Charakteristika der Einzelkomponenten der Leistung *Bewegungszeit*, *Genauigkeit* und *Fehlerrate* (*Fehlerrate* ist nicht im *IPe* reflektiert) dargestellt werden.

In diesem Kontext soll in einer qualitativ-explorativen Fragestellung der Verlauf des emotionalen Befindens der *VTn* untersucht werden, während sie mehrere Übungsdurchgänge einer Antick-Aufgabe mit einem Laserpointer-Eingabegerät absolvieren. Zu diesem Zweck soll das *SAM* (Bradley & Lang, 1994; s. I. 4.3) wiederholt eingesetzt werden und das Befinden der *VTn* auf den Dimensionen *Valenz*, *Aktiviertheit* und *Dominanz* im Zeitverlauf abgebildet werden. Dabei sollen möglicherweise auffällige Trendmuster identifiziert werden, die z.B. Anhaltspunkte für Ermüdung oder Motivationsverlust der *VTn* liefern.

Die in Hypothese *H1b* implizierte Aussage, dass der Technologie-Bezug in der Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes Auswirkungen auf Aspekte der Angst haben könnte, soll geprüft werden. Dabei wird von einem *State-Trait-Angstmodell* ausgegangen (Laux, Glanzmann, Shaffner, & Spielberger, 1981; s. I. 4.2). Es wird postuliert, dass Technologie-Betonung in der Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes zu einem Anstieg der State-Angst führt (Hypothese *H2a*). Demzufolge werden höhere Werte des *STAI-State* und eine Kombination aus negativeren *Valenz*- und höheren *Aktiviertheits*-Werten des *SAM* vorhergesagt (vgl. I. 4.3). Entsprechend dem *interaction model of anxiety* (Endler, Edwards, & Vitelli, 1991; s. I. 4.2) wird darüber hinaus vorhergesagt, dass der Anstieg der State-Angst besonders stark für Personen mit einer hohen Ausprägung des implizierten Konstrukts der *Trait-Technophobie* (gemessen mittels *TATS*) ausfällt, da die Betonung von Technologie *kongruent* zur spezifischen Disposition dieser Personen ist, in technologisch geprägten Situationen Angst zu empfinden (Interaktionshypothese *H2b*). Ein vergleichbarer Interaktionseffekt von allgemeiner Trait-Angst (gemessen mittels *STAI-Trait*) und dem Faktor "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*" auf die State-Angst wird hingegen nicht erwartet, da die Kongruenz zwischen *spezifischer* Trait-Angst-Dimension und Situation gemäß dem *interaction model of anxiety* nicht erfüllt wird.

In Verbindung zu den Hypothesen *H1a/b* und *H2a/b* soll schließlich der Zusammenhang zwischen State-Angst und Leistung (gemessen als *IPe*) analysiert werden. Es wird vermutet, dass State-Angst – wie durch das *CIM-CA* vorhergesagt – mit einer niedrigeren Aufgabenleistung aufgrund von Effizienzverlust einhergeht (Hypothese *H3*). Demzufolge sollte eine negative Korrelation von *STAI-State* mit dem Leistungsmaß *IPe* nachzuweisen sein.

Weiterhin werden die Zusammenhänge des in dieser Arbeit vertretenen State-Trait-Angstmodells und des formulierten Konstrukts der *Trait-Technophobie* untersucht, welches auf dem *interaction model of anxiety* sowie den Befunden von Gaudron & Vignoli (2002) basiert. Dazu sollen Korrelationen zwischen Messinstrumenten der State-Angst (*STAI-State*), der 'allgemeinen' Trait-Angst (*STAI-Trait*) und der vermuteten *Trait-Technophobie* (*TATS*) berechnet werden. Es wird erwartet, dass sowohl *STAI-Trait* als auch *TATS* einen positiven Zusammenhang zu *STAI-State* zeigen, wohingegen kein signifikanter Zusammenhang zwischen *STAI-Trait* und *TATS* erwartet wird (Hypothese *H4a*). Diese Hypothese stützt sich auf die Annahme, dass die Untersuchungssituation sowohl Komponenten enthält, die für Personen mit 'allgemeiner' Trait-Angst bedrohlich wirken (z.B. möglicher Prüfungscharakter der Situation) als auch Komponenten, die vor allem für Personen mit *Trait-Technophobie* bedrohlich wirken (Benutzung eines Eingabegerätes vor einem Großbildschirm). In beiden Fällen wird ein Anstieg der State-Angst erwartet. Die Demonstration eines positiven Zusammenhanges der *TATS* mit dem *STAI-State* in einer Technologie-geprägten Situation *unabhängig* vom *STAI-Trait* könnte als erster Hinweis für die *diskriminante Validität* des in der *TATS* operationalisierten Konstruktes der *Trait-Technophobie* gegenüber dem Konstrukt 'allgemeiner' Trait-Angst gewertet werden.

Im Zusammenhang mit der Erfassung von Aspekten der Angst soll außerdem ein möglicher Bezug zur *Akzeptanz* des in dieser Arbeit verwendeten Laserpointer-Eingabegerätes hergestellt werden. Die 'tatsächliche' Akzeptanz wird mit einer *künstlichen Entscheidungsaufgabe* (*KEA*, s. I. 5.2) gemessen. Gemäß den Vorhersagen des *technology acceptance model* (*TAM*; Davis, 1993) und ergänzenden Befunden zur Bedeutung affektiver Komponenten (Igarria & Parasuraman, 1989; Venkatesh, 2000), wird davon ausgegangen, dass bestimmte Angstkomponenten einen Einfluss auf die Akzeptanz des Eingabegerätes haben. Spezifisch wird vorhergesagt, dass State-Angst (*STAI-State*) und *Trait-Technophobie* (*TATS*) in einem negativen Zusammenhang zur Akzeptanz eines neuartigen Laserpointer-Eingabegerätes stehen, wohingegen für 'allgemeine' Trait-Angst (*STAI-Trait*) kein solcher Zusammenhang erwartet wird (Hypothese *H4b*). Dem liegen die angesprochenen Studien zugrunde, nach denen sich Angst im Rahmen des *TAM* direkt oder indirekt negativ auf die *Einstellung* oder *Nutzungsintention* zu einem technologischen Gerät auswirkt⁷. Ein Einfluss ist jedoch nur für

⁷ Von einem sehr starken Zusammenhang wird jedoch nicht ausgegangen, da – wie bereits diskutiert (s. I. 5.2) – empirische Befunde nahelegen, dass der Einfluss von Einstellungen und Intentionen auf tatsächliches Verhalten (wie in der *KEA* gemessen) begrenzt ist.

die Aspekte der State- und Trait-Angst anzunehmen, die sich auch auf ein betrachtetes technologisches Gerät beziehen (*Technophobie*), weshalb für 'allgemeine' Trait-Angst (*STAI-Trait*) keine nachweisbare Beziehung zur Akzeptanz erwartet wird.

Die beschriebenen Hypothesen dieser Arbeit sind in Tabelle I-1 zusammengefasst und in ihrem Konstrukt- und messtheoretischen Zusammenhang in Abbildung I-8 dargestellt (mit Ausnahme von *H2b*).

H1a	<p>[1] Die Übung einer Antick-Aufgabe mit einem neuartigen Eingabegerät führt auch bei kurz aufeinander folgenden Übungsblöcken zu Leistungsverbesserungen,</p> <p>[2] deren Verlauf durch eine Potenzfunktion mit hoher Varianzaufklärung approximiert werden kann (d.h. die Varianzaufklärung ist höher als die einer linearen Funktion).</p>
H1b	Die Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes als ein "technologisches Gerät" führt zu einer geringeren Leistung in einer Antick-Aufgabe mit diesem Gerät als eine neutrale Beschreibung.

H2a	Die Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes als ein "technologisches Gerät" führt zu höherer State-Angst als eine neutrale Beschreibung .
H2b	<p>[1] Die Ausprägung der <i>Trait-Technophobie</i> einer Person <i>interagiert</i> mit dem Faktor "<i>Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes</i>": Eine <i>Subgruppe</i> von <i>VTn</i> mit einer Ausprägung der <i>Trait-Technophobie</i> oberhalb des Stichproben-Medians zeigt in Kombination mit der Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes als "technologisches Gerät" eine höhere State-Angst als die <i>Gesamtgruppe</i> der <i>VTn</i> in dieser Bedingung.</p> <p>[2] Ein vergleichbarer Effekt ist hingegen für eine Subgruppe von <i>VTn</i> mit einer Ausprägung der 'allgemeinen' Trait-Angst oberhalb des Stichproben-Medians <i>nicht</i> nachweisbar.</p>

H3	State-Angst korreliert negativ mit der Leistung in einer Antick-Aufgabe.
-----------	--

H4a	<p>[1] 'Allgemeine' Trait-Angst korreliert positiv mit State-Angst.</p> <p>[2] <i>Trait-Technophobie</i> korreliert positiv mit State-Angst.</p> <p>[3] Es gibt keine signifikante Korrelation zwischen 'allgemeiner' Trait-Angst und <i>Trait-Technophobie</i>.</p>
H4b	<p>[1] State-Angst korreliert negativ mit der Akzeptanz eines neuartigen Eingabegerätes</p> <p>[2] <i>Trait-Technophobie</i> korreliert negativ mit der Akzeptanz eines neuartigen Eingabegerätes.</p> <p>[3] Es gibt keine signifikante Korrelation zwischen 'allgemeiner' Trait-Angst und der Akzeptanz eines neuartigen Eingabegerätes.</p>

Tabelle I-1: Überblick der Hypothesen dieser Arbeit. Enthält eine Hypothese mehrere Einzelaussagen (Subhypothesen), so sind diese in eckigen Klammern durchnummeriert.

II. METHODE

II. 1 Stichprobe

II. 1.1 Stichprobenmethode

Die Versuchsteilnehmer (*VTn*) wurden über Aushänge an der Universität Konstanz rekrutiert. Dabei handelt es sich um ein unkontrolliertes, nicht-zufälliges Stichprobenverfahren, wodurch repräsentative Generalisierungen von Versuchsergebnissen auf Gesamt- oder Teilpopulationen unzulässig sind.

II. 1.2 Versuchsteilnehmer

Rekrutiert wurden 32 *VTn* (25 weiblich, 7 männlich). Ihr Alter lag zwischen 20 und 53 Jahren bei einem Durchschnittsalter von 24,8 Jahren; die Standardabweichung betrug 6,8 Jahre. Bis auf einen Fall waren alle *VTn* Studenten. Keiner von ihnen hatte zuvor an einer vergleichbaren Studie teilgenommen. Alle verfügten über normale oder korrigierte Sehfähigkeit sowie volle Funktionsfähigkeit der dominanten Hand. Die Teilnehmer erhielten eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 15,- Euro oder 2,5 Versuchspersonenstunden.

II. 2 Versuchsbedingungen

II. 2.1 Faktoren

Die Untersuchung beinhaltete zwei Faktoren: Den *between-subjects*-Faktor "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*" mit den 2 Versuchsbedingungen "*Technologie-neutral*" und "*Technologie-Betonung*" sowie den *within-subjects*-Faktor '*Übung*', der aus 7 Aufgabenblöcken in einer Antick-Aufgabe bestand.

II. 2.2 Randomisierung

Die Randomisierung des *between-subjects*-Faktors erfolgte als *balancierte Block-Randomisierung*: Die projektierte Gesamtzahl der *VTn* wurde in 4 Blöcke zu je 8 *VTn* aufgeteilt. Innerhalb jedes Blocks wurden die *VTn* nach dem Zufallsprinzip einer der beiden Versuchsbedingungen zugewiesen⁸.

II. 3 Versuchsgerät / Erhebungsinstrumente

II. 3.1 Die 'Powerwall'

Die *Powerwall* der Universität Konstanz ist ein hochauflösender Rückprojektions-Großbildschirm mit Abmessungen von 5,20 x 2,15m und einer absoluten Auflösung von 4640 x 1920 Pixeln. Die relative Auflösung beträgt ca. 22,7 ppi⁹. Der darzustellende Bildinhalt wird durch insgesamt acht synchronisierte LCD-Projektoren rückwärtig auf einen Bildschirm projiziert.

II. 3.2 Eingabegerät

Als Eingabegerät wurde ein an der Universität Konstanz von der Arbeitsgruppe Mensch-Computer-Interaktion entwickeltes *Laserpointer-Eingabegerät* verwendet. Das Gerät besteht aus einem lang gestreckten Metallgehäuse mit Leitungskabel und drei Knöpfen, in welchem ein Niedrigenergie-Infrarot-Laser verbaut ist (s. Abbildung II-1). Wird der Laserstrahl auf die Mattscheibe der *Powerwall* gerichtet, so kann sein Auftreffpunkt durch drei hinter der Mattscheibe installierte Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Kameras erfasst und die

8 Diese Randomisierungsmethode wurde angewendet, um Effekte durch extern bedingte globale Veränderungen der affektiven Disposition der *VTn* im Zeitverlauf zu minimieren: Der Rekrutierungszeitraum der überwiegend studentischen Stichprobe erstreckte sich vor und während der Prüfungszeit. Dadurch war ein globaler Trend in der affektiven Disposition nicht auszuschließen ('Prüfungsstress'). Die relativ hohe Aufwandsentschädigung konnte dazu führen, dass auch *VTn*, die im Normalfall während der Prüfungszeit nicht an einer Studie teilnehmen würden, an der vorliegenden Studie teilnahmen. - Wäre über die Gesamtzahl der *VTn* randomisiert worden, so hätten sich Verteilungsmuster ergeben können, die eine große Zahl von *VTn* zu zeitlich nah beieinander liegenden Zeitpunkten derselben Versuchsbedingung zuweist. Wenn sich dieser Zeitraum mit der Prüfungszeit deckt, wäre ein systematischer Einfluss der externen Umweltvariable 'Prüfungsstress' auf eine der Versuchsbedingungen möglich (z.B. Erhöhung der Angst). Dieses wird durch eine balancierte Block-Randomisierung vermindert, da zufällig zeitlich gehäufte Verteilungsmuster nur innerhalb eines Blocks und nicht mehr über alle *VTn* möglich sind.

9 ppi = "pixel per inch". 1 Inch = 2,54 cm.

dazu korrespondierenden Bildschirmkoordinaten berechnet werden. An diesen Koordinaten wird dann ein entsprechender Zeiger (Pfeil, Fadenkreuz) auf der auf dem Bildschirm sichtbaren Benutzeroberfläche dargestellt. Aufgrund des Infrarot-Spektrums des Lasers ist der durch ihn verursachte Leuchtpunkt für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar, wodurch ein Benutzer des Eingabegerätes ausschließlich den softwareseitig dargestellten Zeiger sieht. Die Latenzzeit dieses Systems liegt mit 15-25 ms unterhalb der Wahrnehmungsschwelle der meisten Benutzer. Zur Kompensation des Handtremors verfügt das System außerdem über speziell angepasste Filter-Algorithmen, welche flüssige Bewegungen und genaues Zielen auf einen Punkt erleichtern. Mittels der eingebauten Knöpfe können mit dem Laserpointer-Eingabegerät Auswahl-Operationen durchgeführt werden, die denen einer Computer-Maus gleichen. Detaillierte Informationen zu Spezifikationen und Entwicklungsgrundlagen des Laserpointer-Eingabesystems finden sich bei König et al. (König, Bieg, Schmidt, & Reiterer, 2007; König, Bieg, & Reiterer 2007). Keiner der *VTn* hatte Vorerfahrungen mit dem Laserpointer-Eingabegerät (Ausschlusskriterium für die Teilnahme an der Untersuchung).



Abbildung II-1: Das verwendete Laserpointer-Eingabegerät der Forschungsgruppe Mensch-Computer-Interaktion an der Universität Konstanz.

II. 3.3 Instruktionen und experimentelle Manipulation

Die allgemeinen Instruktionen zum Versuch sowie die experimentelle Manipulation erfolgten in schriftlicher Form. Sonstige mündliche Anweisungen bei der Demonstration des Eingabegerätes und der experimentellen Aufgaben wurden für alle *VTn* so weit wie möglich standardisiert gegeben. Die schriftlichen Instruktionen sind im Appendix aufgeführt.

II. 3.4 Fragebögen

Alle Fragebögen lagen in deutscher Sprache vor. Zur Messung von Aspekten der Angst wurde das *State-Trait-Angstinventar (STAI-G)*, Laux, Glanzmann, Schaffner & Spielberger, 1981) mit den beiden Fragebögen *STAI-State* und *STAI-Trait*, die *Technologie-Angst-Trait-Subskala (TATS)*, siehe I. 4.3) sowie das *Self-Assessment Manikin (SAM)*, Bradley & Lang, 1994) eingesetzt. Die Instruktion des *STAI-State* wurde um eine Bezugnahme auf das zu benutzende Eingabegerät ergänzt. Die theoretischen Grundlagen und Eigenschaften dieser Fragebögen sind in der Einleitung unter I 4.2 und I 4.3 dargestellt.

Auf einem zusätzlichen Fragebogen wurde Häufigkeit und Dauer der Computer-Nutzung sowie die demographischen Angaben *Geschlecht*, *Alter* und *beruflicher Status* abgefragt. Der komplette Fragebogensatz ist im Appendix aufgeführt.

II. 3.5 Die "künstliche Entscheidungsaufgabe" (KEA)

Um die Akzeptanz der *VTn* für das verwendete Laserpointer-Eingabegerät unter möglichst realistischen Bedingungen zu erfassen, wurde eine *künstliche Entscheidungsaufgabe (KEA)*, siehe I. 5.2) eingesetzt: Den *VTn* wurde nach Abschluss der Aufgabenblöcke mitgeteilt, dass noch eine weitere, kurze Aufgabe an der *Powerwall* durchzuführen sei, welche thematisch jedoch zu einer anderen Studie gehöre und deshalb nichts mit der zuvor durchgeführten Aufgabe zu tun habe. Die *VTn* wurden hierbei vor die Wahl gestellt, ob sie diese neue Aufgabe mit dem zuvor genutzten Laserpointer-Eingabegerät oder mit einer allgemein gebräuchlichen Computer-Maus durchführen wollten. Dabei wurde die völlige Freiheit dieser Wahlentscheidung betont. Tatsächlich fand jedoch nach der Entscheidung der *VTn* für eines der Eingabegeräte keine weitere Aufgabe statt. Zweck der *KEA* war einzig das Herbei-

führen einer *tatsächlichen* Entscheidung für eines der Eingabegeräte, anstatt lediglich Einstellungen oder Nutzungsintentionen abzufragen. Die Instruktion der verwendeten *KEA* ist in Appendix J aufgeführt.

II. 4 Aufgabe und Reizmaterial

II. 4.1 Die Antick-Aufgabe

Die Aufgabe, die von den *VTn* durchzuführen war, ähnelte in Grundzügen einer *multi-direktionalen Antick-Aufgabe* ("*multi-directional tapping-test*") gemäß ISO 9241-9 (ISO, 2000, Annex B; s. I. 2.4). Das grundlegende Unterscheidungsmerkmal zum Aufgabentyp nach ISO 9241-9 besteht darin, dass der mit dem Eingabegerät bediente Zeiger nach jedem 'Anticken' wieder auf eine zentrierte Startposition zurückgeführt werden muss, bevor ein neues Ziel erscheint – es handelt sich also um eine *diskrete* Antick-Aufgabe gegenüber einer *kontinuierlichen* in ISO 9241-9. Außerdem werden Größe, Abstand und Zeit bis zum Erscheinen jedes einzelnen Ziels innerhalb bestimmter Vorgaben zufällig variiert. So ist eine Antizipation der Ziel-Eigenschaften durch den *VTn* nicht möglich.

In der Aufgabe bewegt der *VTn* mit dem Eingabegerät einen Zeiger (Fadenkreuz) zunächst auf eine permanent durch einen Kreisumriss markierte Startposition in der Mitte des Bildschirms. Daraufhin erscheint nach einer zufälligen Latenz zwischen 250-750ms das Zielobjekt – ein hellgrauer, gefüllter Kreis¹⁰. Sobald dieser 'Zielkreis' erscheint, soll der *VTn* mit dem Eingabegerät den Zeiger so schnell *und* so genau wie möglich auf dem Zielkreis positionieren und durch Drücken einer Taste auf dem Eingabegerät den Zielkreis *anticken*. Wenn die Taste gedrückt worden ist, verschwindet der Zielkreis – unabhängig davon, ob ein 'Treffer' erzielt wurde (d.h. der Zeiger befindet sich beim Drücken der Taste innerhalb des Zielkreises) oder nicht. Wurde kein Treffer erzielt, ertönt ein kurzer Signalton, der auf den Fehler hinweist. Damit ein neuer Zielkreis erscheint, muss der *VTn* den Zeiger erneut auf die als Kreisumriss markierte Startposition bewegen – und so fort. Abbildung II-2 zeigt den Ablauf einer solchen '*Antick-Einzelreaktion*' im Zeitverlauf. Insgesamt waren in der Studie in jedem der insgesamt 7 Übungsblöcke 180 dieser Antick-Einzelreaktionen auszuführen, wobei

¹⁰ Hat der *VTn* den Zeiger aus der Startposition bewegt, bevor ein Ziel sichtbar wurde, so wird das Erscheinen eines Ziels verhindert, bis der Zeiger sich wieder in der Startposition befindet. Die Latenz bis zum Erscheinen eines Ziels wird in diesem Fall erneut zufällig bestimmt.

