

Segmentierung der menschlichen Wahrnehmung und
die Dauer der Gegenwart:

Eine psychobiologische Untersuchung
der Zeitverarbeitung im Sekundenbereich.

Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades
im Department Biologie
an der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
der Universität Hamburg

vorgelegt von

Till Maase

2006

Genehmigt vom Department Biologie
der Fakultät für Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften
an der Universität Hamburg
auf Antrag von Frau Professor Dr. K. Christiansen
Weiterer Gutachter der Dissertation:
Herr Professor Dr. A. Rodewald
Tag der Disputation: 30. Juni 2006

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Die Fragestellung	1
1.1 Die Blickrichtung dieser Arbeit	1
1.2 Die Dauer der Gegenwart	6
1.3 Die Methode der Reproduktion	11
1.4 Zeiterleben als Ereigniswahrnehmung	13
1.5 Die Zeitwahrnehmung beeinflussende Faktoren	15
<i>Hinweise auf eine Kapazitätsbeschränkung des Gegenwartsfensters</i>	15
<i>Hinweise auf Einflüsse von Emotionen auf die Zeitverarbeitung</i>	19
1.6 Die Komplexität ‚natürlichen‘ Zeiterlebens	21
1.7 Die Hypothesen	23
<i>Komplexere Überlegungen zur Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich</i>	23
<i>Voraussetzungen und grundsätzliche Fragen</i>	27
2. Material und Methode	30
2.1 Versuchspersonen	30
2.2 Versuchsdesign	32
<i>Die Methode der Reproduktion (MR)</i>	32
<i>„intertrial“ und „retention“-Intervall</i>	34
<i>Der neuartige Untersuchungsplan</i>	35
<i>Programmierung und Struktur der Versuchsreihen</i>	37
2.3 Die Lautreize	41
<i>Herstellung und Charakteristika der 5 Lautreize</i>	42

2.4	Die Bildreize	51
	<i>Erstellung bzw. Auswahl der visuellen Stimuli</i>	52
2.5	Ablauf der Untersuchung	59
2.6	Der Fragebogen	63
2.7	Methoden der Datenauswertung	66
3.	Ergebnisse	69
3.1	Aufbereitung der Messdaten	69
	<i>Struktur der Datenfiles</i>	69
	<i>Ausreißeranalyse</i>	71
	<i>Bestimmung der zentralen Tendenz der Zeitschätzungen</i>	72
	<i>Exkurs: Normalverteilung</i>	73
	<i>Exkurs: Abnutzung der Reizqualität</i>	74
	<i>Exkurs: Median vs. arithmetisches Mittel</i>	77
3.2	Die statistischen Kennwerte des Datensatzes	78
3.3	Grafische Darstellung der Versuchsergebnisse	82
	<i>Grafische Darstellung der Zeitschätzungen einzelner Vpn</i>	96
3.4	Inferenzstatistik: Voraussetzungen und Modelle	98
	<i>Voraussetzungen für varianzanalytische Verfahren</i>	98
	<i>Statistische Modellierung des Versuchsdesigns (inklusive Vpn)</i>	99
	<i>Statistische Modellierung des Messwiederholungsdesigns</i>	102
3.5	Inferenzstatistische Analysen	104
	<i>Die einfaktoriellen Varianzanalysen (ohne Messwiederholung)</i>	104
	<i>Mehrfaktorielle Analysen</i>	110
	<i>Analyse der Zeitfehler</i>	127

4	Diskussion	141
4.1	Die Zeitschätzungen der Versuchspersonen	142
	<i>Fehlschätzungen</i>	142
	<i>Abnutzung der Reizqualität</i>	142
	<i>Die Zeitwahrnehmung in Abhängigkeit von der vorgegebenen Dauer</i>	143
	<i>Streuung der Zeitschätzungen</i>	144
4.2	Gegenwartsfenster, Vierordts Regel und die Scalar Timing Theory	146
	<i>Die Dauer der Gegenwart</i>	146
	<i>Scalar Timing Theory und Range-Effekt</i>	149
4.3	Der Einfluss der Reizqualität	151
	<i>Vergleichbarkeit und Wirkung der Stimulusqualität</i>	151
	<i>Die Wirkung der visuellen Stimuli</i>	153
	<i>Die Wirkung der akustischen und multimodalen Stimuli</i>	156
	<i>Exkurs: Kognitionspsychologische Aspekte</i>	158
	<i>Wechselwirkung von Vorgabedauer und Reizqualität</i>	163
	<i>Komplexere Überlegungen zum Einfluss der Reizqualität</i>	164
4.4	Der Einfluss der Sinnesmodalität	168
	<i>Vergleichbarkeit und Wirkung der Modalität</i>	168
	<i>Wechselwirkungen mit den Faktoren Vorgabedauer und Reizqualität</i>	168
4.5	Der Einfluss der Versuchspersonen (Vpn)	170
4.6	Resümee und Ausblick	172
5.	Zusammenfassung	174
6.	Literaturverzeichnis	177
	Danksagung	189