Durchmesser und Abstand der Zielkreise zufällig variiert wurden (s. II. 4.2).

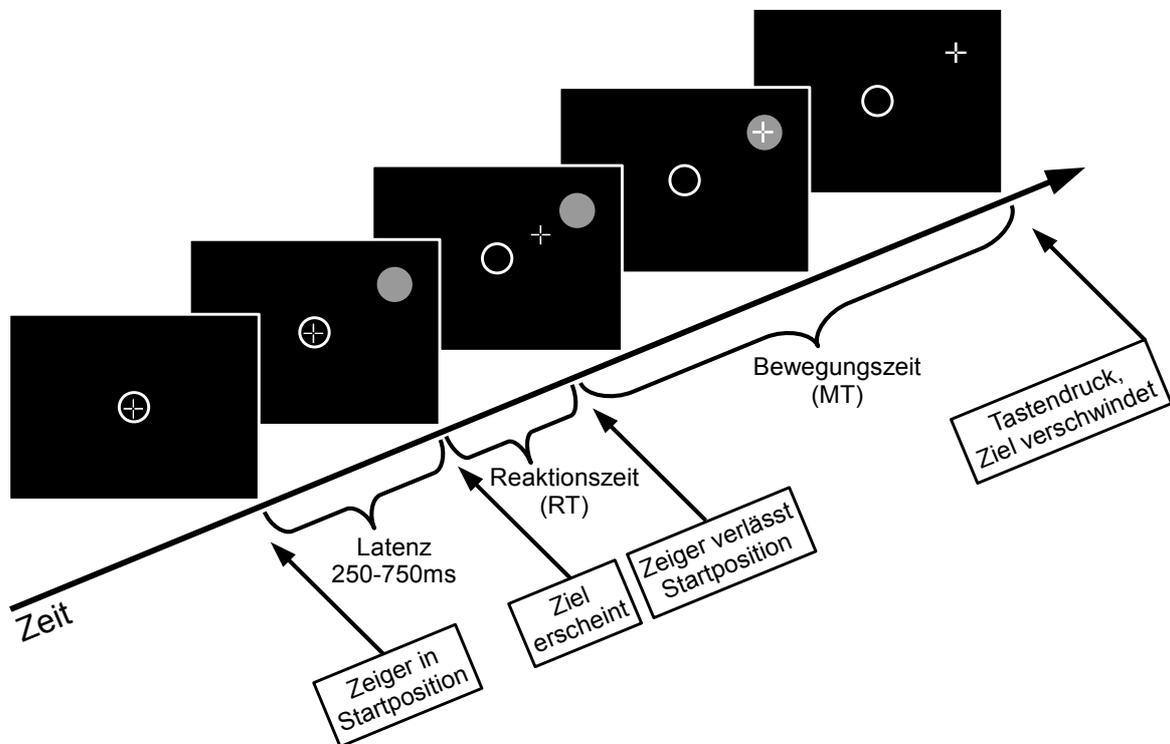


Abbildung II-2: Ablauf einer Antick-Einzelreaktion.

Bei der für die Umsetzung der Aufgabe genutzten Software handelte es sich um eine modifizierte Version der von Bieg (2008) entwickelten "Bubble Test"-Anwendung. Im Unterschied zu der ursprünglich von Bieg verwendeten Anwendung beinhaltete die in dieser Untersuchung genutzte Version weder Feedback-Mitteilungen, noch ansprechende grafische Szenarien. Diese Modifikationen waren nötig, da der Untersuchungsgegenstand Aspekte der Angst beinhaltete und deshalb Aufgabe und Reizmaterial möglichst neutral wahrgenommen werden sollten um potentiell konfundierende Einflüsse auf den emotionalen Zustand der *VTn* zu vermeiden. Die Versuchsanordnung mit der verwendeten Anwendung auf der *Powervall* ist in Abbildung II-3 zu sehen.



Abbildung II-3: Versuchsraum mit *Powerwall*, Versuchsanordnung und Antick-Aufgabe.

II. 4.2 Reizmaterial

Als Reize dienten gefüllte, hellgraue Kreise auf schwarzem Hintergrund, welche randomisiert mit einem Durchmesser von 40, 80 oder 160 Pixeln (Zielbreite, W) und einem Abstand (A) von 400, 1000 oder 1800 Pixeln zwischen Kreismittelpunkt und dem Bildschirm-Mittelpunkt präsentiert wurden. Die Bildschirmmitte war durch einen weißen Kreisumriss markiert (die 'Startposition'). Die VTn standen in 3 m Abstand zum Bildschirm. Aus dieser Konfiguration ergeben sich Sehwinkel¹¹ von $0,86^\circ$, $1,71^\circ$ und $3,42^\circ$ für die Zielbreite (W) und Sehwinkel von $8,54^\circ$, $10,57^\circ$ und $18,57^\circ$ für die Abstände (A) der Reize von der Bildschirmmitte.

11

Sehwinkel $\alpha = 2 \cdot \arctan\left(\frac{h}{2 \cdot d}\right)$ mit h Reizausdehnung und d Abstand zum Reizmaterial.

Ein Pixel auf der *Powerwall* entspricht ca. 1,12 mm.

II. 5 Durchführung

II. 5.1 Ethische Aspekte

Da bei der Untersuchung potentiell aversive Emotionen induziert wurden und auch ein Täuschungsversuch (s. II. 3.5., *künstliche Entscheidungsaufgabe (KEA)*) angewendet wurde, kommt der Gewährleistung einer für die Teilnehmer schadlosen Versuchsdurchführung besondere Bedeutung zu (vgl. Baumrind, 1985). Die Täuschung wurde vom Versuchsleiter (*VL*) als akzeptabel erachtet, da sie kein falsches oder negatives Feedback bezüglich Persönlichkeitseigenschaften der *VTn* beinhaltete.

Alle Teilnehmer wurden vor Beginn des Versuchs über die Freiwilligkeit ihrer Teilnahme und ihr Recht aufgeklärt, den Versuch jederzeit abbrechen zu können, ohne Nachteile befürchten zu müssen. Alle *VTn* wurden bereits vor Beginn des Versuchs aufgeklärt, dass sie die Löschung der von ihnen gesammelten Informationen auch nach Ende der Untersuchung verfügen konnten. Nach Abschluss der Untersuchung wurden die Teilnehmer über Sinn und Notwendigkeit der Täuschung sowie über alle wesentlichen experimentellen Sachverhalte aufgeklärt. Außerdem wurden die Teilnehmer ermutigt, Fragen und Kritik zu äußern. Die Versuchsdurchführung entspricht daher den ethischen Empfehlungen der American Psychological Association (APA, 2002, para. 8.07 & 8.08).

II. 5.2 Doppel-Blind-Verfahren

Die Durchführung des Versuchs erfolgte im *Doppel-Blind-Verfahren*: Weder die *VTn* noch der *VL* waren über die im Einzelfall vorliegende Experimentalbedingung informiert. Die *VTn* waren außerdem nicht informiert, dass es überhaupt eine experimentelle Manipulation gab. Da die experimentelle Manipulation in schriftlicher Form erfolgte, konnte der *VL* diese ohne eigene Einsichtnahme dem jeweiligen *VTn* vorlegen. Die Randomisierung wurde bereits im vorhinein durchgeführt. Durch diese Methode war es dem *VL* unmöglich, die Wahrscheinlichkeit des Vorliegens einer bestimmten Versuchsbedingung besser als zufällig zu schätzen¹².

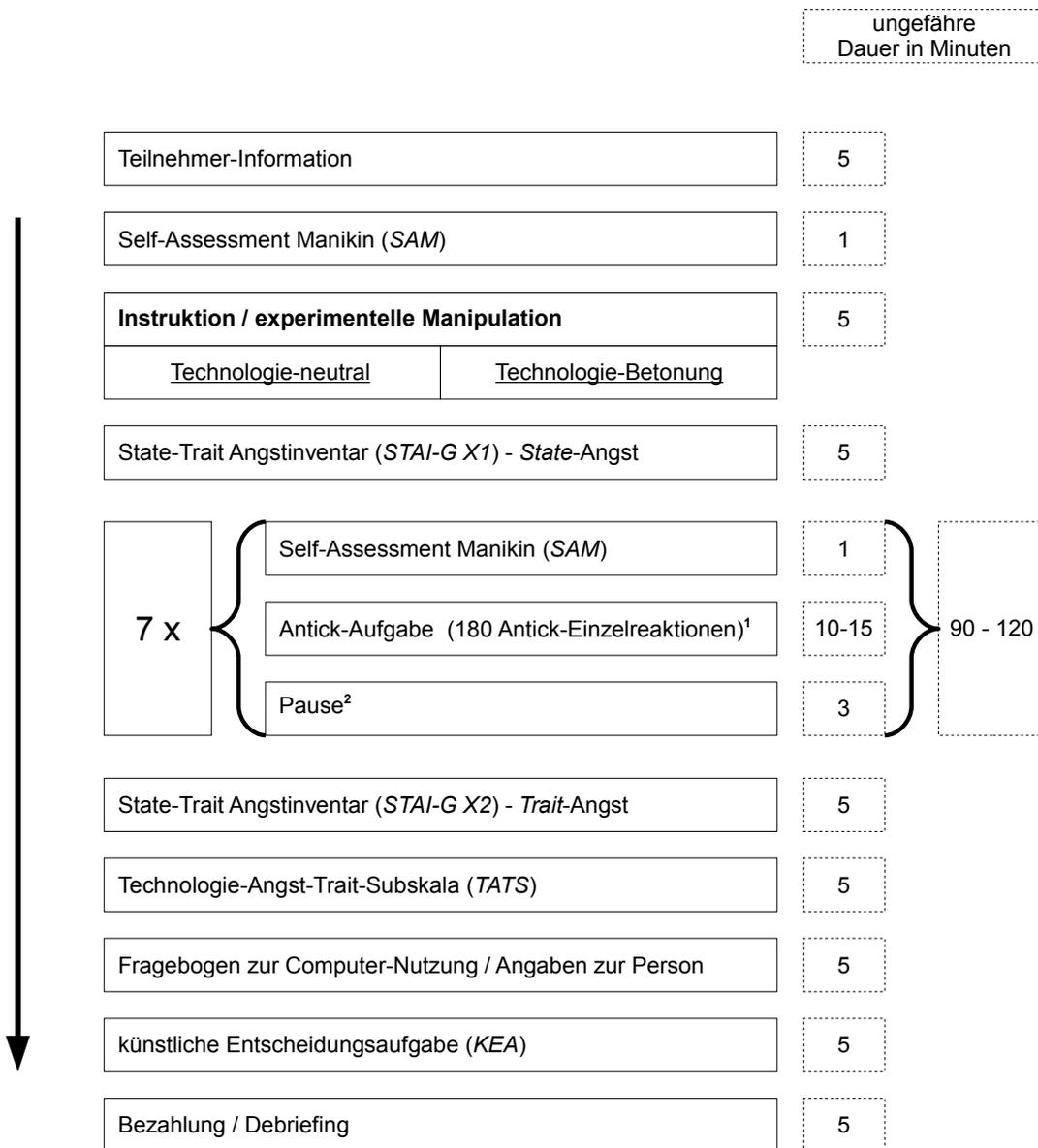
¹² Die Anwendung des Doppel-Blind-Verfahrens erhöht die interne Validität des Versuchs, indem Erwartungseffekte ausgeschlossen werden können, die zu systematischen Verzerrungen des Antwort- und Reaktionsverhaltens führen können (s. Rosenthal, 1994).

II. 5.3 Ablauf

Die Untersuchung wurde in einer Einzelsitzung mit einer Gesamtdauer zwischen 1h 50min und 2h 30min durchgeführt – abhängig davon, wie schnell ein *VTn* die Aufgabe und die Fragebögen bearbeitete.

Abbildung II-4 zeigt den allgemeinen Ablauf der Untersuchung: Die *VTn* wurden vom *VL* begrüßt und in den Versuchsraum gebeten, wo sie zunächst an einem seitlich zur *Powerwall* an der Wand stehenden Tisch Platz nahmen. Dort erhielten sie die Teilnehmer-Information (Appendix A), in der sie über die Grundzüge der Untersuchung und ihre Rechte aufgeklärt wurden. Stimmt die *VTn* einer Teilnahme zu, füllten sie zunächst ein *SAM* aus (Appendix B). Im Anschluss erhielten sie die Instruktion zu der Antick-Aufgabe, die sie mit dem Laserpointer-Eingabegerät ausführen sollten. Die *VTn* wurden angehalten, die Instruktion genau durchzulesen. Die Instruktion beinhaltete auch die experimentelle Manipulation, in der das Eingabegerät entweder als ein "entsprechend geeignetes" oder als ein "technologisch hochentwickeltes" Laser-Eingabegerät beschrieben wurde (Appendix C). Hieraus ergeben sich die 2 Versuchsbedingungen "*Technologie-neutral*" und "*Technologie-Betonung*". Anschließend füllten die *VTn* den *STAI-State* Fragebogen aus (*STAI-G XI*, Appendix D).

Daraufhin folgten insgesamt 7 Iterationen eines Versuchsblocks, der aus dem Vorlegen des *SAM* (Appendix E), 180 Einzelreaktionen in der eigentlichen Antick-Aufgabe sowie einer 3-minütigen Pause bestand. Vor der erstmaligen Durchführung der Antick-Aufgabe präsentierte der *VL* den *VTn* das zu benutzende Laserpointer-Eingabegerät und erklärte die aufgabenrelevanten Funktionen '*Zielen*' und '*Anticken*'. Es folgte die Beschreibung des allgemeinen Ablaufs der Antick-Aufgabe, sowie eine kurze Demonstration durch den *VL*. Die *VTn* wurden angewiesen, aufrecht zu stehen, das Eingabegerät mit der dominanten Hand zu führen und den Abstand zum Bildschirm – gemäß einer Markierung am Boden – gleichbleibend einzuhalten. Während der Durchführung der Antick-Aufgabe verließ der *VL* den Versuchsraum, um eine Ablenkung oder mögliche Ängste vor einer Leistungsevaluation bei den *VTn* gering zu halten. Nach Beendigung eines Aufgabenblocks und der nachfolgenden Pause, öffneten die *VTn* die Tür des Versuchsraumes, und der *VL* legte ihnen ein weiteres *SAM* für den nächsten Durchgang vor. Die *VTn* wurden vor jedem Aufgabenblock nochmals gesondert darauf hingewiesen, die Aufgabe so schnell *und* so genau wie möglich auszuführen.



- (1) Vor der ersten Durchführung: Einweisung, kurze Präsentation des Eingabegerätes und Demonstration der Aufgabe durch den VL.
- (2) Keine Pause nach dem letzten Aufgabenblock.

Abbildung II-4: Ablauf der Untersuchung.

Nach Beendigung des 7. und letzten Aufgabenblocks wurde den *VTn* unter Wegfall der Pause zunächst der *STAI-Trait* (*STAI-G X2*, Appendix F) und anschließend die *TATS* (Appendix G) vorgelegt. Außerdem beantworteten die *VTn* den Fragebogen zu Computer-Nutzung und demographischen Angaben (Appendix H). Zum Abschluss der Datenerhebung

folgte schließlich die *KEA* (s. II. 3.5; Appendix J). Die *VTn* wurden über den Zweck der Täuschung im Rahmen der *KEA* sowie über den Untersuchungsgegenstand aufgeklärt und erhielten ihre Aufwandsentschädigung. Darüber hinaus wurden sie ermutigt, Fragen und Kritik zu äußern.

II. 6 Messwerte

II. 6.1 Gemessene Variablen

Bei den in der Untersuchung gemessenen Variablen handelte es sich einerseits um von den *VTn* berichtete Angaben (Fragebögen), andererseits um automatisch erhobene Leistungsdaten während der bearbeiteten Antick-Aufgabe. Eine Übersicht der in der vorliegenden Untersuchung gemessenen Variablen ist in Tabelle II-1 (Fragebögen und *KEA*) und Tabelle II-2 (Leistungsdaten) zu finden.

Variable	Kürzel	Wertebereich
SAM Wert der <i>Valenz</i> -Dimension, 8 Messzeitpunkte (0-7)	<i>SAM-V</i>	1 – 9
SAM Wert der <i>Aktiviertheits</i> -Dimension, 8 Messzeitpunkte (0-7)	<i>SAM-A</i>	1 – 9
SAM Wert der <i>Dominanz</i> -Dimension, 8 Messzeitpunkte (0-7)	<i>SAM-D</i>	1 – 9
STAI-G X1 Gesamtwert (State-Angst)	<i>STAI-State</i>	20 – 80
STAI-G X2 Gesamtwert (Trait-Angst)	<i>STAI-Trait</i>	20 – 80
TATS Gesamtwert	<i>TATS</i>	15 – 75
Häufigkeit der Computernutzung	-	1 – 6 ¹
Durchschnittliche Zeit der Computernutzung	-	1 – 6 ²
Anzahl genutzter technologischer Geräte	-	0 – 13 ³
künstliche Entscheidungsaufgabe	<i>KEA</i>	dichotom

(1) Kodierung der vorgegebenen Häufigkeits-Intervalle "(fast) nie", "an 1-3 Tagen im Monat", "an 1-2 Tagen in der Woche", "an 3-4 Tagen in der Woche", "an 5-6 Tagen in der Woche" und "täglich".

(2) Kodierung der vorgegebenen Nutzungszeit-Intervalle "0-1 Stunde", "1-2 Stunden", "2-3 Stunden", "3-4 Stunden", "4-5 Stunden" und "mehr als 5 Stunden".

(3) Es konnten insgesamt 13 Geräte angegeben werden.

Tabelle II-1: Übersicht der mittels Fragebogen gemessenen Variablen sowie der künstlichen Entscheidungsaufgabe (*KEA*).

Variable	Kürzel	Einheit
Bewegungszeit	<i>MT</i>	Millisekunden (ms)
Abstand des Bewegungsendpunktes (Position des Zeigers beim Anticken) zum Zielkreismittelpunkt	<i>d</i>	Pixel
Fehlerrate	<i>Error</i>	%
Reaktionszeit ¹	<i>RT</i>	Millisekunden (ms)

(1) Die Reaktionszeit wurde zur Identifikation von fehlerhaften Reaktionsabläufen gemessen (s. III. 1.1), sie spielt in den Fragestellungen dieser Untersuchung keine Rolle.

Tabelle II-2: Übersicht der während der Antick-Aufgabe gemessenen Variablen (Leistungsdaten).

II. 6.2 Berechnung des "effektiven Leistungsindex" (*IPe*)

Aus den gemessenen Bewegungszeiten (*MT*), der Standardabweichung (s_x) der gemessenen Abstände der Bewegungsendpunkte zum Zielkreismittelpunkt (*d*), sowie den in der Antick-Aufgabe variierten Parametern Ziel-Abstand (*A*) und Zielbreite (*W*) wurde der *effektive Leistungsindex (IPe)* berechnet (s. Tabelle II-3).

	Kürzel	Einheit
effektiver Leistungsindex	<i>IPe</i>	Bits / s

Berechnung

$$IPe = \frac{\sum_{i=1}^n IDe_i / MT_i}{n} \quad \text{mit } n \text{ Antick-Einzelreaktionen gleicher } A/W \text{ - Kombination,}$$

$$IDe = \log_2 \left(\frac{A}{We} + 1 \right) \quad \text{effektivem Schwierigkeitsindex,}$$

A Abstand zwischen Bildschirmmitte (Startposition) und Zielkreismittelpunkt,

We = 4.133 * s_x effektiver Größe des Ziels und

s_x Standardabweichung des Abstandes der Bewegungsendpunkte zum Zielkreismittelpunkt (*d*).

Tabelle II-3: Berechnung des effektiven Leistungsindex (*IPe*).

Der I_{Pe} -Wert wurde pro VTn und Aufgabenblock über alle Antick-Einzelreaktionen für jede der insgesamt 9 möglichen Kombinationen von W (3 Zielkreis-Durchmesser: 40, 80 und 160 Pixel) und A (3 Abstände: 400, 1000 und 1800 Pixel) getrennt berechnet. Aus den erhaltenen 9 I_{Pe} -Werten konnte der I_{Pe} -Mittelwert für jeden Aufgabenblock berechnet werden. Die theoretischen Grundlagen der Berechnung von I_{Pe} wurden in der Einleitung dargestellt (s. I. 2.4).

III. ERGEBNISSE

Für die Vorbereitung und Analyse der Daten wurde das Programm SPSS für Windows in der Version 15.0 eingesetzt.