1. Die Fragestellung

*„There is surely nothing other than the single purpose of the present moment.
A man's whole life is a succession of moment after moment.
If one fully understands the present moment,
there will be nothing else to do, and nothing left to pursue.“*

Yamamoto Tsunetomo (1659-1719)
Hagakure: The Book of the Samurai

Zeit ist ein mysteriöses Phänomen, allgegenwärtig, nicht zu fassen und beliebig portionierbar – von wenigen Femtosekunden bis zur Ewigkeit; irgendwo dazwischen ein menschliches Maß, der Augenblick, in dem Sie diesen Satz lesen – JETZT!

Diese Zeitspanne wird im Folgenden untersucht.

1.1 Die Blickrichtung dieser Arbeit

Die Vielfältigkeit, Breite und Komplexität des Themas *Zeitwahrnehmung* ist so groß, dass schon ein systematischer Überblick den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Stattdessen werden an den Übergängen vom anthropologischen Ansatz dieser Untersuchung zu anderen Disziplinen bzw. Reibungspunkten mit verwandten Forschungsfeldern passende Überblicksartikel und aktuelle Originalarbeiten angegeben.

Zeit ist als eine Grundform menschlicher Wirklichkeitserfahrung im Alltagserleben etwas Selbstverständliches. Schon seit der Antike (z.B. Aristoteles von Stagira, 384-322 v. Chr.) wird aber das Zeitbewusstsein, der Zeitsinn und Zeitbegriff des Menschen mittels theoretischer Überlegungen und Introspektion hinterfragt. In den Werken großer Philosophen und Physiker spielt die jeweilige „Definition“ von Zeit eine entscheidende Rolle - vom aristotelischen „Prozess“- Begriff über die newtonsche „absolute“ Zeit im Gegensatz zur Zeit als „sinnliche Anschauung“ bei Kant bis zur relativistischen „Raum-Zeit“. Für einen Einstieg in philosophische Aspekte der Zeitwahrnehmung siehe (LePoidevin 2004).

Im 19. Jahrhundert beginnt in Psychologie bzw. Psychophysik die experimentelle Untersuchung der menschlichen Zeitwahrnehmung (Vierordt 1868; James 1890/1983; Mach 1905); für einen Überblick siehe (Boring 1950).

Seit dem Wechsel von behavioristischen zu kognitiven Ansätzen in der Psychologie in den sechziger Jahren des 20. Jahrhunderts hat die Forschungsintensität in diesem Bereich enorm zugenommen und in zahlreichen kognitionspsychologischen Studien wird die menschliche Zeitverarbeitung mittels standardisierter und meist sehr reduzierter Versuchsdesigns untersucht. In Eislers Bibliographie zur Zeitpsychologie (1980) finden sich 1652 Einträge (von 1839 bis 1979), wobei zwischen 1900 und 1960 im Durchschnitt jährlich etwa 15 Studien zum Thema veröffentlicht wurden, seit 1970 aber schon mehr als 150 pro Jahr. In einem Artikel über die verschiedenen psychologischen Zeitmodelle wählt Tayama (1987) aus den seit den sechziger Jahren entwickelten Modellen allein 10 *repräsentative* Modelle aus. (Für einen Überblick über experimentalpsychologische Zeitstudien siehe Grondin 2001)

Auch die Auffächerung der Zeitforschung in verschiedene psychophysikalische, kognitive, neurophysiologische, biologische und kulturalanthropologische Ansätze mit unterschiedlichen Untersuchungsparadigmen führte zu einer Vielzahl isoliert stehender Zeitverarbeitungsmodelle und macht den Vergleich der oftmals widersprüchlichen Ergebnisse äußerst schwierig (Pöppel 1978; Fraisse 1984; Helfrich 1996; Glicksohn 2001). Ihre Integration in einen konsistenten theoretischen Rahmen erscheint beim gegenwärtigen Forschungsstand kaum möglich. Deshalb wird in dieser Arbeit auf die Modelle und Erklärungsansätze der psychologischen Zeitforschung (bis auf 4.3 *Exkurs: Kognitionspsychologische Aspekte*) nur im Zusammenhang mit konkreten Diskussionspunkten eingegangen. (Insbesondere dann, wenn die Abgrenzung zur Kognitionspsychologie die spezielle, humanbiologische Herangehensweise verdeutlicht.)

Diese Untersuchung orientiert sich an den *elementaren Zeit-Erfahrungen*, an der unten dargestellten *Taxonomie der Zeitwahrnehmung* von Ernst Pöppel.

Besonders problematisch für die Vergleichbarkeit der verschiedenen Forschungsergebnisse ist die scheinbare Willkür bei der Auswahl des untersuchten Zeitbereichs.

Manche Studien wenden *einen* Untersuchungs- bzw. Erklärungsansatz auf Zeitspannen von wenigen Sekunden oder sogar Millisekunden bis zu mehreren Minuten an.

Die vielfältigen Ergebnisse der Zeitforschung legen aber den Gedanken nahe, dass es nicht nur *einen* Mechanismus für die Zeitwahrnehmung vom Millisekundenbereich bis hin zu Minuten oder Stunden gibt; sondern dass den unterschiedlichen Aspekten subjektiver Zeiterfahrung unterschiedliche psychologische Prozesse und physiologische Mechanismen zugrunde liegen.

Paul Fraisse schreibt in seinem Überblicksartikel „Perception and estimation of time“ (1984, S.10): „Through ignorance of this distinction, psychologists studying time have compared durations associated with differing psychological processes. (...) The resulting confusion led to the formulation of a large number of misconstrued issues which continue to maintain ambiguities in an already sufficiently complex area.“

Eine sinnvolle Lösung ist hier Pöppels *Taxonomie des menschlichen Zeiterlebens*: „It appears that different unrelated temporal experiences are often subsumed under the term time perception and that many controversies found in the literature on subjective time stem from an absence of such a taxonomy of temporal experience.“ (Pöppel 1978, S.713)

Die grundlegende Annahme von Pöppels Analyse war auch für diese anthropologische Arbeit wesentlich: Menschliche Zeitwahrnehmung wird davon bestimmt, dass man Ereignisse wahrnimmt oder Handlungen ausführt.

Dieser Gedanke stammt schon von Aristoteles: „Wir haben ein Zeitbewußtsein dann, wenn wir Veränderungen bemerken und feststellen.“ (Zit. nach Stanko and Ritsert 1994, S.23).

(Interessant ist die Ähnlichkeit dieser Überlegungen mit den noch weitergehenden der historisch-dialektischen Psychologie sensu Leontjew, welche Wahrnehmung und bewusste Widerspiegelung der Umwelt aus Handlung und sinnlicher Tätigkeit herleitet. (Leontjew 1987))

Dass Ereignisse wahrnehmbar sind, Zeit an sich aber nicht, macht das Besondere der subjektiven Zeiterfahrung aus. Dieser Besonderheit wird die standardmäßige Untersuchung durch psychophysikalische Methoden oft nicht gerecht. Dies mag eine Ursache der kontroversen Theorien und Daten sein: „One reason why the exploration of time

perception might have led to a state of confusion might have been the misconception that time actually is a thing, that like an apple, can be perceived“ (Pöppel 1978, S.714).

Pöppel plädiert daher für eine „substitution of time perception by event perception“ (1978, S. 713) und gibt mit seiner Taxonomie bzw. Hierarchie des menschlichen Zeiterlebens einen theoretischen Rahmen vor.

Folgende Grafik (Abbildung 1.1) zeigt den Zusammenhang von elementaren Zeiterfahrungen und Ereignissen bzw. Handlungen.