III. 1 Vorbereitung der Daten

III. 1.1 Behandlung von Fehlern und Extremwerten in den Leistungsdaten

Bei der Durchführung der Antick-Aufgabe kam es bei insgesamt 5 Versuchsteilnehmern (*VTn*) zu Störungen durch Ausfälle des Eingabegerätes, welche in 3 der Fälle sehr schnell behoben werden konnten (innerhalb von 1-2 Minuten). In 2 Fällen erforderten die Störungen jedoch eine länger andauernde Fehlersuche – wegen der dadurch bedingten Unterbrechung der Antick-Aufgabe und möglicher Verunsicherung der *VTn* (insbesondere wegen des Untersuchungsgegenstandes *Technophobie*) wurden die Leistungsdaten dieser beiden Fälle von der weiteren Analyse ausgeschlossen.

Um eine Verzerrung der Gesamtergebnisse durch extremes Reaktionsverhalten einzelner *VTn* zu vermeiden, wurden Grenzwerte definiert, bei deren Verletzung die Leistungsdaten des betreffenden *VTn* von der Analyse ausgeschlossen wurden. Dies betraf *VTn* mit einer durchschnittlichen Fehlerrate (*Error*) > 20% und/oder einem durchschnittlichen effektiven Leistungsindex (*IPe*) < 2,0 Bits/s. Dieses Kriterium war für 2 *VTn* erfüllt. Die Messwerte dieser *VTn* lagen auch bei visueller Überprüfung mittels Streudiagramm durchgängig im Randbereich der Messwertspanne – mit deutlichem Abstand zu den Messwerten aller übrigen *VTn*.

Bei den verbleibenden Datensätzen von 28 *VTn* wurden jeweils die ersten 18 Fälle (10%) der Antick-Einzelreaktionen des ersten Versuchsdurchgangs entfernt, da sich die *VTn* zunächst mit der Antick-Aufgabe und dem Laser-Eingabegerät vertraut machen mussten und der Versuchsleiter (*VL*) den Versuchsraum erst nach einigen Antick-Durchgängen verließ, um sicherzustellen, dass die Aufgabe auch weisungsgemäß durchgeführt wurde.

Aus der Gesamtheit der verbliebenen Daten wurden alle Fälle mit negativen Reakti-

onszeiten (RT) entfernt – solche Fälle kamen zustande, wenn ein VTn versehentlich vor-schnell die Taste des Laser-Eingabegerätes drückte, bevor ein Zielkreis sichtbar war. Außerdem wurden alle Fälle mit einer Bewegungszeit (MT) ≥ 6000 ms und nachfolgend alle Fälle mit MT -Werten oberhalb und unterhalb von 3 Standardabweichungen (SD) des MT -Mittelwerts eines VTn in einer Zielgröße/Ziel-Abstand (A/W)-Kombination ausgeschlossen. Auf diese Weise sollten durch Störfaktoren – wie z.B. Niesen, zeitweise Änderung der Körperhaltung – verursachte Verzögerungen in der Bewegungszeit ausgeschlossen werden. Schließlich wurden alle Fälle mit Abständen zwischen Zielkreismittelpunkt und Bewegungsendpunkt (d) > 500 Pixel entfernt, da derart große Abstände mit hoher Wahrscheinlichkeit auf Störeinflüsse im Bewegungsablauf und/oder Antick-Verhalten zurückgehen dürften.

Tabelle III-1 zeigt eine Übersicht der Eliminierung von Fehlern und Extremwerten mit den zugehörigen Fallzahlen. Insgesamt wurden 34380 von 40320 erhobenen Fällen (85,27%) in die Datenanalyse überführt.

	eliminierte Fälle	Fallzahl ¹ (Rest)	% eliminierte Fälle	% restliche Fälle
Gesamt	-	40320	-	100,00%
Ausschluss von 2 VTn wegen Störungen im experimentellen Ablauf	2520	37800	6,25%	93,75%
Ausschluss von 2 VTn wegen Überschreitung der <i>Error</i> oder <i>IPE</i> -Grenzwerte	2520	35280	6,25%	87,50%
Ausschluss der ersten 18 Fälle (10%) des ersten Versuchsdurchgangs jedes VTn	504	34776	1,25%	86,25%
Eliminierung von Fällen mit negativer RT	43	34733	0,11%	86,14%
Eliminierung von Fällen mit $MT \geq 6000$ ms	17	34716	0,04%	86,10%
Eliminierung von Fällen +/- 3 SD des MT -Mittelwertes pro Teilnehmer und A/W -Kombination	330	34386	0,82%	85,28%
Eliminierung von Fällen mit $ d > 500$ Pixel	6	34380	0,01%	85,27%

(1) Ein Fall entspricht einer Antick-Einzelreaktion.

Tabelle III-1: Übersicht ausgeschlossener Fehler und Extremwerte in den Leistungsdaten.

III. 1.2 Scoring der Fragebögen und Ausschluss sonstiger Werte

Die Gesamtwerte der *STAI-State* und *STAI-Trait* Fragebögen, sowie die der *TATS* konnten für alle VTn berechnet werden; im seltenen Fall einer fehlenden Beantwortung ein-

zelner Items wurde der Gesamtwert durch Addition des aufgerundeten Mittelwerts aller beantworteten Items extrapoliert.

Für 5 der *VTn*, bei denen es zu Störungen des experimentellen Ablaufs durch Ausfall des Eingabegerätes kam, wurden die Angaben auf allen *SAM*-Fragebögen, die nach Auftreten der Störung vorgelegt worden waren, von der Analyse ausgeschlossen. Außerdem wurden die Antworten in der *KEA* dieser *VTn* nicht berücksichtigt. Die Daten des nach der Störung vorgelegten *STAI-Trait* und der *TATS* wurden hingegen beibehalten, da diese Fragebögen nicht die aktuelle State-Angst erfassen und eine nennenswerte Beeinträchtigung im Antwortverhalten daher unwahrscheinlich war (vgl. Laux et al., 1981, S. 32ff & 48f).

III. 2 Deskriptive Befunde

III. 2.1 Computernutzung und Nutzung technologischer Geräte

Die *Häufigkeit der Computernutzung*, die *durchschnittliche Zeit der Computernutzung* und die *Anzahl genutzter technologischer Geräte* sind in Abbildung III-1 als nach Versuchsbedingung gestapelte Histogramme aufgeführt. Es zeigt sich, dass die überwiegende Mehrzahl der *VTn* täglich Computer nutzt (87.5%, $n = 28$). Ein großer Teil der *VTn* verbringt bei einer Nutzungsgelegenheit durchschnittlich zwischen 1 bis 4 Stunden am Computer (71.9%, $n = 23$) – ein nicht unerheblicher Anteil jedoch auch 5 und mehr Stunden (15.6%, $n = 5$). Wesentliche Unterschiede in der Verteilung von Häufigkeit und Zeit der Computernutzung sind zwischen den randomisiert gebildeten Versuchsgruppen nicht erkennbar. Bei der Befragung zu Nutzungserfahrungen zu einer Auswahl von insgesamt 13 technologischen Geräten, gab eine Mehrzahl der *VTn* Nutzungserfahrungen für 4 bis 6 der Geräte an (61.3%, $n = 19$); 19.4% ($n = 6$) nutzten weniger und 22.6% ($n = 7$) mehr technologische Geräte¹³. Es zeigt sich, dass die *VTn* in der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* insgesamt über umfangreichere Vorerfahrungen mit verschiedenen technologischen Geräten verfügten als die *VTn* in der Versuchsbedingung *Technologie-neutral* (*post-hoc* t-Test für unabhängige Stichproben: $t = -2.092$, $df = 29$, $p = .045$).

13 Ein Fall wurde wegen offensichtlich falscher Angaben ausgeschlossen.

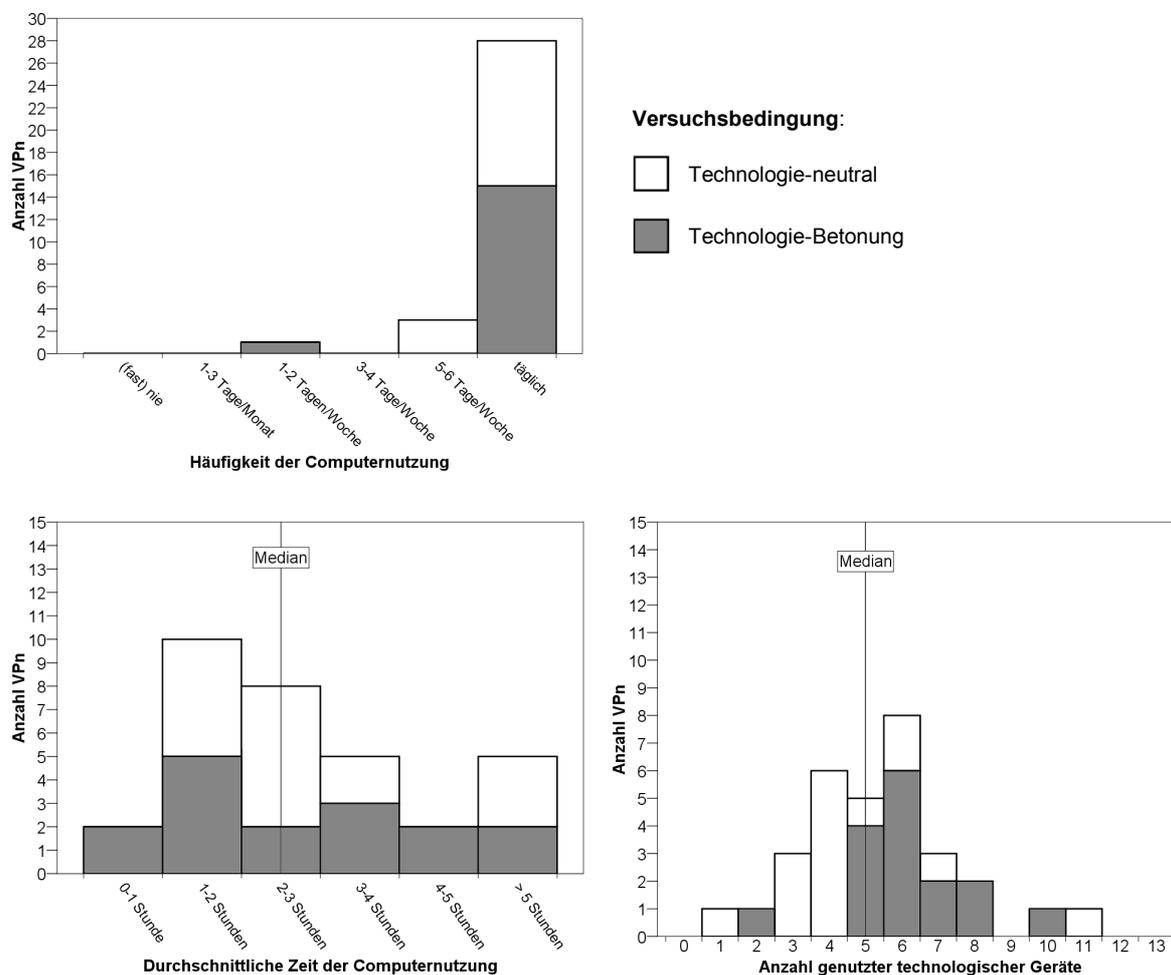


Abbildung III-1: Nach Versuchsbedingung gestapelte Histogramme für Häufigkeit der Computernutzung, durchschnittliche Zeit der Computernutzung (bei einer Nutzungseigenheit) und Anzahl genutzter technologischer Geräte.

III. 2.2 Akzeptanz des Laserpointer-Eingabegerätes gemäß KEA

Die Akzeptanz des Laserpointer-Eingabegerätes gegenüber der Computer-Maus, wie sie mit der KEA gemessen wurde, ist in Abbildung III-2 getrennt nach Versuchsbedingung aufgeführt. Das Laserpointer-Eingabegerät wurde in Erwartung einer neuen, unbekanntem Aufgabe mit 59.3% ($n = 16$) tendenziell der Computer-Maus (40.7%, $n = 11$) vorgezogen¹⁴.

¹⁴ Fehlerbereinigte Stichprobe ($n = 27$; s. III. 1.2). Für die Gesamtstichprobe ergaben sich Werte von 53,1% ($n = 17$) für das Laserpointer-Eingabegerät und 46,9% ($n = 15$) für die Computer-Maus. Die Entscheidung, die KEA-Daten von 5 VTn wegen des zeitweisen Ausfalls des Laserpointer-Eingabegerätes auszuschließen, wurde vor Kenntnisnahme der Ergebnisse getroffen.

Am häufigsten wählten die *VTn* das Laserpointer-Eingabegerät in der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung*. Die Betonung 'technologischer' Eigenschaften scheint sich also nicht nachteilig auf die Akzeptanz ausgewirkt zu haben (*post-hoc* 2x2 Felder Likelihood-Ratio Test: $LR = 1.802$, $df = 1$, $p = .179$, nicht signifikant).

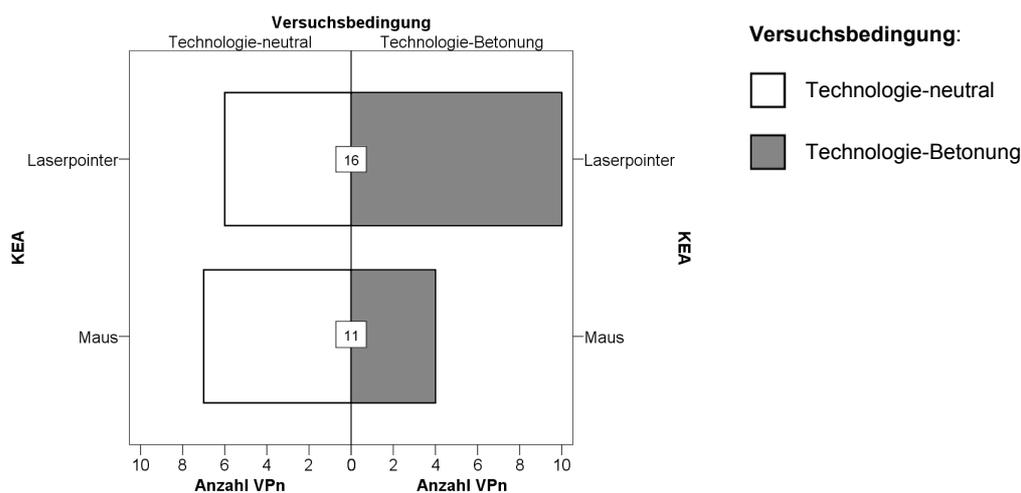


Abbildung III-2: Die Akzeptanz des Laserpointer-Eingabegerätes gegenüber der Computer-Maus – Ergebnisse der künstlichen Entscheidungsaufgabe (KEA) nach Versuchsbedingung.

III. 3 Zusammenhang zwischen Übung, Versuchsbedingung und Leistung in der Antick-Aufgabe (H1a & H1b)

III. 3.1 Analyse und Ergebnisse

Die Variablen *IPe*, *MT*, *d*, und *Error* wurden einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung unterzogen mit 'Übung' (insgesamt 7 Aufgabenblöcke mit je 180 Antick-Einzelreaktionen) als *within-subjects*-Faktor und *Versuchsbedingung* (*Technologie-neutral* vs. *Technologie-Betonung*) als *between-subjects*-Faktor. Die Sphärizitätsannahme wurde für alle Variablen gemäß *Mauchly's* Sphärizitätstest zurückgewiesen. Die Signifikanztests wurden daher mit *lower-bound*-korrigierten Freiheitsgraden ($\epsilon = .167$) durchgeführt.

Der Haupteffekt des Faktors *Übung* war signifikant für alle Variablen: *IPe* ($F(1, 26) = 40.29$, $p < .001$, *part.* $\eta^2 = .61$), *MT* ($F(1, 26) = 21.76$, $p < .001$, *part.* $\eta^2 = .46$), *d* ($F(1, 26)$

= 8.55, $p = .007$, *part.* $\eta^2 = .25$) und *Error* ($F(1, 26) = 5.40$, $p = .028$, *part.* $\eta^2 = .17$). Der *between-subjects*-Faktor *Versuchsbedingung* erreichte im univariaten Testverfahren bei keiner der abhängigen Variablen das '.05'-Signifikanzniveau.

Es wurden *post-hoc*-Einzelvergleiche mit vorangehender *Bonferroni*-Korrektur des Signifikanz-Niveaus für Mehrfachvergleiche durchgeführt. Der *Ipe*-Wert verbesserte sich kontinuierlich von durchschnittlich 2.99 Bits/s ($SD = 0.45$) im ersten Aufgabenblock auf durchschnittlich 3.78 Bits/s ($SD = 0.48$) im siebten Aufgabenblock ($p < .001$ für alle Einzelvergleiche). Für den zweiten Aufgabenblock erreichten die Einzelvergleiche mit dem fünften bis siebten Aufgabenblock das Signifikanzniveau ($p < .05$). Für den dritten und vierten Aufgabenblock erreichten die Einzelvergleiche mit dem sechsten und siebten Aufgabenblock das Signifikanzniveau ($p < .05$). Der Einzelvergleich des fünften mit dem siebten Aufgabenblock lag im Bereich marginaler Signifikanz ($p = .053$). Die übrigen Einzelvergleiche erreichten nicht das Signifikanzniveau.

Die Bewegungszeit *MT* verringerte sich ebenfalls kontinuierlich von durchschnittlich 1380.27 ms ($SD = 297.51$) im ersten Aufgabenblock auf 1100.29 ms ($SD = 203.40$) im siebten Aufgabenblock ($p < .01$ für alle Einzelvergleiche). Für den zweiten bis vierten Aufgabenblock erreichten jeweils die Einzelvergleiche mit dem sechsten und siebten Aufgabenblock das Signifikanzniveau ($p < .05$). Die übrigen Einzelvergleiche waren nicht signifikant.

Die Distanz des Bewegungsendpunktes zum Mittelpunkt des Zielkreises, *d*, verringerte sich von durchschnittlich 16,51 Pixel ($SD = 2.44$) auf 14.62 Pixel ($SD = 2.06$) im siebten Aufgabenblock ($p < .01$ für alle Einzelvergleiche).

Die Fehlerrate *Error* verringerte sich von durchschnittlich 9,55% ($SD = 5.10$) im ersten Aufgabenblock auf 6,94% ($SD = 3.88$) im siebten Aufgabenblock. Lediglich der Einzelvergleich zwischen dem ersten und dritten Aufgabenblock wurde signifikant ($p = .012$).

Die übrigen Einzelvergleiche waren nicht signifikant. Der Verlauf der Leistungsdaten über die Aufgabenblöcke ist in Abbildung III-3 dargestellt.

dung III-4.

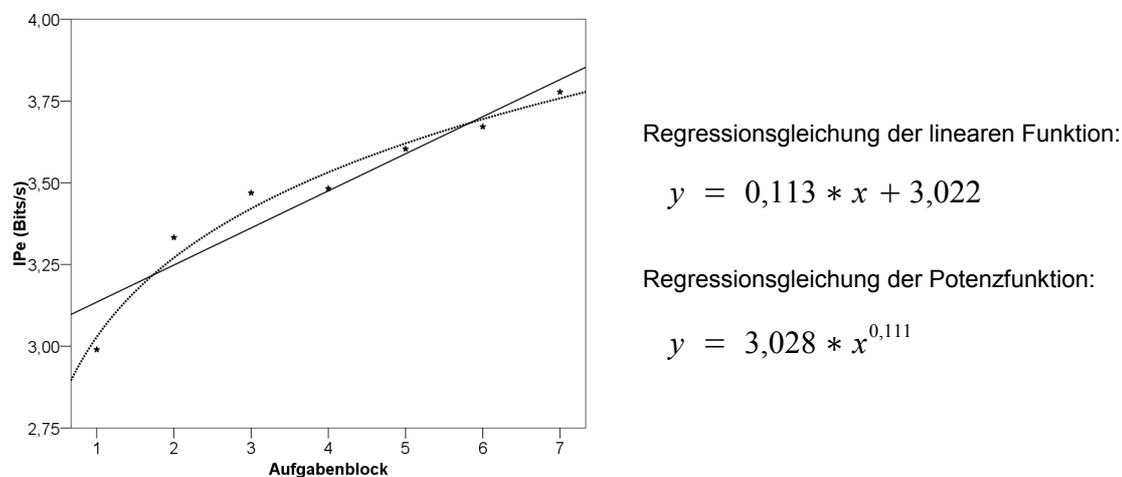


Abbildung III-4: Regression von *IPe* auf *Durchgang* durch lineare Funktion und Potenzfunktion.

Zusätzlich zur Analyse der aggregierten Daten wurden individuelle Regressionsanalysen für die *IPe*-Werte jedes einzelnen *VTn* vorgenommen: Die Varianzaufklärung der Regression auf eine Potenzfunktion war mit einem R^2 -Mittelwert von .667 ($SD = .305$) größer als die der linearen Regression (R^2 -Mittelwert = .605, $SD = .298$). Ein t -Test für gepaarte Stichproben wies den Unterschied als signifikant aus ($t = -4.03$, $df = 27$, $p < .001$).