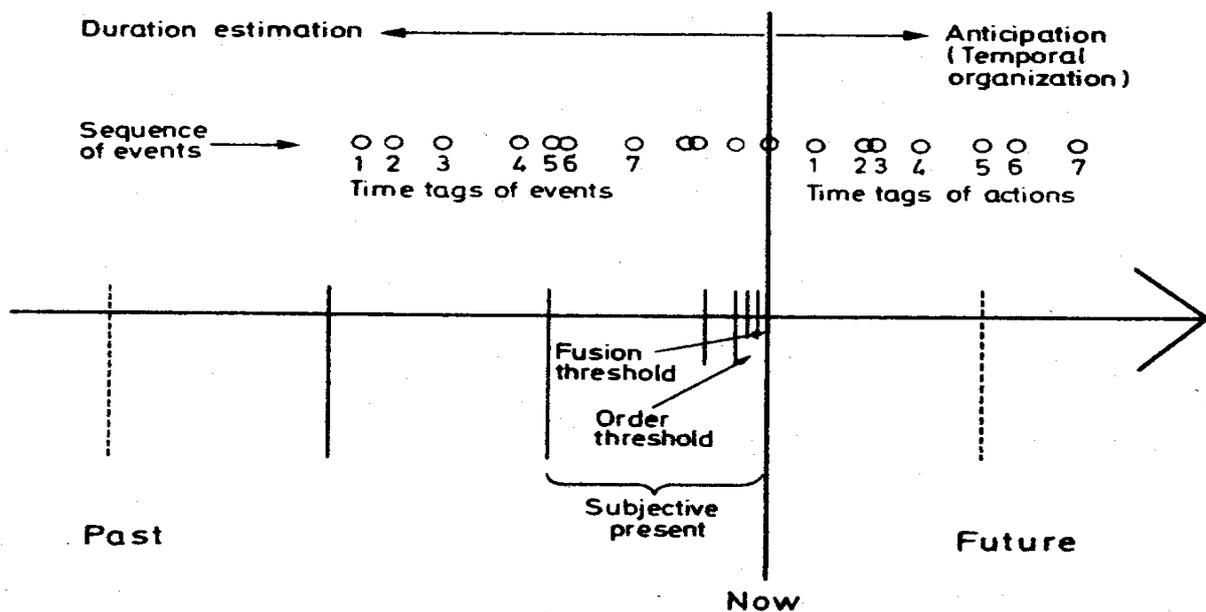


Abbildung 1.1: Zeitwahrnehmung in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft
(modifiziert, aus Pöppel 1978, S. 715)

Der Pfeil von links nach rechts repräsentiert den Zeitpfeil der klassischen Physik, die von einem zeitlichen Kontinuum ausgeht. Dieses wird vom (in der Physik!) ausdehnungslosen *Jetzt* - dargestellt durch die lange, vertikale Linie - in *Vergangenheit* und *Zukunft* geteilt.

Die Abfolge der Ereignisse in der Vergangenheit und die geplanten Handlungen in der Zukunft sind durch kleine Kreise dargestellt.

Bei der *Zeitschätzung* (*duration estimation*) wird die (Zeit-)Dauer, die zwischen zwei Ereignissen liegt, geschätzt bzw. mittels Zeiteinheiten (z.B. Sekunden, Minuten oder auch Wochen und Jahren) beschrieben.

Physikalische Gleichzeitigkeit ist nicht dasselbe wie subjektive Gleichzeitigkeit - die *Gleichzeitigkeits-Schwelle (fusion threshold)* bezeichnet das Intervall, das mindestens zwischen zwei Ereignissen liegen muss, damit diese nicht als gleichzeitig sondern als aufeinander folgend wahrgenommen werden. Die „Gleichzeitigkeits-Fenster“ sind bei den verschiedenen Sinnesmodalitäten unterschiedlich groß: Klick-Fusion (das subjektiv wahrgenommene Verschmelzen von schnell aufeinander folgenden akustischen Klick-Geräuschen) bzw. Flimmer-Verschmelzung (die Wahrnehmung eines schnell flackernden Lichtes als konstant leuchtend) - findet beim Hören unter etwa 4 Millisekunden statt, bzw. beim Sehen schon bei weniger als 25 Millisekunden (Artieda and Pastor 1996).

Die *Ordnungsschwelle (order threshold)* wiederum ist von der Sinnesmodalität unabhängig. Egal welcher Sinn zwei aufeinander folgende Ereignisse wahrnimmt, zwischen beiden müssen etwa 30 - 40 Millisekunden liegen, damit die Reihenfolge erkannt werden kann.

„Die Tatsache, daß zwei Reize als zeitlich getrennt wahrgenommen werden können, heißt also noch nicht, daß sie eine zeitliche Richtung definieren.“ (Pöppel 1997, S.29)

Die subjektive Kontinuität der Zeit ist folglich eine Illusion. Vermutlich sind oszillatorische Prozesse im Gehirn mit einer Periode von 30 bis 40 Millisekunden die Grundlage für die Identifikation von Ereignissen (Pöppel, Schill et al. 1990; siehe: Wittmann 1997).