III. 3.2 Diskussion

Die Hypothese *H1a*, dass wiederholte – auch kurz aufeinanderfolgende – Übungsblöcke in einer Antick-Aufgabe zu einer Leistungsverbesserung führen, konnte insgesamt bestätigt werden. Die Ergebnisse der durchgeführten Varianzanalyse bestätigen eine signifikante Verbesserung der effektiven Leistung der *VTn*, gemessen als *IPe*, verbunden mit einer Abnahme der Bewegungszeit (*MT*), der Fehlerrate (*Error*) und Zunahme der Genauigkeit, in Form einer Abnahme der Distanz von Bewegungsendpunkt zum Zielkreismittelpunkt (d) über die Aufgabenblöcke hinweg. Die *post-hoc*-Einzelvergleiche zeigen auch nach dem vierten Übungsdurchgang noch eine signifikante Zunahme der effektiven Leistung (*IPe*). Damit kann die Annahme eines kontinuierlichen Trends der Leistungsverbesserung erhärtet wer-

den. Da sowohl MT , $Error$, als auch d abnehmen, ist die als Haupteffekt gemessene Leistungsverbesserung wahrscheinlich *nicht* auf Anpassungen der Aufgabenstrategie durch die VTn im Sinne eines Geschwindigkeits-Genauigkeits-Ausgleichs (SAT , vgl. I. 2.4) zurückzuführen, sondern auf tatsächliche Übungseffekte.

Die durchgeführten Regressionen auf ein lineares Modell und ein Potenzfunktionsmodell zeigen eine höhere Varianzaufklärung der Potenzfunktion in den IPE -Werten – bei gleicher Anzahl von Modellparametern. Dies entspricht der Annahme eines *power law of practice* (s. I. 3.2), wonach bei zunehmender Anzahl von Übungsdurchgängen der Leistungszugewinn pro Durchgang abnimmt und so die Leistungskurve sich einer Asymptote annähert.

Auch wenn die Leistungsindizes (IPE) der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* im Mittel unter denen der Versuchsbedingung *Technologie-neutral* liegen, so wies der Vergleich zwischen den beiden Experimentalgruppen keine signifikanten Unterschiede aus. Gleiches gilt für die deskriptiv sichtbaren Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen in den Variablen MT , d und $Error$: Für die Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* besteht zwar eine durchgehend höhere Bewegungszeit (MT) bei stabiler Genauigkeit (d), welches den Vorhersagen des *CIM-CA* eines Effizienzverlustes bei Aufrechterhaltung der Effektivität entspricht (s. I. 4.4), jedoch nicht signifikant nachgewiesen werden kann. Die Hypothese $H1b$ konnte also nicht bestätigt werden.

III. 4 Zusammenhang zwischen Versuchsbedingung und Angst ($H2a$ & $H2b$)

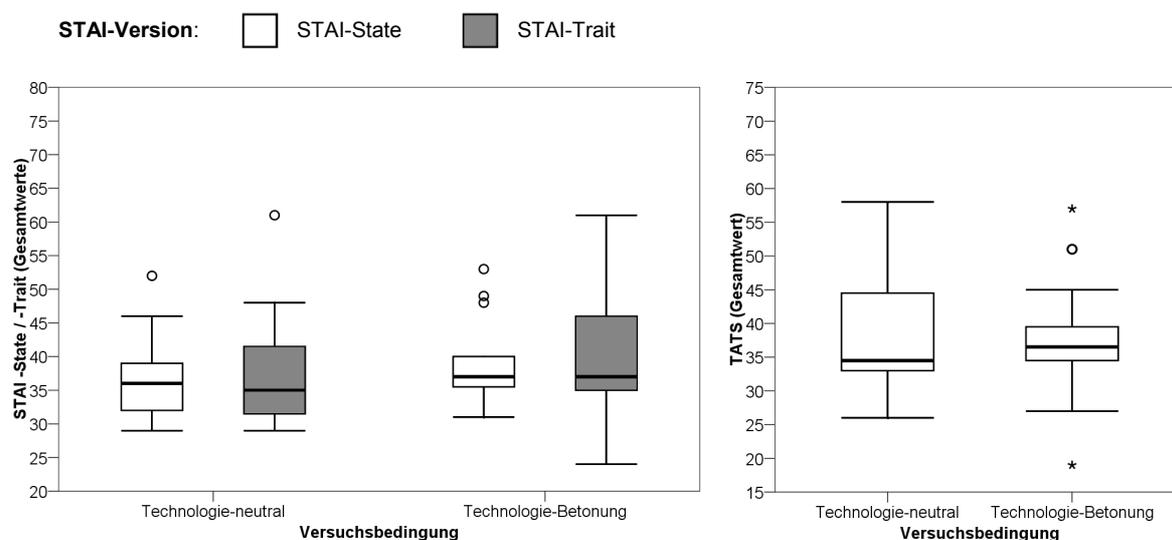
III. 4.1 Deskriptive Statistiken der Fragebögen

Die deskriptiven Statistiken der Fragebögen *STAI-State*, *STAI-Trait* und *TATS* über alle VTn sind in Tabelle III-2 aufgeführt. Als Maß der internen Konsistenz wurde für diese Fragebögen *Cronbach's-Alpha* berechnet, die Werte zeigen mit .81 (*STAI-State*), .90 (*STAI-Trait*) und .87 (*TATS*) eine gute bis sehr gute interne Konsistenz. Mittelwerte und Standardabweichungen der *STAI-G* Fragebögen entsprechen im wesentlichen der von Laux et al. (1981) berichteten Durchschnittswerte für studentische Stichproben. Der Mittelwert des *TATS* liegt im Bereich der Mittelwerte der Subskalen "Beurteilung durch andere Menschen" und "neue oder merkwürdige Situationen" des *EMAS-T* (Endler et al., 1993).

	<i>M</i>	<i>SD</i>	Median	Minimum	Maximum	<i>Cronbach's-Alpha</i>
STAI-State	37,97	6,13	36,00	29	53	.81
STAI-Trait	39,00	9,17	36,00	24	61	.90
TATS	38,00	8,86	35,50	19	58	.87

Tabelle III-2: Deskriptive Statistiken und *Cronbach's-Alpha* des *STAI-State*, *STAI-Trait* und der *TATS* über alle *VTn* (n = 32).

Die Verteilung der Gesamtwerte der Fragebögen nach Versuchsbedingung (*Technologie-neutral* vs. *Technologie-Betonung*) sind in Abbildung III-5 grafisch dargestellt. Wesentliche Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen sind nicht erkennbar.



Legende:

- ★ ← extremer Ausreißer: Wert mit $>(3 * IQR)$ Abstand zum Quartil
 - ← Ausreißer: Wert mit $>(1,5 * IQR)$ Abstand zum Quartil
 - ← 'Whisker': Höchster nicht extremer Wert
 - ← oberes Quartil
 - ← Median
 - ← unteres Quartil
 - ← 'Whisker': Niedrigster nicht extremer Wert
- } Inter-Quartil-Abstand (IQR): Umfasst 75% aller Werte

Abbildung III-5: Boxplot-Darstellung der *STAI-State*, *STAI-Trait*, sowie der *TATS* Gesamtwerte nach Versuchsbedingung.

Die Werte des *SAM* für alle 8 Messzeitpunkte (Pretest-Messung und Messung vor jedem der 7 Aufgabenblöcke) sind in Abbildung III-6 dargestellt, dabei wurden die Werte der *SAM*-Dimensionen *Valenz* (*SAM-V*) und *Aktiviertheit* (*SAM-A*) invertiert, um die Interpretierbarkeit zu vereinfachen: Hohe *SAM-V*-Werte entsprechen positiver Valenz, hohe *SAM-A*-Werte entsprechen hoher Aktiviertheit.

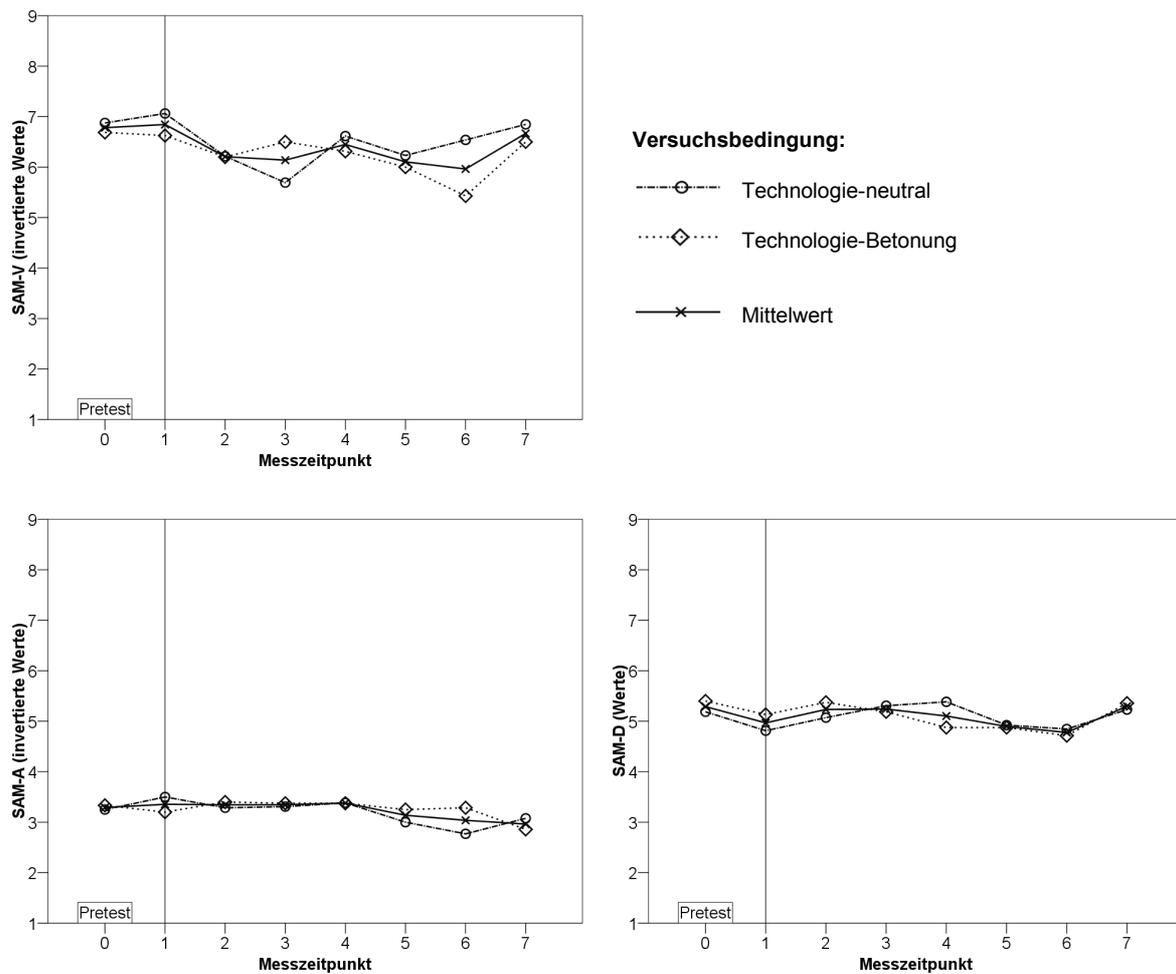


Abbildung III-6: Ergebnisse des *SAM* in Abhängigkeit von Versuchsbedingung und Aufgabenblock in den Dimensionen *Valenz* (*SAM-V*, invertierte Werte), *Aktiviertheit* (*SAM-A*, invertierte Werte) und *Dominanz* (*SAM-D*). Hohe *SAM-V* Werte entsprechen positiver Valenz, hohe *SAM-A* Werte entsprechen hoher Aktiviertheit und hohe *SAM-D* Werte entsprechen starker Dominanz.

Insgesamt gaben die *VTn* auf der 9-stufigen Skala des *SAM* (Mittelpunkt = 5) eine ten-

denziell positive Valenz ($M = 6.41$, $SD = 1.64$), tendenziell niedrige Aktiviertheit ($M = 3.24$, $SD = 2.06$) und durchschnittliche Dominanz ($M = 5.10$, $SD = 1.37$) an. Die Veränderungen auf den Dimensionen Aktiviertheit und Dominanz über die Messzeitpunkte hinweg ist minimal. Die Fluktuationen auf der Dimension Valenz sind stärker ausgeprägt. In der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* ist ein kontinuierliches Absinken der Valenz-Werte zwischen dem 3. und 6. Messzeitpunkt zu beobachten (von 6.50 auf 5.43), welche jedoch am letzten Messzeitpunkt wieder auf das Ausgangsniveau ansteigen. Ein eindeutiger Trend einer Veränderung des emotionalen Befindens der *VTn* ist auf Basis der *SAM*-Werte insgesamt nicht erkennbar.

III. 4.2 Analyse und Ergebnisse

Anhand eines Median-Splits der Antwortwerte wurden Subgruppen mit höheren und niedrigeren Werten des *STAI-Trait* (Subgruppen '*STAI-Trait-hoch*' und '*STAI-Trait-niedrig*') und der *TATS* (Subgruppen '*TATS-hoch*' und '*TATS-niedrig*') definiert. Für die Messzeitpunkte 1 – 7 wurde der *Mittelwert* des *SAM* für jede der drei Dimensionen *Valenz* (*M-SAM-V*), *Aktiviertheit* (*M-SAM-A*) und *Dominanz* (*M-SAM-D*) berechnet.

Es wurde eine 2x2x2 (*Versuchsbedingung* x *STAI-Trait-Subgruppe* x *TATS-Subgruppe*) Varianzanalyse mit den abhängigen Variablen *STAI-State*, *M-SAM-V*, *M-SAM-A* und *M-SAM-D* durchgeführt. Die Kovarianzmatrizen zeigten keine signifikanten Unterschiede über die Gruppen (*Box's M* = 48.879, $F(30, 748.58) = .87$, $p = .668$). Die Fehlervarianzen waren nur für die Variable *M-SAM-D* zwischen den Gruppen signifikant verschieden (*Levene's F*(7, 24) = 4.06, $p = .005$). Für alle übrigen Variablen waren die Voraussetzungen für die Varianzanalyse gegeben.

Weder der Faktor *Versuchsbedingung*, noch der Faktor *STAI-Trait-Subgruppe* zeigten signifikante Haupteffekte auf irgendeine der Variablen. Keiner der Interaktionseffekte erreichte das '.05'-Signifikanzniveau.

Es zeigte sich ein signifikanter Haupteffekt des Faktors *TATS-Subgruppe* für die Variablen *STAI-State* ($F(1, 24) = 6.02$, $p = .022$, *part.* $\eta^2 = .201$), *M-SAM-V* ($F(1, 24) = 4.93$, $p = .036$, *part.* $\eta^2 = .171$), und *M-SAM-A* ($F(1, 24) = .032$, $p = .032$, *part.* $\eta^2 = .179$): Die *STAI-State* Werte lagen für die Subgruppe *TATS-hoch* mit durchschnittlich 40.38 ($SD =$

5.864) über denen der Subgruppe *TATS-niedrig* mit durchschnittlich 35.56 ($SD = 5.561$). Die Subgruppe *TATS-hoch* zeigte außerdem niedrigere *M-SAM-V* Werte ($M = 5.82$, $SD = .92$) und höhere *M-SAM-A* Werte ($M = 3.96$, $SD = 2.07$) als die Subgruppe *TATS-niedrig* (*M-SAM-V*: $M = 6.80$, $SD = 1.14$, *M-SAM-A*: $M = 2.74$, $SD = 1.44$). Die Verteilung der Werte in Abhängigkeit des Faktors *TATS-Subgruppe* ist in Abbildung III-7 dargestellt.

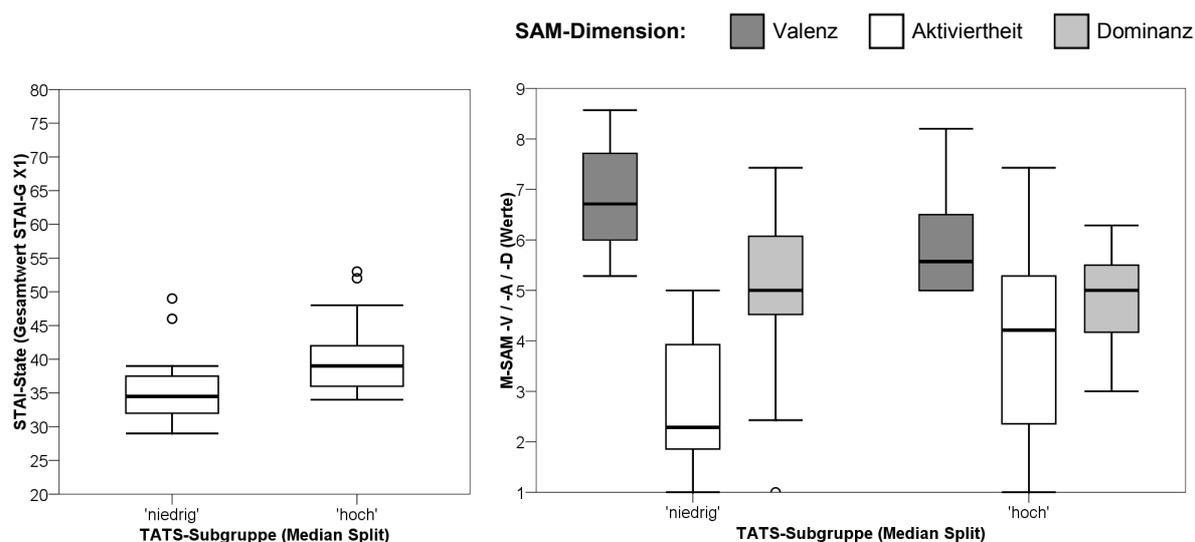


Abbildung III-7: Boxplot-Darstellung von *STAI-State* sowie *M-SAM-V*, *M-SAM-A* und *M-SAM-D* in Abhängigkeit der durch Median-Split erzeugten *TATS-Subgruppen*. Die Werte zwischen den *TATS-Subgruppen* sind mit Ausnahme von *M-SAM-D* signifikant verschieden ($p < .05$). Legende s. Abbildung III-5.

III. 4.3 Diskussion

Die Hypothese *H2a*, nach der die Beschreibung eines neuartigen Eingabegerätes als "technologisches Gerät" zu höherer State-Angst führt als eine neutrale Beschreibung, konnte nicht bestätigt werden. Die Versuchsbedingung (*Technologie-neutral* vs. *Technologie-Betonung*) hatte keinen signifikanten Effekt auf die mittels *STAI-State* berichtete State-Angst oder die Antwortdimensionen des *SAM*. Die darauf aufbauende Interaktionshypothese *H2b*, die von einer besonders starken Ausprägung der State-Angst ausgeht, wenn Personen mit hoher Ausprägung des Merkmals *Trait-Technophobie* der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* ausgesetzt sind, konnte ebenfalls nicht bestätigt werden.

Gefunden wurde hingegen ein zuvor nicht hypothetisierter signifikanter Haupteffekt des Faktors *TATS-Subgruppe* auf *STAI-State* und auf die Antwortdimensionen *Valenz* und *Aktiviertheit* des *SAM*: Die *VTn* in der Subgruppe *TATS-hoch* berichteten durchschnittlich höhere State-Angst sowie negativere *Valenz* und höhere *Aktiviertheit*. Ein vergleichbarer Effekt des Faktors *STAI-Trait-Subgruppe* auf diese Variablen wurde hingegen *nicht* gefunden. Dies spricht dafür, dass sich das Konstrukt der *Trait-Technophobie*, welches die Disposition beschreibt, auf technologisch geprägte Situationen mit Angst zu reagieren, möglicherweise von 'allgemeiner' Trait-Angst abgrenzen lässt. Personen mit höheren Werten auf der *TATS* (als ein Maß der Trait-Technophobie) berichteten in der "technologischen Situation" dieser Untersuchung (Bedienung eines Eingabegerätes vor einem Großbildschirm) mehr State-Angst als Personen mit niedrigeren *TATS*-Werten. Demgegenüber waren höhere vs. niedrigere Werte des *STAI-Trait* (als ein Maß 'allgemeiner' Trait-Angst) für eine Vorhersage des Ausmaßes der State-Angst nicht geeignet.

III. 5 Zusammenhang zwischen State-Angst und Leistung in der Antick-Aufgabe (H3)

III. 5.1 Analyse und Ergebnisse

Für *STAI-State* und die *IPe*-Werte aller 7 Aufgabenblöcke wurden *Pearson*-Korrelationen berechnet. Da der Analyse die gerichtete Hypothese einer negativen Korrelation zugrunde lag, erfolgten die Signifikanztests einseitig.

Die Korrelationen zwischen *STAI-State* und allen sieben *IPe*-Werten lagen im negativen Bereich, waren jedoch nur für den zweiten Aufgabenblock signifikant von Null verschieden ($r = -.34$, $p = .040$). Die Korrelationen sind in Tabelle III-3 aufgeführt.

	<i>IPe 1</i>	<i>IPe 2</i>	<i>IPe 3</i>	<i>IPe 4</i>	<i>IPe 5</i>	<i>IPe 6</i>	<i>IPe 7</i>
<i>STAI-State</i>	-.223	-.337*	-.170	-.180	-.215	-.185	-.107

(*) Signifikante Korrelation (einseitiger Test, $p = .040$).

Tabelle III-3: *Pearson*-Korrelationen zwischen *STAI-State* und *IPe 1-7* ($n = 28$).

III. 5.2 Diskussion

Die Annahme eines negativen Zusammenhang zwischen berichteter State-Angst (*STAI-State*) und Leistung in der Antick-Aufgabe (*IPE*) (Hypothese *H3*) konnte insgesamt nur eingeschränkt bestätigt werden. Zwar lagen alle 7 Korrelationen im negativen Bereich, jedoch war nur eine der Korrelationen zwischen *STAI-State* und den *IPE*-Werten signifikant von Null verschieden. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass State-Angst dennoch reliabel negativ mit der Aufgabenleistung zusammenhängt, wobei der Zusammenhang allerdings zu gering ist, um ihn auf Basis der verwendeten Stichprobengröße signifikant nachweisen zu können. Weiterhin besteht die Möglichkeit, dass ein deutlicher Zusammenhang nur bei Personen mit sehr hohem State-Angst-Niveau auftritt, welches in der Untersuchung jedoch nicht gegeben war.

III. 6 Zusammenhang von *STAI-State*, *STAI-Trait*, *TATS* und *KEA* (*H4a* & *H4b*)

III. 6.1 Analyse und Ergebnisse

Für die Variablen *STAI-State*, *STAI-Trait*, *TATS* und *KEA* wurden Interkorrelationen berechnet (Korrelationen mit der dichotomen Variable *KEA* sind punktbiseriale Korrelationen, alle übrigen *Pearson*-Korrelationen). Die Korrelationen sind in Tabelle III-4 aufgeführt.

	<i>STAI-State</i>	<i>STAI-Trait</i>	<i>TATS</i>	<i>KEA</i>
<i>STAI-State</i>	1 (<i>n</i> = 32)	.424* (<i>p</i> = .016, <i>n</i> = 32)	.407* (<i>p</i> = .021, <i>n</i> = 32)	-.086 (<i>p</i> = .669, <i>n</i> = 27)
<i>STAI-Trait</i>	.424* (<i>p</i> = .016, <i>n</i> = 32)	1 (<i>n</i> = 32)	.134 (<i>p</i> = .465, <i>n</i> = 32)	.119 (<i>p</i> = .553, <i>n</i> = 27)
<i>TATS</i>	.407* (<i>p</i> = .021, <i>n</i> = 32)	.134 (<i>p</i> = .465, <i>n</i> = 32)	1 (<i>n</i> = 32)	.170 (<i>p</i> = .396, <i>n</i> = 27)
<i>KEA</i>	-.086 (<i>p</i> = .669, <i>n</i> = 27)	.119 (<i>p</i> = .553, <i>n</i> = 27)	.170 (<i>p</i> = .396, <i>n</i> = 27)	1 (<i>n</i> = 27)

(*) Signifikante Korrelation auf .05 Signifikanzniveau (zweiseitiger Test).

Tabelle III-4: Korrelationsmatrix zwischen *STAI-State*, *STAI-Trait*, *TATS* und *KEA*.

Keine der Korrelationen von *STAI-State*, *STAI-Trait* oder *TATS* mit *KEA* war signifi-

kant von Null verschieden. Es ergaben sich signifikante Korrelationen zwischen *STAI-State* und *STAI-Trait* ($r = .424, p = .016$), sowie zwischen *STAI-State* und *TATS* ($r = .407, p = .021$). Die Korrelation zwischen *STAI-Trait* und *TATS* war hingegen nicht signifikant.

III. 6.2 Diskussion

Die signifikant positiven Korrelationen von *STAI-State* mit *STAI-Trait* und *TATS*, in Kombination mit dem Befund, dass die Korrelation zwischen *STAI-Trait* und *TATS* deutlich geringer und nicht signifikant war, bestätigt Hypothese *H4a*. Die Befunde weisen darauf hin, dass die Konzepte der 'allgemeinen' Trait-Angst und der *Trait-Technophobie* auf Basis der verwendeten Messinstrumente (*STAI-Trait* und *TATS*) voneinander abgegrenzt werden können, da sie kaum Überschneidungen aufweisen. Außerdem zeigt der signifikante Zusammenhang der beiden Messwerte mit *STAI-State*, dass sowohl *STAI-Trait* als auch *TATS* Merkmale messen, die – *weitgehend unabhängig voneinander* – Prädiktoren der State-Angst sind. Dies kann als Hinweis für die Konstruktvalidität der Trait-Technophobie, gemessen durch die *TATS*, in Abgrenzung zur 'allgemeinen' Trait-Angst angesehen werden.

Die Hypothese *H4b*, dass State-Angst und Trait-Technophobie in einem negativen Zusammenhang zur Akzeptanz eines neuartigen Eingabegerätes stehen, konnte hingegen nicht bestätigt werden: Weder *STAI-State* noch *TATS* korrelierten signifikant mit der Entscheidung in der *künstlichen Entscheidungsaufgabe (KEA)*.

IV. GESAMTDISKUSSION

IV. 1 Zusammenfassung

IV. 1.1 Zielsetzung und Vorgehen

In dieser Arbeit sollten die Aspekte *Lernen*, *Technophobie* und *Akzeptanz* bei der Nutzung eines neuartigen *Laserpointer-Eingabegerätes* für hochauflösende Großbildschirme integrativ untersucht werden.

Auf Grundlage der u.a. in ISO 9241-9 (ISO, 2000) formulierten Notwendigkeit einer Berücksichtigung von Übungseffekten bei der Evaluation von neuartigen Eingabegeräten und einer Metaanalyse von Donovan & Radosevich (1999), wurde vorhergesagt, dass signifikante Leistungsverbesserungen gemäß dem *power law of practice* in einer einfachen *Antick-Aufgabe* auch bei kurz aufeinanderfolgenden Übungsblöcken auftreten – eine ökonomisch aufwändige Verteilung der Übung auf mehrere Tage (wie z.B. bei Bieg (2008)) also nicht zwingend notwendig ist. In diesem Zusammenhang sollte auch ein möglicher differentieller Einfluss des "*Technologie-Bezugs in der Beschreibung des Eingabegerätes*" auf die Leistungsdaten überprüft werden. Es wurde angenommen, dass eine Beschreibung des Eingabegerätes als "technologisches Gerät" zu einer geringeren Leistung führt als eine neutrale Beschreibung. Grundlage dieser Annahme war die Hypothese, dass die Betonung technologischer Aspekte spezifische Angstempfindungen hervorruft. Diese führen gemäß dem *cognitive interference model of computer anxiety (CIM-CA; Smith & Caputi, 2007)* zu einer Reduktion der Aufgabenleistung durch Effizienzverlust aufgrund der Vermeidungsstrategie des kognitiven Rückzugs. Die Aspekte der Angst sollten detailliert im Rahmen eines *State-Trait-Modells* (Laux et al., 1981; Schwenkmezger, 1985) erfasst werden, welches zwischen Angst als akutem, situativem *Zustand (State-Angst)* vs. Angst als relativ stabiler, situationsübergreifender *Eigenschaft (Trait-Angst)* unterscheidet. Es sollte sowohl nachgewiesen werden, dass Technologie-Betonung die State-Angst erhöht, als auch, dass State-Angst gemäß dem *CIM-CA* in einem negativem Zusammenhang zur Leistung in der Antick-Aufgabe steht.

Auf Basis einer Erweiterung des State-Trait-Angstmodells, der *interaction model of anxiety* (Endler et al., 1991), welche von einem *multidimensionalen* Trait-Angst-Konzept

ausgeht, sowie der Ergebnisse von Gaudron & Vignoli (2002) wurde die Existenz einer spezifischen Dimension der Trait-Angst postuliert: Die *Trait-Technophobie*. Nach dem *interaction model of anxiety* ist die *Kongruenz* zwischen der Ausprägung einer *spezifischen* Trait-Angst-Dimension einer Person und der *Situation* der entscheidende Faktor für das Entstehen von State-Angst. Die Konstruktvalidität der Trait-Technophobie sollte einer ersten Evaluation unterzogen werden, indem die korrelativen Beziehungen des zur Erfassung der Trait-Technophobie entwickelten Messinstruments (*TATS*) zu denen der Messinstrumente von State-Angst (*STAI-State*) und 'allgemeiner' Trait-Angst (*STAI-Trait*) analysiert wurden. Es wurde erwartet, dass Trait-Technophobie ein von 'allgemeiner' Trait-Angst weitgehend unabhängiges Korrelat der State-Angst ist. Ferner wurde aufgrund der Kongruenz-Vorhersage des *interaction model of anxiety* postuliert, dass für Personen mit hoher Ausprägung der Trait-Technophobie in Kombination mit einer Technologie-betonenden Beschreibung des Eingabegerätes der höchste Anstieg der State-Angst von allen Vergleichsgruppen erfolgt.

Schließlich wurde auf die *Akzeptanz* von neuartigen Eingabegeräten im Rahmen des *technology acceptance model* (Davis, 1993) eingegangen. Es wurden Befunde zitiert, die nahelegen, dass auch Emotionen einen Einfluss auf die Einstellung von Personen zu einer Technologie haben können. Spezifisch wurde angenommen, dass in Konfrontation mit einem neuartigen Laserpointer-Eingabegerät entstehende State-Angst in negativer Beziehung zur Akzeptanz des Gerätes steht. Dabei wurde auch ein negativer Zusammenhang der Trait-Technophobie zur Akzeptanz des Laserpointer-Eingabegerätes erwartet, da Trait-Technophobie als ein potentieller Hauptfaktor der State-Angst in technologisch geprägten Situationen identifiziert wurde. Demgegenüber wurde für 'allgemeine' Trait-Angst aufgrund mangelndem Technologie-Bezug kein solcher Zusammenhang zur Akzeptanz erwartet. Ferner wurde dargelegt, dass die Messung von Technologie-bezogenen Einstellungen und Nutzungsintentionen nur eingeschränkt Rückschlüsse auf die *tatsächliche* Nutzung einer Technologie erlauben – die Akzeptanz durch diese Maße also nicht valide abgebildet werden kann. Aus diesem Grund sollte die tatsächliche Bereitschaft zur Nutzung des verwendeten Laserpointer-Eingabegerätes mit einer *künstlichen Entscheidungsaufgabe* (*KEA*) ermittelt werden.

Die Untersuchung der Fragestellungen sollte im Rahmen einer experimentellen Zeitreihenanalyse erfolgen, bei denen als *within-subjects*-Faktor jeder Versuchsteilnehmer (*VTn*)

insgesamt 7 Übungsblöcke einer Antick-Aufgabe mit einem neuartigen *Laserpointer-Eingabegerät* absolvierte und zusätzlich der *between-subjects*-Faktor "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*" experimentell manipuliert wurde (*Technologie-neutral* vs. *Technologie-Betonung*). Außerdem sollten auch die beschriebenen korrelativen Zusammenhänge untersucht und relevante qualitative Beobachtungen beschrieben werden. Ein Hauptaugenmerk bei der Durchführung der Studie lag auf der Minimierung des Einflusses möglicher Störvariablen auf den emotionalen Zustand der *VTn*. Dies sollte zum einen durch größtmögliche Standardisierung von Instruktionen und experimenteller Manipulation, zum anderen durch ein affektiv möglichst neutrales Reizmaterial gewährleistet werden. Ferner wurde zur Reduktion eines während des Untersuchungszeitraums möglichen systematischen Einflusses externer Ereignisse eine *balancierte Block-Randomisierung* angewendet und zum Ausschluss von Erwartungseffekten das *Doppel-Blind-Verfahren* eingesetzt.

Erfasst wurden die Leistungsdaten der *VTn* in der Antick-Aufgabe (insbesondere *IPE*) und die Angaben auf Basis verschiedener Selbstberichts-Instrumente (*STAI-State*, *STAI-Trait*, *TATS*, *SAM*) sowie der *KEA*. Zusätzlich wurden demografische Angaben, Angaben zur Computernutzung und Angaben zur Nutzung verschiedener technologischer Geräte erhoben. Fehler und Extremwerte in den Daten wurden identifiziert und entfernt. Die Überprüfung der Hypothesen erfolgte im wesentlichen durch multifaktorielle Varianzanalysen, Regressionsanalyse sowie durch die Berechnung von Interkorrelationen.

IV. 1.2 Ergebnisse und Erörterung der Hypothesen

Die Auswertung der Angaben zur Computernutzung zeigte, dass die große Mehrheit der *VTn* täglich einen Computer nutzt (87.5%) und die durchschnittliche Nutzungsdauer meist zwischen 1 bis 4 Stunden liegt (71.9%)¹⁵. Wesentliche Unterschiede zwischen den beiden Versuchsgruppen wurden nicht festgestellt. Die Befragung zu Nutzungserfahrungen mit insgesamt 13 technologischen Geräten ergab, dass mehrheitlich Nutzungserfahrungen für 4 bis 6 der Geräte bestehen (61.3%). Es wurde ein signifikanter Unterschied zwischen den Versuchsgruppen gefunden: Die Anzahl genutzter Geräte war für *VTn* in der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* größer als in der Versuchsbedingung *Technologie-neutral*. Die-

¹⁵ Es sei noch einmal darauf hingewiesen, dass die erhobene Stichprobe nicht repräsentativ ist, weshalb Verallgemeinerungen von Anteilshäufigkeiten auf Gesamt- oder Teilpopulationen unzulässig sind.

ser Befund weist darauf hin, dass auch nach der Randomisierung zwischen den Versuchsbedingungen noch systematische Unterschiede der *VTn* auf potentiell Ergebnis-relevanten Organismusvariablen bestanden. Im vorliegenden Fall ist jedoch nicht anzunehmen, dass der beobachtete Unterschied eine Bestätigung von Hypothesen begünstigt hat: Die Benutzung einer Vielzahl von technologischen Geräten weist eher auf *geringere* Technologie-bezogene Vorbehalte und Ängste hin (vgl. Befunde zur Bedeutung affektiver Zustände im *TAM* ((I. 5.1); s. Maurer, 1994; Chua, Chen, & Wong, 1999; Anthony, Clarke, & Anderson, 2000 für Befunde zur negativen Korrelation zwischen Nutzungserfahrung und Technophobie). Da für die Bedingung *Technologie-Betonung* aber ein *höheres* Maß an State-Angst aufgrund von Trait-Technophobie vorhergesagt wurde, würde ein potentieller systematischer Einfluss der Organismusvariablen im vorliegenden Fall eher die Bestätigung der Hypothese erschweren als erleichtern.

Die Akzeptanz des verwendeten Laserpointer-Eingabegerätes war, gemessen in einer *künstlichen Entscheidungsaufgabe*, tendenziell besser als die einer Computer-Maus (59.3% vs. 40.7% Präferenz). Das Laserpointer-Eingabegerät wurde am häufigsten in der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* gewählt. Diese Unterschiede sind jedoch nicht signifikant verschieden. Bei der Beurteilung der Akzeptanz ist zu beachten, dass sich diese auf Aufgaben an einem hochauflösenden Großbildschirm bezieht. Für kleinere Bildschirme würde die Verwendung eines Laserpointer-Eingabegerätes wenig Sinn machen, da keine großen Distanzen zwischen auszuwählenden Objekten auf einer Benutzeroberfläche zurückzulegen sind.

Der vorhergesagte Zusammenhang zwischen Übung und Leistungsverbesserung mit einem neuartigen Laserpointer-Eingabegerät in einer Antick-Aufgabe (Hypothese *H1a*) konnte bestätigt werden. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl für die aggregierten Leistungsdaten, als auch bei separater Betrachtung der Leistungsdaten der einzelnen *VTn* eine Potenzfunktion eine bessere Annäherung des beobachteten Leistungstrends darstellt, als eine lineare Funktion. Das *power law of practice* scheint also auch bei kurz aufeinander folgenden Übungsblöcken in einer einfachen *Antick-Aufgabe* gültig zu sein.

Nicht bestätigt werden konnte hingegen der vorhergesagte negative Einfluss auf die Aufgabenleistung bei einer Beschreibung des Eingabegerätes als "technologisches Gerät" vs. einer neutralen Beschreibung (Hypothese *H1b*). Auch wenn der *effektive Leistungsindex*

(*IPE*) in der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* in der Mehrzahl der Aufgabenblöcke unter dem in der Versuchsbedingung *Technologie-neutral* liegt, so ist ein Unterschied nicht signifikant nachzuweisen. Ein möglicher Grund hierfür könnte sein, dass die experimentelle Manipulation zu subtil war, da sie sich auf die Variation weniger Formulierungen in der Aufgabeninstruktion beschränkte (vgl. Appendix C). Es kann vermutet werden, dass die Untersuchungssituation selbst einen wesentlich stärkeren Einfluss auf das Befinden der *VTn* hatte, als die in Textform gegebene Instruktion. Darüber hinaus ist es möglich, dass die erhobene studentische Stichprobe insgesamt eine so hohe Affinität zu Technologie aufwies, dass für kaum einen der *VTn* die Hervorhebung von Technologie zu einem so hohen Anstieg der State-Angst führte, dass die Aufgabenleistung hätte erheblich beeinträchtigt werden können. Eine andere mögliche Erklärung der Ergebnisse ist, dass die Beschreibung des *Laserpointer-Eingabegerätes* als "technologisch hochentwickelt" von einer Subgruppe von *VTn* mit hoher technologischer Affinität *positiv* aufgenommen wurde. Dies wiederum könnte zu einer Steigerung von Motivation und Aufgabenleistung bei diesen *VTn* geführt haben, welche bei der Zusammenfassung der Ergebnisse zu einer statistischen Kompensation eines überwiegend negativen Effektes auf die übrigen *VTn* geführt hat.

Es fand sich außerdem keine statistische Bestätigung für die Annahme, dass die Beschreibung des verwendeten Eingabegerätes als "technologisches Gerät" zu höherer State-Angst führt, als eine neutrale Beschreibung (Hypothese *H2a*). Die darauf aufbauende Interaktionshypothese, nach der eine hohe Ausprägung der Trait-Technophobie einer Person in State-Angst-verstärkender Weise mit der Versuchsbedingung *Technologie-Betonung* interagiert (Hypothese *H2b*), konnte ebenfalls nicht bestätigt werden. Stattdessen wurde ein zuvor nicht vorhergesagter Haupteffekt¹⁶ der Trait-Technophobie auf die State-Angst gefunden: Personen mit höheren Werten auf der *TATS* gaben signifikant höhere *STAI-State*-Werte sowie eine negativere Valenz und höhere Aktiviertheit auf dem *SAM* an, als Personen mit niedrigeren *TATS*-Werten. Hohe *TATS*-Werte können daher als ein möglicher Prädiktor von State-Angst in technologischen Situationen angenommen werden. Für das Fehlen der ursprünglich vorhergesagten Effekte kann neben den bereits zuvor erwähnten Möglichkeiten einer unzureichenden Wirksamkeit der experimentellen Manipulation oder einer potentiell Technologie-affinen Stichprobe auch eine unzureichende Sensitivität des verwendeten *STAI-*

¹⁶ 'Haupteffekt' bedeutet in diesem Zusammenhang *nicht* "experimenteller Effekt", da die Variable *Trait-Technophobie* nicht experimentell manipuliert wurde.

State Fragebogens zur differentiellen Erfassung von insgesamt niedrig ausgeprägter State-Angst vermutet werden. Dies wird durch die Beobachtung gestützt, dass die Durchschnittswerte des *STAI-State* sich insgesamt in einem relativ niedrigen Bereich befinden und die Variabilität der Werte insgesamt gering ist (es existieren lediglich 2 *VTn* mit Gesamtwerten > 50, bei einer möglichen Spannweite zwischen 20 bis 80).

Die Hypothese, dass State-Angst in negativem Zusammenhang zur Aufgabenleistung in der Antick-Aufgabe steht (Hypothese *H3*), konnte eingeschränkt bestätigt werden. Es zeigten sich negative Korrelationen (zwischen $r = -.11$ bis $-.34$) von *STAI-State* mit der Leistung in allen Übungsblöcken. Das Signifikanzniveau erreichte jedoch nur eine der Korrelationen. Da ein negativer Zusammenhang jedoch für alle Übungsblöcke nachweisbar ist und keine große Stichprobe vorliegt, könnte es sich dennoch um einen reliablen Effekt handeln – wenn auch nur mit moderater Effektstärke.

Die vorhergesagten Zusammenhänge zwischen den eingesetzten Messinstrumenten verschiedener Angst-Konstrukte (Hypothese *H4a*) konnten bestätigt werden: Sowohl der Fragebogen *STAI-Trait*, als ein Maß 'allgemeiner' Trait-Angst, als auch die für diese Untersuchung entwickelte *TATS*, als ein Maß der Trait-Technophobie, korrelierten signifikant positiv mit dem *STAI-State*-Fragebogen. Demgegenüber korrelieren *STAI-Trait* und *TATS* nur geringfügig miteinander. Dies liefert zum einen Evidenz dafür, dass der *TATS* als ein Prädiktor von State-Angst in technologischen Situationen angesehen werden kann, zum anderen, dass das dem *TATS* zugrunde liegende Konstrukt der Trait-Technophobie von 'allgemeiner' Trait-Angst abgegrenzt werden kann. Dieser Befund steht im Einklang mit dem *post-hoc* Befund aus der Analyse der Hypothesen *H2a* und *H2b*, der für eine Subgruppe der *VTn* mit höherer Trait-Technophobie auch höhere State-Angst ausweist.

Nicht bestätigt wurden die vermuteten Zusammenhänge zwischen State-Angst und Trait-Technophobie mit der Entscheidung in der *künstlichen Entscheidungsaufgabe* (Hypothese *H4b*). Aspekte der Angst standen in keinem signifikanten Zusammenhang zur Entscheidung, das Laser-Eingabegerät der Computer-Maus zur Bearbeitung einer neuen, unbekannteren Aufgabe vorzuziehen. Es ist zumindest denkbar, dass State-Angst dennoch einen negativen Einfluss auf die *Einstellung* zu dem neuartigen Laserpointer-Eingabegerät hatte, diese Einstellung jedoch wiederum keinen erheblichen Einfluss auf die Bereitschaft einer *tatsächlichen* Nutzung hatte (vgl. I. 5.2). Andererseits ist es auch möglich, dass der negative

Einfluss der State-Angst durch eine als hoch wahrgenommene Nützlichkeit des Laserpointer-Eingabegerätes weitgehend kompensiert wurde (vgl. TAM; s. I. 5.1).

Die qualitative Betrachtung des Verlaufs der Angaben auf den SAM-Fragebögen lieferte keine eindeutigen Hinweise auf systematische Veränderungen des emotionalen Zustands der *VTn* während der Bearbeitung mehrerer Aufgabenblöcke einer Antick-Aufgabe. Auffällige Unterschiede zwischen den Versuchsbedingungen konnten auch nicht identifiziert werden. Da die berichtete Valenz an allen Messzeitpunkten tendenziell positiv war und die Aktiviertheits-Werte nahezu konstant blieben, gibt es auf Basis des SAM auch keine Hinweise auf erhebliche Ermüdungseffekte oder Motivationsverlust während der Aufgabe.

IV. 2 Schlussfolgerungen

IV. 2.1 Theoretische Implikationen

Während einem Großteil der früheren Forschung auf dem Gebiet Technologie-bezogener Ängste keine fundierte Angst-Theorie zugrunde liegt, so sollte in dieser Arbeit *Technophobie* im Rahmen des *State-Trait-Angstmodells* (Schwenkmezger, 1985) sowie einer Erweiterung, dem *interaction model of anxiety* (Endler et al., 1991; s. I.4.2), eingeordnet werden. Eine wesentliche Zielsetzung war die Etablierung des Konstruktes der *Trait-Technophobie* als eine Hauptdeterminante von State-Angst in technologisch geprägten Situationen. Die hier vertretene Konzeptualisierung sieht Trait-Technophobie als eine umfassendere Form der in der Literatur von einigen Autoren vertretenen "Computer-Trait-Angst" (vgl. Gaudron & Vignoli, 2002; Beckers et al., 2007). Wie dargelegt wurde (s. I. 4.1), hat die Definition eines Angst-Konstruktes, welches ausschließlich PC-spezifisch ist, nur einen sehr eingeschränkten Aussagebereich und ist angesichts der heutigen Vielfalt an technologischen Geräten, die nicht den Merkmalen eines PC's entsprechen, nur von sehr begrenzter Nützlichkeit. Das Konstrukt der Trait-Technophobie soll demgegenüber die übergreifende Disposition abbilden, bei einer Konfrontation mit *diversen* technologischen Geräten Angst zu empfinden – und insbesondere auch differentielle Vorhersagen zur affektiven Rezeption *neuartiger* technologischer Geräte erlauben. Zur Messung der Trait-Technophobie wurde die *TATS* auf Basis der *EMAS-T* (Endler et al., 1991) und der *CATS* (Gaudron & Vignoli, 2002) entwickelt. Die Ergebnisse der Untersuchung legen nahe, dass das Konstrukt *Trait-Technophobie* von

einem 'allgemeinen' Trait-Angst-Konstrukt, wie es mit dem *STAI-Trait* gemessen wurde, weitgehend abgegrenzt werden kann. Die Korrelationen zwischen den beiden Messinstrumenten sind nur gering und nicht signifikant ($r = .13$) – das Ergebnis ist umso bemerkenswerter, als dass Endler für 3 von 4 der konzeptuell identischen *EMAS-T*-Subskalen deutlich höhere und signifikante Korrelationen ($r \sim .40$ und größer) mit dem *STAI-Trait* berichtet (Endler et al., 1991, S. 51). Dies weist auf eine besonders hohe Spezifität des mittels *TATS* operationalisierten Trait-Technophobie-Konstruktes hin, möglicherweise sogar auf eine dimensionale Eigenständigkeit. Gleichzeitig war in der Untersuchung die *TATS* in gleichem Maße prädiktiv für State-Angst wie der *STAI-Trait* – de facto liegt die Korrelation ($r = .41$) am oberen Rand aller von Endler berichteten Korrelationen zwischen *EMAS-T*-Subskalen und *STAI-Trait* (Endler et al., 1991, S. 53). Darüber hinaus wies eine Subgruppe von *VTn* mit *TATS*-Werten oberhalb des Stichproben-Medians signifikant höhere Werte auf dem *STAI-State* und signifikant negativere Valenz und höhere Aktiviertheit auf dem *SAM* auf. Insgesamt wird die Konstruktvalidität der Trait-Technophobie auf Basis der Untersuchung sowohl diskriminant als auch konvergent bestätigt. Das Konstrukt der *Trait-Technophobie* scheint also zur Vorhersage von State-Angst gemäß der *interaction theory of anxiety* in technologisch geprägten Situationen geeignet zu sein.

IV. 2.2 Praktische Implikationen und Bedeutung für die Evaluation von Eingabegeräten

Der Befund, dass erhebliche Leistungsverbesserungen durch Übung einer Antick-Aufgabe mit einem neuartigen Eingabegerät auch bei zeitlich nah aufeinander folgenden Aufgabenblöcken auftreten, ist von konkreter praktischer Relevanz: Zum einen unterstreicht dies die Notwendigkeit, Lerneffekte bei der Evaluation von neuartigen Eingabegeräten zu berücksichtigen – d.h. bei der Ermittlung der Leistungsfähigkeit mit einem neuartigen Eingabegerät muss den *VTn* zuvor Gelegenheit zur Übung gegeben werden. Zum anderen zeigt das Ergebnis, dass diese Übung nicht über mehrere Tage verteilt werden muss, sondern ökonomisch günstig an einem Einzeltermin stattfinden kann. Für die Übung in zeitlich nah aufeinander folgende Aufgabenblöcken weist die Potenzfunktion in der Regression des effektiven Leistungsindex (*IPe*) mit einer Varianzaufklärung von deutlich über 90% eine gleichermaßen gute Passung wie in den Befunden von Bieg (2008) auf, der die Übungsblöcke auf mehrere Tage verteilte. Ferner ist die *Lernrate* mit einem Exponenten von $c = .111$ nahezu iden-

tisch mit den von Bieg berichteten Daten, der $c = .115$ ermittelte. Eine Verteilung der Übung auf mehrere Tage scheint also keine Vorteile bezüglich der unmittelbar gemessenen Leistung zu bringen. Weiterhin gibt es auf Basis der gemessenen *SAM*-Werte insgesamt auch keine Hinweise auf wesentliche Veränderungen des affektiven Zustands der *VTn* während direkt aufeinanderfolgenden Übungsblöcken – bei fortwährend tendenziell positiver Valenz. Ermüdungseffekte oder Motivationsverlust sind deshalb vermutlich nicht erheblich aufgetreten, obwohl die Umsetzung der Antick-Aufgabe keine ansprechenden grafischen Elemente oder Leistungsrückmeldungen wie bei Bieg (2008) beinhaltete. Dies ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass der *VL* die *VTn* vor *jedem* Aufgabenblock erneut daran erinnerte, die Aufgabe so schnell *und* so genau wie möglich zu bearbeiten.

Eine entscheidende Frage im Kontext der Übung ist, ab welchem Zeitpunkt das Leistungsmaximum erreicht ist. In der vorliegenden Untersuchung konnte unter konservativen Testkriterien (*Bonferroni*-korrigierte Einzelvergleiche) noch für den Vergleich der *IPe*-Werte des fünften mit dem siebten (und letzten) Aufgabenblock ein nahezu signifikanter Unterschied ermittelt werden ($p = .053$). Dies weist darauf hin, dass auch nach der Mehrzahl der Übungsblöcke die Leistung weiter gesteigert werden konnte und das Leistungsmaximum noch nicht erreicht worden war. Wenn in einer Evaluation angestrebt wird, die Leistungsfähigkeit eines Eingabegerätes mit anderen Geräten zu vergleichen, so sollte jeder *VTn* jedoch so lange mit den jeweiligen Geräten üben, bis keine erhebliche Leistungsverbesserung mehr auftritt (vgl. ISO 9241-9, Annex B.3 (ISO, 2000)), da sonst kein realistischer Vergleich möglich ist. Eine praktikable und ökonomisch günstige Lösung wäre auf Basis der Erkenntnisse dieser Untersuchung die Integration einer 'mitlaufenden' Regressionsanalyse in die Anwendung, die für die Antick-Aufgabe genutzt wird. Eine solche Anwendung würde für jeden *VTn* *individuell* ab einer gewissen Mindestzahl an Aufgabenblöcken¹⁷ eine Regressionsanalyse der gemessenen Leistungsdaten auf eine Potenzfunktion vornehmen. Bei jedem darüber hinaus zusätzlich absolvierten Aufgabenblock würde der Datenpunkt des jeweils ersten berücksichtigten Aufgabenblocks aus der Regression entfernt, so dass die Regression bei jedem neuen Aufgabenblock mitlaufend an den aktuellen Leistungsverlauf angepasst wird. Dies würde solange erfolgen, bis die Varianzaufklärung einen vordefinierten Schwellenwert (z.B. $R^2 < .05$) unterschreitet, der als unwesentliche Leistungsverbesserung angesehen wird, und

¹⁷ für eine Analyse erforderlich sind mindestens Datenpunkte von 2 Aufgabenblöcken, es ist jedoch zum Ausgleich von Zufallsschwankungen sinnvoll, mindestens 4-5 Datenpunkte zu verwenden

zur Beendigung der Aufgabe führt. Der *höchste* von einem *VTn* bei dem beschriebenen Verfahren in einem Aufgabenblock erzielte Leistungswert wird für die Berechnung der über mehrere *VTn* zu berechnenden mittleren Geräteleistung verwendet. Die Verwendung des insgesamt höchsten Wertes erklärt sich aus den Vorhersagen des *power law of practice*, wonach es sehr wahrscheinlich ist, dass sich die Leistung in einer Aufgabe nach sehr vielen Übungsdurchgängen nahe der maximal erzielbaren Aufgabenleistung befindet (asymptotische Annäherung der Potenzfunktion). Ein solches Verfahren bietet gegenüber der in ISO 9241-9 Annex B.3 (ISO, 2000) recht diffus vorgeschlagenen Vorgehensweise der statistischen Testung 'stabilisierter' Lerneffekte wesentliche Vorteile: Jeder einzelne *VTn* übt nur so lange, bis das zuvor definierte Abbruchkriterium erreicht ist – die mitlaufende Regressionsanalyse also den Schwellenwert der geringsten noch als relevant erachteten Varianzaufklärung unterschreitet. Würde hingegen ein statistischer Test auf eine signifikante Leistungsverbesserung mit den aggregierten Daten von allen *VTn* vorgenommen, so würden individuelle Unterschiede in der *Lernrate* unberücksichtigt bleiben: Die Leistungswerte einiger *VTn* würden nach einigen Übungsblöcken im Bereich ihres Leistungsmaximums fluktuieren, während andere *VTn* nach wie vor erhebliche Verbesserungen zeigen, die aber nicht ausreichen, um die aggregierte Gesamtleistung signifikant anzuheben. Einige *VTn* würden also unnötig viel üben, andere hingegen zu wenig. Durch die Aggregation der Werte würde die Geräteleistung insgesamt niedriger eingeschätzt werden, als dies bei einem regelmäßigen Gebrauch eines in der Übungsphase erstmalig genutzten Eingabegerätes anzunehmen ist. In Verbindung mit der in dieser Untersuchung demonstrierten Möglichkeit, Übungsblöcke ohne Verringerung von Lerneffekten in kurzen Zeitabständen an einem Einzeltermin durchzuführen, zeigt das vorgeschlagene Verfahren eine günstige Ökonomie bei gleichzeitig hoher ökologischer Validität. Für den Vergleich von unterschiedlichen Eingabegeräten ist dabei weniger die absolute Höhe des Abbruchkriteriums der Übung relevant, als vielmehr dass dieses Kriterium für alle Geräte gleich ist. Um die Vergleichbarkeit der Leistungswerte zwischen unterschiedlichen Eingabegeräten zu gewährleisten, ist wichtig, dass für *jedes* zu vergleichende Gerät – auch für potentiell 'überlernte' Geräte, wie die Computer-Maus – die Leistungsmessung auf Basis des gleichen Übungsverfahrens und in der gleichen Aufgabe erfolgt. Denn es ist davon auszugehen, dass nicht nur für das Eingabegerät selbst, sondern auch für die Antick-Aufgabe Lerneffekte auftreten.

Während für den Faktor "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*"

kein signifikanter Einfluss auf State-Angst und Leistung nachgewiesen werden konnte, so kann ein negativer Einfluss der State-Angst auf die Aufgabenleistung zumindest im Ansatz bestätigt werden. Dies legt nahe, dass affektive Zustände für die Evaluation von Eingabegeräten selbst in einer wenig komplexen und stark standardisierten Antick-Aufgabe von Bedeutung sein können. Darüber hinaus scheint die berichtete State-Angst mit relativ stabilen Angst-Dispositionen (Trait-Angst) in Verbindung zu stehen, wovon eine die Technologiespezifische *Trait-Technophobie* zu sein scheint. Dies bedeutet, dass für Personen mit hoher Trait-Technophobie bei einer Eingabegeräte-Evaluation potentiell auch hohe State-Angst und damit möglicherweise eine niedrigere Leistung einhergehen. Deshalb ist es empfehlenswert, standardmäßig die State-Angst bei der Evaluation von Eingabegeräten mit einem geeigneten Messinstrument (wie dem *STAI-State*) zu erfassen und für unterschiedliche Eingabegeräte zusätzlich zu den Leistungsdaten darzustellen. Dies ermöglicht differenzierende Aussagen zum Leistungsniveau insofern, als dass eine stark negative Korrelation der State-Angst mit der Aufgabenleistung auf eine mögliche Unterschätzung der tatsächlichen Geräteleistung hinweist (sofern keine Drittvariable existiert, die sowohl Leistung als auch State-Angst beeinflusst).

Auch wenn es in der Untersuchung nicht gelungen ist, den vorhergesagten Bezug der *Akzeptanz* des Laserpointer-Eingabegerätes zu Aspekten der Angst nachzuweisen, so wurde mit der *KEA* ein alternatives Verfahren zur Akzeptanzmessung vorgestellt, dessen Eigenschaften eine realistischere Erfassung der Nutzungspräferenz zwischen verschiedenen Eingabegeräten ermöglicht, als die bloße Abfrage von Einstellungen¹⁸. Das Verfahren ist einfach und ökonomisch, weshalb seine Anwendung – unter Beachtung ethischer Grundsätze – als eine Ergänzung zu Einstellungsfragebögen bei der Evaluation von Eingabegeräten zusätzlichen Erkenntnisgewinn bedeuten kann.

IV. 3 Kritik und Ausblick

IV. 3.1 Limitationen dieser Untersuchung

Nicht alle Untersuchungsziele konnten erreicht werden. Insbesondere konnte ein Ein-

¹⁸ De facto zeigt die Analyse der mittels *KEA* gemessenen Akzeptanz mit Aspekten der Angst lediglich, dass diese vermutlich nicht zusammenhängen – dieser Befund bedeutet jedoch nicht, dass deshalb die *KEA* ein invalides Instrument darstellt.

fluss des Faktors "*Technologie-Bezug in der Beschreibung des Eingabegerätes*" nicht signifikant nachgewiesen werden. Eine mögliche Ursache ist die zu subtile Realisierung der zugrunde liegenden Manipulation, welche lediglich auf der Variation weniger Worte in der Aufgabeninstruktion beschränkt war. Es ist ein bedeutend größerer Einfluss der Untersuchungssituation auf mögliche Angstempfindungen anzunehmen, als auf Basis der rein textbasierten Manipulation. Vor allem angesichts des nachgewiesenen Zusammenhangs zwischen Trait-Technophobie und State-Angst ist der Umstand, dass die Manipulation und die Messung der State-Angst im Versuchsraum vorgenommen wurde, problematisch: Die *VTn* wurden so unweigerlich der *Powerwall* und damit auch des technologischen Charakters der Untersuchung gewahr, welche bei Vorliegen hoher Trait-Technophobie die State-Angst bereits auf ein Niveau angehoben haben könnte, auf welchem ein möglicher differentieller Einfluss der Manipulation keine Steigerung mehr erzielen konnte. Zum Ausschluss dieser Möglichkeit sollte das Untersuchungsdesign für evtl. zukünftige Untersuchungen so abgeändert werden, dass die experimentelle Manipulation und Messung der State-Angst in einem separaten Technologie-freien Versuchsraum erfolgt und die *VTn* erst im Anschluss daran mit der "technologischen Situation" konfrontiert werden.

Die Aussagekraft der Untersuchung wird möglicherweise auch durch die überwiegend studentische Stichprobe eingeschränkt. Es ist anzunehmen, dass die Nutzung von Computern und technologischen Geräten bei jungen, gebildeten Erwachsenen weiter verbreitet ist als in der Allgemeinbevölkerung (vgl. Czaja et al., 2006). Auch wenn es *nicht* das Ziel war, *repräsentative* Aussagen zu den Auswirkungen von *Technophobie* zu machen, so ist nicht auszuschließen, dass allein aufgrund der stark selektiven Stichprobe potentiell existierende Zusammenhänge nicht bestätigt wurden, da das Angstniveau insgesamt zu niedrig war. Aus diesem Grund erscheint es sinnvoll, die Untersuchung mit einer weniger Technologie-affinen Stichprobe zu wiederholen.

Darüber hinaus sind Aussagen, die zum Konstrukt der *Trait-Technophobie* gemacht wurden, als vorläufig anzusehen. Denn die zur Messung von Trait-Technophobie entwickelte *TATS*, welche übersetzte Items des *EMAS-T* beinhaltet, wurde bislang nicht an einer ausreichend großen Stichprobe validiert. Eine umfassende statistische Validierung sollte auch im Kontext der anderen *EMAS-T*-Subskalen und des *EMAS-S*, sowie anderer gebräuchlicher Computer-Angst-Fragebögen – wie der *Computer Anxiety Rating Scale* (CARS) von Heins-

sen et al. (1986) und dem gleichnamigen Instrument von Rosen et al. (1992) – erfolgen. Die vorläufigen Erkenntnisse dieser Untersuchung weisen darauf hin, dass die *TATS* ein aussichtsreiches, theoretisch fundiertes Instrument zur Messung von Technologie-bezogenen Angstdispositionen sein könnte.

Ähnliche Einschränkungen ergeben sich für die zur Messung der Akzeptanz vorgeschlagenen *künstlichen Entscheidungsaufgabe (KEA)*: Das Verfahren wurde nicht validiert. Dabei sollte ein effektiver Nachweis der Vorhersagevalidität der *KEA* durch Messung der Nutzungspräferenz zwischen verschiedenen Eingabegeräten im alltäglichen Gebrauch erfolgen, welches in das vorliegende Untersuchungsdesign nur unter großem Aufwand hätte integriert werden können. Die Verwendung von Einstellungsfragebögen ist zu einem solchen Zweck kaum geeignet, da diese selbst – wie erörtert wurde (s. I. 5.2) – nicht als valide angesehen werden können. Ein weiteres Problem dieser Arbeit ist, dass Übung nur für das Laserpointer-Eingabegerät erfolgte, nicht jedoch für die in der *KEA* alternativ angebotene Computer-Maus. Damit sind nicht die gleichen Voraussetzungen für eine Auswahl zwischen den Geräten gegeben. Es ist einerseits möglich, dass *VTn* von der fortgesetzten Benutzung des Laserpointer-Eingabegerätes ermüdet waren, und deshalb die Computer-Maus wählten. Andererseits könnte sich die fehlende Übungserfahrung mit der Computer-Maus an einem Großbildschirm auch positiv auf die Bereitschaft zur Verwendung des Laserpointer-Eingabegerätes ausgewirkt haben. Zuverlässigere Informationen zur Akzeptanz der jeweiligen Eingabegeräte lassen sich nur gewinnen, wenn mit *jedem* der in einer *KEA* zur Auswahl stehenden Eingabegeräte auch zuvor geübt wurde.

IV. 3.2 Ausblick – weitere Forschung

In dieser Arbeit wurden die Aspekte *Technophobie*, *Lernen* und *Akzeptanz* im Kontext der Benutzung eines neuartigen *Laserpointer-Eingabegerätes* untersucht, um Erkenntnisse zur Struktur und den Wechselbeziehungen dieser Aspekte zu gewinnen, welche auch für die Evaluationsmethodik von Eingabegeräten bedeutsam sind. Neben der Notwendigkeit, methodische Unzulänglichkeiten auszuräumen (s. IV. 3.1), ergeben sich aus dieser Arbeit auch einige weitere Forschungsfragen, deren Untersuchung interessant erscheint.

Von besonderem Interesse wäre eine Untersuchung des Einflusses der in einer Antick-

Aufgabe erzielten *Leistung* auf die *Akzeptanz* eines Eingabegerätes. Denn gemäß dem *technology acceptance model (TAM)* (Davis, 1993, s. I. 5.1) sollte sich die "wahrgenommene Nützlichkeit" auf die Einstellung zur Nutzung einer Technologie auswirken. Wie die Befunde von Davis zeigen, könnte die wahrgenommene Nützlichkeit aber auch einen direkten Einfluss auf Nutzung einer Technologie haben. Es erscheint nachvollziehbar, dass die wahrgenommene Nützlichkeit zumindest teilweise durch die mit dem Gerät erzielte Leistung repräsentiert wird. Die Untersuchung der Beziehung von *Leistung* und *Akzeptanz* eines Eingabegerätes könnte zum einen zwischen *VTn* mit unterschiedlicher Aufgabenleistung mit dem gleichen Gerät, zum anderen zwischen unterschiedlichen Geräten erfolgen. Erkenntnisse dazu sind vor allem interessant, da in dieser Untersuchung ein vermuteter Bezug zwischen Trait-Technophobie und State-Angst mit Akzeptanz nicht bestätigt werden konnte, ein Bezug zwischen State-Angst und Leistung im Ansatz jedoch schon. Es wäre möglich, dass State-Angst sich zwar nicht direkt, jedoch indirekt über *Leistung* als *Mediator-Variable* auf die *Akzeptanz* auswirkt.

Was die Erfassung von Angst angeht, so würde die Messung physiologischer Korrelate der Angst – wie z.B. der elektrische Hautwiderstand – neue Perspektiven eröffnen (s. z.B. Öhman & Soares, 1994; Cuthbert et al., 2003). Im Idealfall könnte eine entsprechende Messvorrichtung auf den Eingabegeräten selbst angebracht werden und würde so die kontinuierliche Erfassung physiologischer Daten ermöglichen, die in Bezug zu parallel erfassten Leistungsdaten in einer währenddessen bearbeiteten Antick-Aufgabe analysiert werden könnten. Dies würde eine hohe zeitliche Auflösung von Zustandsveränderungen und potentiell auch eine höhere Veränderungs-Sensitivität als bei Fragebögen gewährleisten. Demzufolge wären präzisere Aussagen zu potentiellen Wechselbeziehungen der Faktoren auf einer Mikroebene möglich. In Ergänzung zu Selbstberichts-Instrumenten kann so auch die Validität möglicher Aussagen beträchtlich gesteigert werden.

Interessant wäre außerdem der Vergleich des Verlaufs von Leistungsverbesserungen zwischen zwei oder mehr Eingabegeräten. Dabei ist u.a. von Interesse, welcher Anteil an einer insgesamt beobachteten Leistungsverbesserung auf das Erlernen des Eingabegerätes und welcher auf das Erlernen der verwendeten Antick-Aufgabe zurückzuführen ist. Umgesetzt werden könnte eine solche Aufschlüsselung der Lerneffekte durch einen Vergleich zwischen einem neuartigen Eingabegerät (z.B. dem hier verwendeten Laserpointer-Eingabegerät) und

einem 'überlernten' Gerät (z.B. der Computer-Maus, vgl. I. 3.1). Da die präzise Bedienung des überlernten Gerätes als gegeben angenommen werden kann und daher keine kognitive Belastung darstellt, sollten Leistungsverbesserungen bei Nutzung dieses Gerätes primär aufgabenspezifische Lerneffekte reflektieren. Als ein weiteres Merkmal bei der Leistungsevaluation von verschiedenen Eingabegeräten sollte nicht nur die absolute Höhe der erzielten Aufgabenleistung berücksichtigt werden, sondern auch die *Geschwindigkeit*, mit der diese Leistungsverbesserungen erzielt werden können – also die *Erlernbarkeit des Gerätes* (gemäß dem *power law of practice* ist dies die *Lernrate 'c'*). Es ist denkbar, dass die *Erlernbarkeit des Gerätes* in negativem Zusammenhang zu Angstepfindungen und in positivem Zusammenhang zur *Akzeptanz* des Gerätes steht, da der Benutzer schneller Verbesserungen in der Aufgabenleistung bemerkt, was sich positiv auf die Wahrnehmung der eigenen Kompetenz im Umgang mit einem neuartigen Gerät auswirken könnte (s. Matocchio, 1994; Compeau & Higgins, 1995).

In dieser Arbeit konnte zumindest im Ansatz aufgezeigt werden, dass Persönlichkeitseigenschaften (*Trait*-Merkmale) und affektive Zustände der Benutzer bei der Evaluation von Eingabegeräten eine Rolle spielen können. Die Evaluation von Eingabegeräten kann von der zusätzlichen Berücksichtigung solcher Faktoren nur profitieren. Ein besonderes Augenmerk weiterer Forschung sollte dabei auch in ihrer Integration im Rahmen sinnvoller theoretischer Zusammenhänge liegen. Dies ermöglicht erst eine systematische und integrative Analyse komplexer Zusammenhänge, wie sie im Fall von Affekt und Leistung auftreten. Wie exemplarisch gezeigt wurde, existieren in der Psychologie bereits fundierte Theorien und passende Messinstrumente, die für Einsatzbereiche in der Mensch-Computer-Interaktion nutzbar gemacht werden können.

V. LITERATURVERZEICHNIS

- Ahlborn, B. A., Thompson, D., Kreylos, O., Hamann, B., & Stadt, O. G. (2005). A practical system for laser pointer interaction on large displays. In *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (Monterey, CA, USA, November 07 - 09, 2005)*. VRST '05. ACM, New York, NY, 106-109.
- Ajzen, I. (2001). Nature and operation of attitudes. *Annual Review of Psychology*, 52, 27-58.
- American Psychiatric Association [APA] (2000). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders – DSM-IV-TR (4th ed., Text Revision)*. American Psychiatric Association, Washington DC.
- American Psychological Association [APA] (2002). *Ethical Principles of Psychologists and Code of Conduct*. Abgerufen am 5. Dezember 2008 von <http://www.apa.org/ethics/code2002.html>
- Anthony, L. M., Clarke, M. C., & Anderson, S. J. (2000). Technophobia and personality subtypes in a sample of South African university students. *Computers in Human Behavior*, 16, 31-44.
- Bahrnick, H. P., & Phelps, E. (1987). Retention of spanish vocabulary over 8 years. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 13, 344-349.
- Baumrind, D. (1985). Research using intentional deception: Ethical issues revisited. *American Psychologist*, 40, 165-174.
- Beckers, J. J., Wicherts, J. M., Schmidt, H. G. (2007). Computer anxiety: "trait" or "state"? *Computers in Human Behavior*, 23, 2851-2862.
- Bieg, H.-J. (2008). *Laserpointer and Eye Gaze Interaction - Design and Evaluation*. Masterarbeit an der Universität Konstanz. Abgerufen am 30. November 2008 von http://hci.uni-konstanz.de/downloads/MA_Bieg_2008.pdf
- Bradley, M. M., & Lang, P. J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*, 25(1), 49-59.

- Brod, C. (1984). *Technostress: The Human Cost of the Computer Revolution*. MA: Addison-Wesley.
- Brosnan, M. J. (1998). The impact of computer anxiety and self-efficacy upon performance. *Journal of Computer Assisted Learning*, 14, 223-234.
- Browndyke, J. N., Albert, A. L., Malone, W., Schatz, P., Paul, R. H., Cohen, R. A., et al. (2002). Computer-related anxiety: Examining the impact of technology-specific affect on the performance of a computerized neuropsychological assessment measure. *Applied Neuropsychology*, 9(4), 210-218.
- Card, S. K., English, W. K., & Burr, B. J. (1978). Evaluation of mouse, rate-controlled isometric joystick, step keys, and text keys for text selection on a CRT. *Ergonomics*, 21(8), 601-613.
- Caswell, N.S. (1988). Introduction to input devices. In S. Sherr (Ed.), *Input Devices*, 1-70. New York: Academic Press.
- Chignell, M. H., & Waterworth, J. A. (1991). Wimps and nerds: an extended view of the user interface. *SIGCHI Bull.* 23(2), 15-21.
- Chua, S. L., Chen, D.-T., & Wong, A. F. L. (1999). Computer anxiety and its correlates: A meta-analysis. *Computers in Human Behavior*, 15, 609-623.
- Compeau, D. R., & Higgins, C. A. (1995). Computer self-efficacy: Development of a measure and initial test. *MIS Quarterly*, June 1995, 189-211.
- Cook, E. W. III, Melamed, B. G., Cuthbert, B. N., McNeil, D. W., & Lang, P. J. (1988). Emotional imagery and the differential diagnosis of anxiety. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 56, 736-740.
- Crossman, E. R. F. W. (1959). A theory of the acquisition of speed-skill. *Ergonomics*, 2, 153-166.
- Cuthbert, B. N., Lang, P. J., Strauss, C., Drobles, D., Patrick, C. J., & Bradley, M. M. (2003). The psychophysiology of anxiety disorder: Fear memory imagery. *Psychophysiology*, 40, 407-422.
- Czaja, S. J., Charness, N., Fisk, A. D., Hertzog, C., Nair, S. N., Rogers, W. A., et al. (2006). Factors predicting the use of technology: Findings from the center for research and

- education on aging and technology enhancement (CREATE). *Psychology and Aging*, 21(2), 333–352.
- Davis, F. D. (1993). User acceptance of information technology: system characteristics, user perceptions and behavioral impacts. *International Journal of Man-Machine Studies*, 38, 475-487.
- Deane, F., Henderson, R. D., Barrelle, K., Saliba, A., & Mahar, D. (1995). Construct validity of computer anxiety as measured by the Computer Attitude Scale. In Y. Anzai, K. Ogawa, & H. Mori (Eds.), *Advances in Human Factors/Ergonomics, 20B: Symbiosis of Human and Artefact: Human and Social Aspects of Human-Computer Interaction (Vol. 2)*. Amsterdam: Elsevier Science, 581-586.
- Donovan, J. J., & Radosevich, D. J. (1999). A meta-analytic review of the distribution of practice effect: Now you see it, now you don't. *Journal of Applied Psychology*, 84, 795-805.
- Douglas, S. A., Kirkpatrick, A. E., & MacKenzie, I. S. (1999). Testing pointing device performance and user assessment with the ISO 9241, part 9 standard. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 215-222.
- Driskell, J. E., Willis, R. P., & Copper, C. (1992). Effect of overlearning on retention. *Journal of Applied Psychology*, 77, 615-622.
- Endler, N. S., Edwards, J. M., & Vitelli, R. (1991). *Endler Multidimensional Anxiety Scales (EMAS)*. Western Psychological Services.
- Endler, N. S., Parker, J. D., Bagby, R. M., & Cox, B. J. (1991). Multidimensionality of state and trait anxiety: Factor structure of the Endler Multidimensional Anxiety Scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 60, 919-926.
- Eysenck, M. W., & Calvo, M. G. (1992). Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 6(6), 409-434.
- Fishbein M, Ajzen I. (1975). *Belief, Attitude, Intention, and Behavior: An Introduction to Theory and Research*. MA: Addison-Wesley.
- Fitts, P. M. (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47(6), 381-391.

- Fitts, P. M., & Peterson, J. R. (1964). Information capacity of discrete motor responses. *Journal of Experimental Psychology*, 67(2), 103-112.
- Foley, J. D., & Wallace, V. L. (1974). The art of natural graphic man-machine conversation. *Proceedings of the IEEE*, 62(4), 462-471.
- Foley, J. D., van Dam, A., Feiner, S. K., & Hughes, J. F. (1997). *Computer Graphics: Principles and Practice (2nd ed.)*. Mass.: Addison-Wesley.
- Friedewald, M. (2008). Ubiquitous Computing: Ein neues Konzept der Mensch-Computer-Interaktion und seine Folgen. In H. D. Hellige (Ed.), *Mensch-Computer-Interface - Zur Geschichte und Zukunft der Computerbedienung*. Bielefeld: Transcript.
- Gaudron, J.-P. & Vignoli, E. (2002). Assessing computer anxiety with the interaction model of anxiety: development and validation of the computer anxiety trait subscale. *Computers in Human Behavior*, 18, 315-325.
- Glenberg, A. M., & Lehmann, T. S. (1980). Spacing repetitions over 1 week. *Memory & Cognition*, 8, 528-538.
- Heinssen, R. K., Glass, C. R., & Knight, L. A. (1987). Assessing computer anxiety: Development and validation of the computer anxiety rating scale. *Computers in Human Behavior*, 3, 49-59.
- Hodes, R., Cook, E. W. III, & Lang, P. J. (1985). Individual differences in autonomic response: conditioned association or conditioned fear? *Psychophysiology*, 22, 545-560.
- Igbaria, M., Parasuraman S. (1989). A path analytic study of individual characteristics, computer anxiety and attitudes towards microcomputers. *Journal of Management*, 15(3), 373-388.
- ISO 9241-9 (2000). *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) - Part 9: Requirements for Non-Keyboard Input Devices*.
- ISO 9241-11 (1998). *Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs) - Part 9: Guidance on Usability*.
- Johnston, D. W., Johnston, M., Pollard, B., Kinmonth, A. L., & Mant, D. (2004). Motivation is not enough: Prediction of risk behavior following diagnosis of Coronary Heart Disease from the theory of planned behavior. *Health Psychology*, 23(5), 533-538.

- Johnson, J. H., & Johnson, K. N. (1981). Psychological considerations related to the development of computerized testing stations. *Behavior Research Methods & Instrumentation*, *13*(4), 421-424.
- Kirstein C. & Müller H. (1998). Interaction with a projection screen using a camera-tracked laser pointer. *Proceedings of the 1998 Conference on MultiMedia Modeling, IEEE Computer Society*, Washington, 191-192.
- König, W. A., Bieg, H.-J., & Reiterer, H. (2007). Laserpointer-Interaktion für große, hochauflösende Displays. *Proceedings of the Mensch & Computer*, 69-78.
- König, W. A., Bieg, H.-J., Schmidt, T., & Reiterer, H. (2007). Position-independent interaction for large high-resolution displays. *Proceedings of IADIS International Conference on Interfaces and Human Computer Interaction 2007*, 117-125.
- Kulviwat, S., Bruner II, G. C., Kumar, A., Nasco, S. A., & Clark, T. (2007). Towards a unified theory of consumer acceptance technology. *Psychology & Marketing*, *24*(12), 1059-1084.
- Lang, P. J. (1980). Behavioral treatment and bio-behavioral assessment: Computer applications. In J. B. Sidowski, J. H. Johnson, & T. A. Williams (Eds.), *Technology in Mental Health Care Delivery Systems*, 119-137. Norwood, NJ: Ablex.
- Laux, L., Glanzmann, P., Schaffner, P., & Spielberger, C. D. (1981). *Das State-Trait-Angst-Inventar - Theoretische Grundlagen und Handanweisung*. Weinheim: Beltz Testgesellschaft.
- Logan, G. D. (1985). Skill and automaticity: Relations, implications and future directions. *Canadian Journal of Psychology*, *39*, 367-386.
- Logan, G. D. (1988). Toward an instance theory of automatization. *Psychological Review*, *95*, 492-527.
- Logan, G. D. (1992). Shapes of reaction-time distributions and shapes of learning curves: A test of the instance theory of automaticity. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *18*, 883-914.
- Logan, G. D. (1995). The Weibull distribution, the power law, and the instance theory of automaticity. *Psychological Review*, *102*, 751-756.

- MacKenzie, I. S. (1992). Fitts' law as a research and design tool in human-computer interaction. *Human-Computer Interaction*, 7(1), 91-139.
- MacKenzie, I. S. and Isokoski, P. (2008). Fitts' throughput and the speed-accuracy tradeoff. In *Proceeding of the Twenty-Sixth Annual SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (Florence, Italy, April 05 - 10, 2008)*. CHI '08. ACM, New York, NY, 1633-1636.
- Marcoulides, G. A. (1989). Measuring computer anxiety: The computer anxiety scale. *Educational and Psychological Measurement*, 49, 733-739.
- Martocchio, J. J. (1994). Effects of conceptions of ability on anxiety, self-efficacy, and learning in training. *Journal of Applied Psychology*, 79(6), 819-825.
- Maurer, M. M. (1994). Computer anxiety correlates and what they tell us: A literature review. *Computers in Human Behavior*, 10(3), 369-376.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An Approach to Environmental Psychology*. Cambridge, MA: MIT.
- Meier, S. T. (1988). Predicting individual differences in performance on computer-administered tests and tasks: development of the Computer Aversion Scale. *Computers in Human Behavior*, 4, 175-187.
- Myers, B. A., Bhatnagar, R., Nichols, J., Peck, C. H., Kong, D., Miller, R., et al. (2002). Interacting at a distance: Measuring the performance of laser pointers and other devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, ACM Press, New York, 33-40.
- Neely, J. H. (1977). Semantic priming and retrieval from lexical memory: Roles of inhibitionless spreading activation and limited-capacity attention. *Journal of Experimental Psychology: General*, 106, 226-254.
- Newell, A., & Rosenbloom, P. S. (1981). Mechanisms of skill acquisition and the law of practice. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive Skills and Their Acquisition*, 1-55. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nichols, A. L. & Maner, J. K. (2008). The good-subject effect: Investigating participant demand characteristics. *Journal of General Psychology*, 135(2), 151-165.

- Norberg, P. A., Horne, D. R., & Horne, D. A. (2007). The privacy paradox: Personal information disclosure intentions versus behaviors. *Journal of Consumer Affairs*, 41 (Summer), 100-126.
- Öhman, A. & Soares, J. J. (1994). "Unconscious anxiety": Phobic responses to masked stimuli. *Journal of Abnormal Psychology*, 103(2), 231-240.
- Oh, J. & Stürzlinger W. (2002). Laser pointers as collaborative pointing devices. In *Proceedings of the Graphics Interface*, 141-149.
- Palmeri, T. J. (1999). Theories of automaticity and the power law of practice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25(2), 543-551.
- Poldrack, R. A., Sabb, F. W., Foerde, K., Tom, S. M., Asarnow, R. F., Bookheimer, S. Y., et al. (2005). The neural correlates of motor skill automaticity. *Journal of Neuroscience*, 25, 5356–5364.
- Rosen, L. D., Sears, D. C., & Weil, M. M. (1992a). *Measuring Technophobia. A Manual for the Administration and Scoring of Three Instruments: Computer Anxiety Rating Scale (Form C), General Attitudes Toward Computers Scale (Form C) and Computer Thoughts Survey (Form C)*. Dominguez Hills: California State University, Computerphobia Reduction Program.
- Rosen, L. D., Sears, D. C., Weil, M. M. (1992b). Treating technophobia: A longitudinal evaluation of the computerphobia reduction program. *Computers in Human Behavior*, 9, 27-50.
- Rosen, L. D. & Weil, M. M. (1995). Computer availability, computer experience and technophobia among public school teachers. *Computers in Human Behavior*, 11(1), 9-31.
- Rosenthal, R. (1994). Interpersonal expectancy effects: A 30-year perspective. *Current Directions in Psychological Science*, 3, 176-179.
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2005). *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis (4th ed.)*. Champaign: Human Kinetics.
- Schwenkmezger, P. (1985). *Modelle der Eigenschafts- und Zustandsangst*. Göttingen: Verlag für Psychologie, Dr. C. J. Hogrefe.
- Shedletsky, R., & Endler, N. S. (1974). Anxiety: The state-trait model and the interaction

- model. *Journal of Personality*, 42, 511-527.
- Sheppard, B. H., Hartwick, J., Warshaw, P. R. (1988). The theory of reasoned action: A meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research. *Journal of Consumer Research*, 15, 325-343.
- Shiffrin, R. M., & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic human information processing. II: Perceptual learning, automatic attending, and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Simonson, M. R., Maurer, M., Montag-Toradi, M., & Whitaker, M. (1987). Development of a standardized test of computer literacy and a computer anxiety index. *Journal of Educational Computing Research*, 3(2), 231-247.
- Smith, B., & Caputi, P. (2001). Cognitive interference in computer anxiety. *Behavior & Information Technology*, 20, 265-273.
- Smith, B., & Caputi, P. (2007). Cognitive interference model of computer anxiety: Implications for computer-based assessment. *Computers in Human Behavior*, 23, 1481-1498.
- Snoddy, G. S. (1926). Learning and stability: A psychophysiological analysis of a case of motor learning with clinical applications. *Journal of Applied Psychology*, 10(1), 1-36.
- Spielberger, C. D., Gorsuch, R. L., & Lushene, R. E. (1970). *Manual for the State-Trait Anxiety Inventory*. Palo Alto, Calif.: Consulting Psychologists Press, 1970.
- Venkatesh, V. (2000). Determinants of perceived ease of use: Integrating control, intrinsic motivation, and emotion into the Technology Acceptance Model. *Information Systems Research*, 11(4), 342-365.
- Weil, M. M., Rosen, L. D., Wugalter, S. R. (1990). The etiology of computerphobia. *Computers in Human Behavior*, 6, 361-379.
- Weil, M. M. & Rosen, L. D. (1995). The psychological impact of technology from a global perspective: A study of technological sophistication and technophobia in university students from twenty-three countries. *Computers in Human Behavior*, 11(1), 95-133.
- Wickelgren, W. A. (1977). Speed-accuracy tradeoff and information processing dynamics. *Acta Psychologica*, 41, 67-85.
- World Health Organisation [WHO] (2007). *International Statistical Classification of Diseases*

ses and Related Health Problems (10th Rev.) [ICD-10] - Chapter V - Mental and Behavioural Disorders. Abgerufen am 24. November 2008, von <http://www.who.int/classifications/apps/icd/icd10online/>

Yi, M. Y., Hwang, Y. (2003). Predicting the use of web-based information systems: Self-efficacy, enjoyment, learning goal orientation, and the Technology Acceptance Model. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59, 431-449.

Zajonc, R. B. (1980). Feeling and thinking - Preferences need no inferences. *American Psychologist*, 35(2), 151-175.

VI. APPENDIX

A / B – Teilnehmer-Information und Pretest-SAM (SAM0)

A

Teilnehmer-Information

Lieber/ Studententeilnehmer/in,

bei der Studie, an der Sie teilnehmen können, handelt es sich um eine Untersuchung zur Bedienbarkeit von Bildschirm-Eingabegeräten. Ziel ist herauszufinden, welche Zusammenhänge zwischen der Benutzung eines Eingabegerätes und dem Befinden der Benutzer bestehen. Die Studie wird im Rahmen einer Diplomarbeit an der Universität Konstanz durchgeführt.

Während der Untersuchung werden Ihnen mehrere Fragebögen vorgelegt und Sie werden eine einfache Aufgabe mit einem Eingabegerät mehrfach durchführen. Es gibt kurze Pausen zwischen den einzelnen Durchführungen. Detaillierte Anweisungen zu den Fragebögen und der Aufgabe erhalten Sie im weiteren Verlauf der Untersuchung. Die Gesamtdauer (inklusive Pausen) beträgt ca. **2,5 Stunden**.

Als Aufwandsentschädigung für Ihre Teilnahme erhalten Sie **15,- EUR**.

Jegliche Informationen, die im Zusammenhang mit dieser Studie erhoben werden, werden anonymisiert verarbeitet und ausschließlich für Forschungszwecke verwendet. Informationen, die mit Ihrer Person in Verbindung gebracht werden könnten, werden vertraulich behandelt. Sie haben auch das Recht, die Verwendung der von Ihnen gesammelten Informationen nach Ende der Untersuchung zu untersagen.

Sie habe die freie Wahl, ob Sie an der Studie teilnehmen möchten oder nicht. Sie können Ihre Teilnahme jederzeit während der Untersuchung abbrechen, ohne dass Ihnen dadurch Nachteile entstehen.

Wenn Sie Fragen haben, wenden Sie sich bitte an den Versuchsleiter. Bitte teilen Sie mit, ob Sie diese Information vollständig verstanden haben und Sie zu einer Teilnahme bereit sind.

Bei späteren Fragen wenden Sie sich bitte per E-Mail an **Martin.2.Rieger@uni-konstanz.de**.

Auf Wunsch können Sie eine Kopie dieser Information erhalten.

Konstanz, Juni 2008

Verantwortlich für die Studie:

Martin Rieger
XXXXXXXXXXXX XXX
XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

B

Fragebogen zum aktuellen Empfinden

SAM0

Den folgenden sehr kurzen Fragebogen werden Sie im Verlauf der Untersuchung mehrmals ausfüllen.

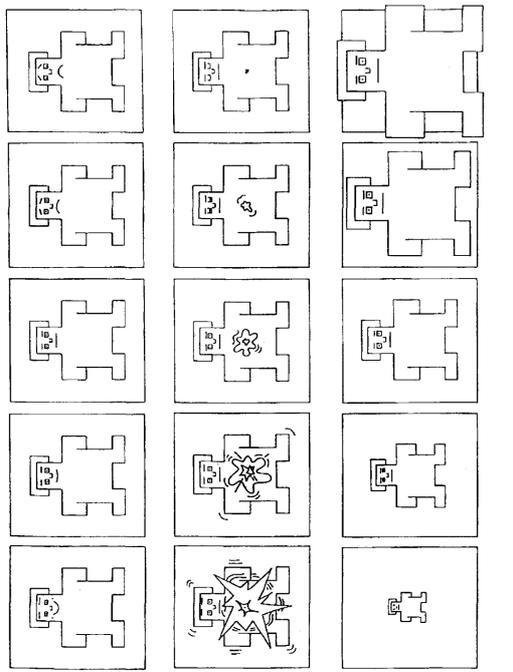
Bitte beantworten Sie diesen Fragebogen auch bei jedem erneuten Ausfüllen unabhängig von Ihren Antworten bei zuvor ausgefüllten Fragebögen. Jegliche Schwankungen in Ihren Antworten sind völlig normal.

Wir möchten Sie auch nochmals darauf hinweisen, dass Ihre Angaben nur in anonymisierter Form und ausschließlich zu Forschungszwecken verwendet werden.

Welche der folgenden Bilder entsprechen am ehesten Ihrem **augenblicklichen** Empfinden?

Machen Sie bitte in jeder der drei horizontalen Reihen ein Kreuz **auf oder zwischen** den Bildern.

Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten.



C – Aufgabeninstruktionen in beiden Versuchsbedingungen

Beschreibung Ihrer Aufgabe

Für Ihre Aufgabe werden Sie ein [technologisch hochentwickeltes] Laser-Eingabegerät benutzen. Auf eine Darstellung der [umfangreichen technischen] Merkmale, mit denen das Gerät ausgestattet wurde, wird hier aus Platzgründen verzichtet. Wichtig für Sie zu wissen ist, dass die [hochentwickelte Technologie] des Gerätes die Voraussetzung dafür bietet, dass Sie Ihre Aufgabe schnell und genau erfüllen können.

Bei Ihrer Aufgabe sollen Sie vor einem Großbildschirm mit Hilfe des beschriebenen Laser-Eingabegerätes auf auftauchende Kreise zielen und diese treffen. Die Kreise erscheinen nacheinander zufällig in unterschiedlicher Größe sowie in unterschiedlichen Abständen und Richtungen von einer Startposition in der Bildschirmmitte.

Wenn Sie einen Kreis getroffen haben, so verschwindet dieser. Haben Sie einen Kreis hingegen nicht getroffen, so ertönt zusätzlich ein kurzes Warnsignal. Nachdem ein Kreis verschwunden ist, zielen Sie mit dem Eingabegerät zunächst wieder auf die Startposition in der Bildschirmmitte, was dazu führt, dass ein neuer Kreis als Ziel auftaucht.

Der Versuchsleiter wird Ihnen die Handhabung des Eingabegerätes und den Ablauf Ihrer Aufgabe noch kurz demonstrieren. Die Aufgabe werden Sie in sieben Durchgängen durchführen, wovon jeder ca. 8-10 Minuten dauert. Zwischen den Durchgängen ist eine kurze Pause vorgesehen.

Bitte bemühen Sie sich beim Ausführen der Aufgabe **so schnell und so genau wie möglich** zu sein. Wegen der [technologischen] Merkmale des verwendeten Laser-Eingabegerätes sollten Sie in der Lage sein, sowohl schnell zu zielen als auch die Kreise präzise zu treffen.

Bevor es gleich los geht, erhalten Sie vom Versuchsleiter noch zwei kurze Fragebögen. Bitte teilen Sie dem Versuchsleiter mit, wenn Sie mit dem Lesen dieser Aufgaben-Beschreibung fertig sind.

Beschreibung Ihrer Aufgabe

Für Ihre Aufgabe werden Sie ein [entsprechend geeignetes] Laser-Eingabegerät benutzen. Auf eine Darstellung der [allgemein verständlichen] Merkmale, mit denen das Gerät ausgestattet wurde, wird hier aus Platzgründen verzichtet. Wichtig für Sie zu wissen ist, dass die [allgemeine Funktionsweise] des Gerätes die Voraussetzung dafür bietet, dass Sie Ihre Aufgabe schnell und genau erfüllen können.

Bei Ihrer Aufgabe sollen Sie vor einem Großbildschirm mit Hilfe des beschriebenen Laser-Eingabegerätes auf auftauchende Kreise zielen und diese treffen. Die Kreise erscheinen nacheinander zufällig in unterschiedlicher Größe sowie in unterschiedlichen Abständen und Richtungen von einer Startposition in der Bildschirmmitte.

Wenn Sie einen Kreis getroffen haben, so verschwindet dieser. Haben Sie einen Kreis hingegen nicht getroffen, so ertönt zusätzlich ein kurzes Warnsignal. Nachdem ein Kreis verschwunden ist, zielen Sie mit dem Eingabegerät zunächst wieder auf die Startposition in der Bildschirmmitte, was dazu führt, dass ein neuer Kreis als Ziel auftaucht.

Der Versuchsleiter wird Ihnen die Handhabung des Eingabegerätes und den Ablauf Ihrer Aufgabe noch kurz demonstrieren. Die Aufgabe werden Sie in sieben Durchgängen durchführen, wovon jeder ca. 8-10 Minuten dauert. Zwischen den Durchgängen ist eine kurze Pause vorgesehen.

Bitte bemühen Sie sich beim Ausführen der Aufgabe **so schnell und so genau wie möglich** zu sein. Wegen der [allgemeinen] Merkmale des verwendeten Laser-Eingabegerätes sollten Sie in der Lage sein, sowohl schnell zu zielen als auch die Kreise präzise zu treffen.

Bevor es gleich los geht, erhalten Sie vom Versuchsleiter noch zwei kurze Fragebögen. Bitte teilen Sie dem Versuchsleiter mit, wenn Sie mit dem Lesen dieser Aufgaben-Beschreibung fertig sind.

Instruktionen in der Versuchsbedingung Technologie-neutral (links) und Technologie-Betonung (rechts). Die Unterschiede zwischen den Bedingungen sind durch Einkastungen (im Original nicht vorhanden) hervorgehoben.

D

Fragebogen zur Selbstbeschreibung STAI-G Form X 1

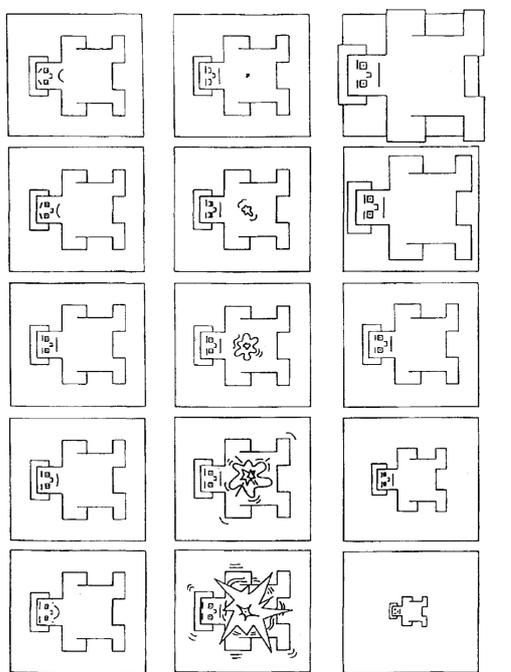
	OBERHAUPT NICHT				EN WENIG				ZIEMLICH				SEHR			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. Ich bin ruhig																
2. Ich fühle mich geborgen																
3. Ich fühle mich angespannt																
4. Ich bin bekümmert																
5. Ich bin gelöst																
6. Ich bin aufgeregt																
7. Ich bin besorgt, dass etwas schiefgehen könnte																
8. Ich fühle mich ausgeruht																
9. Ich bin beunruhigt																
10. Ich fühle mich wohl																
11. Ich fühle mich selbstsicher																
12. Ich bin nervös																
13. Ich bin zappelig																
14. Ich bin verkrampft																
15. Ich bin entspannt																
16. Ich bin zufrieden																
17. Ich bin besorgt																
18. Ich bin überreizt																
19. Ich bin froh																
20. Ich bin vergnügt																

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die am ehesten auf Sie **jetzt** zutrifft. Beantworten Sie die Fragen also so, wie Sie sich in diesem Moment fühlen, in dem Sie **kurz davor** stehen, das beschriebene Laser-Eingabegerät zu benutzen. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an.
Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die Ihren **augenblicklichen** Gefühlszustand am besten beschreibt.

E

Fragebogen zum aktuellen Empfinden SAM1

Im Anschluss werden Sie Ihre Aufgabe mit dem Laser-Eingabegerät durchführen. Welche der folgenden Bilder entsprechen am ehesten Ihrem **augenblicklichen** Empfinden? Machen Sie bitte in jeder der drei horizontalen Reihen ein Kreuz **auf oder zwischen** den Bildern. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten.



F / G – STAI-G X2 (Trait-Angst) und TATS

G

Fragebogen zum Erleben von Technologie TATS (EMAS-T G Mod.)

Anleitung: Im folgenden wird eine allgemeine Art von Situation beschrieben, die die meisten Leute schon einmal erlebt haben. Dazu sind einige allgemeine Reaktionen und Gefühle aufgeführt. Bitte nutzen Sie die 5-stufige Skala, um das Ausmaß anzugeben, in dem Sie solche Reaktionen und Gefühle in der beschriebenen Situation erfahren.

Sie befinden sich in Situationen, in denen Sie ein technologisches Gerät oder Hilfsmittel benutzen, oder kurz davor sind, es zu benutzen.

Wir sind in erster Linie an Ihren Reaktionen im allgemeinen zu solchen Situationen interessiert, in denen Sie mit der Nutzung von Technologie in Form von digitalen Anzeigen und Steuerungsvorrichtungen, elektronischen Geräten und Computern konfrontiert sind.

	GAR NICHT ← → SEHR				
	1	2	3	4	5
1. Ich strebe nach solchen Erfahrungen	1	2	3	4	5
2. Ich bin aufgeregt	1	2	3	4	5
3. Ich schwitze	1	2	3	4	5
4. Ich bin entspannt	1	2	3	4	5
5. Ich habe ein banges Gefühl	1	2	3	4	5
6. Ich freue mich auf diese Situationen	1	2	3	4	5
7. Ich bekomme ein flaves Gefühl im Magen	1	2	3	4	5
8. Ich fühle mich wohl	1	2	3	4	5
9. Ich fühle mich angespannt	1	2	3	4	5
10. Ich genieße diese Situationen	1	2	3	4	5
11. Mein Herz schlägt schneller	1	2	3	4	5
12. Ich fühle mich geborgen	1	2	3	4	5
13. Ich bin beunruhigt	1	2	3	4	5
14. Ich fühle mich selbstsicher	1	2	3	4	5
15. Ich bin nervös	1	2	3	4	5

F

Fragebogen zur Selbstbeschreibung STAI-G Form X 2

Anleitung: Im folgenden Fragebogen finden Sie eine Reihe von Feststellungen, mit denen man sich selbst beschreiben kann. Bitte lesen Sie jede Feststellung durch und wählen Sie aus den vier Antworten diejenige aus, die am besten auf Sie zutrifft. Kreuzen Sie bitte bei jeder Feststellung die Zahl unter der von Ihnen gewählten Antwort an. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten. Überlegen Sie bitte nicht lange und denken Sie daran, diejenige Antwort auszuwählen, die am besten beschreibt, wie Sie sich im allgemeinen fühlen.

	FAST NIE	MANCHMAL	OFT	FAST IMMER
1. Ich bin vergnügt	1	2	3	4
2. Ich werde schnell müde	1	2	3	4
3. Mir ist zum Weinen zumute	1	2	3	4
4. Ich glaube, mir geht es schlechter als anderen Leuten	1	2	3	4
5. Ich verpasse günstige Gelegenheiten, weil ich mich nicht schnell genug entscheiden kann	1	2	3	4
6. Ich fühle mich ausgeruht	1	2	3	4
7. Ich bin ruhig und gelassen	1	2	3	4
8. Ich glaube, dass mir meine Schwierigkeiten über den Kopf wachsen	1	2	3	4
9. Ich mache mir zuviel Gedanken über unwichtige Dinge	1	2	3	4
10. Ich bin glücklich	1	2	3	4
11. Ich neige dazu, alles schwer zu nehmen	1	2	3	4
12. Mir fehlt es an Selbstvertrauen	1	2	3	4
13. Ich fühle mich geborgen	1	2	3	4
14. Ich mache mir Sorgen über mögliches Missgeschick	1	2	3	4
15. Ich fühle mich niedergeschlagen	1	2	3	4
16. Ich bin zufrieden	1	2	3	4
17. Unwichtige Gedanken gehen mir durch den Kopf und bedrücken mich	1	2	3	4
18. Enttäuschungen nehme ich so schwer, dass ich sie nicht vergessen kann	1	2	3	4
19. Ich bin ausgeglichener	1	2	3	4
20. Ich werde nervös und unruhig, wenn ich an meine derzeitigen Angelegenheiten denke	1	2	3	4

H / J – Fragebogen zur Computernutzung und zu demographischen Angaben, KEA

J

Künstliche Entscheidungsaufgabe (KEA)**Instruktion durch den Versuchsleiter:**

"Vielen Dank für Ihre bisherige Unterstützung. - Zum Abschluss haben wir noch eine neue kleine Aufgabe am Großbildschirm für Sie vorbereitet. Diese Aufgabe wird im Rahmen einer Voruntersuchung zu einer thematisch anderen Studie durchgeführt. Die Aufgabe ist andersartig und hat nichts mit der zuvor bearbeiteten Aufgabe zu tun. Deshalb können Sie völlig frei wählen, ob Sie die Aufgabe lieber mit dem Laser-Eingabegerät – dass Sie zuvor verwendet haben – oder mit einer Computer-Maus durchführen wollen. - Was wählen Sie?"

Die Instruktion wurde frei gesprochen, nicht abgelesen.

H

Fragebogen zur Computer-Nutzung

Bitte beantworten Sie folgende Fragen bezüglich Ihrer Computer-Nutzung, indem Sie die passende Angabe ankreuzen.

Wie oft nutzen Sie im Alltag einen Computer (PC, Laptop)?

- (fast) nie an 1-3 Tagen im Monat an 1-2 Tagen in der Woche
 an 3-4 Tagen in der Woche an 5-6 Tagen in der Woche täglich

Wieviel Zeit verbringen Sie dabei im Durchschnitt an einem Computer – an den Tagen, an denen Sie einen nutzen?

- 0-1 Stunde 1-2 Stunden 2-3 Stunden
 3-4 Stunden 4-5 Stunden mehr als 5 Stunden

Welche der folgenden Geräte nutzen Sie oder haben Sie schon regelmäßig genutzt?*(mehrere Angaben sind möglich)*

- Handy (kein Smartphone) Smartphone, PDA, Organizer MP3-Player
 Joystick Spielkonsole, Gamepad DVD-Player
 Digitalkamera Scanner Navigationsgerät (Auto)
 Webcam Faxgerät Fahrradcomputer
 Grafiktablett, Digitalstift

Angaben zur Person

Bitte geben Sie die folgenden Informationen zu Ihrer Person an.

Geschlecht: männlich weiblich**Alter:** _____**Sie sind derzeit:** Schüler/in Student/in, im Studiengang: _____

- Auszubildende/r Erwerbstätige/r Rentner/in sonstiges