Die Funktionsweise des Gehirns bestimmt also die Dauer dieses subjektiven Zeitquantums (*temporal processing unit*) und damit unsere Vorstellung und Wahrnehmung von Zeit.

Das elementare Zeiterleben, das sich auf die Zukunft bezieht, das Vorausplanen bzw. zeitliche Organisieren von zukünftigen Handlungen, nennt Pöppel *Antizipation (anticipation)* (Pöppel 1978).

Eine herausragende Stellung unter diesen Zeitempfindungen nimmt aber zweifellos das *Jetztgefühl (subjective present)* ein.

1.2 Die Dauer der Gegenwart

Zeitintervalle bis zu 5 Sekunden (im Schnitt etwa 3 Sekunden) Dauer bzw. die aufeinander folgenden Wahrnehmungsereignisse in dieser Zeitspanne können als eine Einheit, als *gegenwärtig*, wahrgenommen werden.

Dass das Erleben der Gegenwart wenige Sekunden dauert, wurde von William James erstmals explizit formuliert: „The prototype of all conceived times is the specious present, the short duration of which we are immediately and incessantly sensible“ (James 1890/1983). (Wobei erwähnt werden muss, dass James auch als gegenwärtig wahrgenommene Zeitintervalle bis zu einer Minute Dauer für möglich hielt.)

Fraisse (1974; 1984; 1985) nennt diese Zeitspanne, in welcher Dauer direkt wahrgenommen und nicht wie bei längeren Zeitspannen über das Gedächtnis geschätzt wird, *psychological present*.

“Wir lesen oder hören nicht die Aufeinanderfolge von fünf verschiedenen Buchstaben oder Sprachlauten j-e-t-z-t. Ganz offensichtlich wird die Folge von Buchstaben in unserem Erleben zu einer Wahrnehmungseinheit zusammengefasst. Wir nehmen deshalb an, dass es einen *Integrationsmechanismus* gibt, der dafür sorgt, dass aufeinander folgende Ereignisse zu einer Gestalt zusammengefasst werden.“ (Pöppel 1997, S.61)

Unserem Erleben von Gegenwart liegt diese subjektive Wahrnehmungsgestalt zugrunde. Ereignisse oder Objekte des Erkennens werden in unserer Wahrnehmung als Einheit zusammengefasst, sind uns *gegenwärtig* und im *Jetzt* erlebnismäßig verfügbar und machen so das *Jetztgefühl*, die subjektive Gegenwart aus.

Hierbei sind nach Pöppel die einzelnen Ereignisse bzw. Objekte weniger aufgrund inhaltlicher Zusammenhänge/semantischer Bezüge zu einer geschlossenen Wahrnehmungsgestalt verbunden. Die *zeitliche* Integration im Gehirn fügt die aufeinander folgenden Objekte zu einem geschlossenen, prägnanten Bild zusammen. Pöppel verwendet den Ausdruck: *presemantic temporal integration* – PTI (Pöppel 1997).

Die zeitliche Grenze der Integration von aufeinander folgenden Ereignissen bestimmt die Ausdehnung des *Jetzt*, die Dauer der Gegenwart.

Für diese zeitliche Integration im Gegenwartsfenster gibt es zahlreiche Belege aus verschiedenen Forschungsgebieten (wobei die letzten beiden Beispiele ausführlicher erläutert werden):

- Der Wortfluss in Texten, insbesondere Gedichten, und beim spontanen Sprechen ist meist in Segmente von etwa 3 Sekunden Dauer unterteilt. Ebenso dauern Themen und Pausen in klassischer Musik wenige Sekunden. (Turner and Pöppel 1988; Vollrath, Kazenwadel et al. 1992; Wittmann and Pöppel 1999).
- Bei der Reproduktion, dem Nachempfinden, von vorgegebenen Zeitintervallen, kommt es ab etwa 3 Sekunden Dauer zu deutlichen Unterschätzungen der Zeitdauer (siehe *1.3 Die Methode der Reproduktion*).
- Die Erinnerungsspanne des Kurzzeit-/Arbeitszeitgedächtnisses dauert nur wenige Sekunden (Peterson and Peterson 1959; Fraisse 1985).
- Nach jeweils 3 Sekunden ist das Gehirn besonders aufnahmefähig für neue Reize (Wallschus 1991; Sams, Hari et al. 1993; Pöppel 1997; Wieners 2005).
- Eine kontinuierliche Folge akustischer Stimuli wird subjektiv strukturiert, d.h. segmentiert. So lässt sich bei den völlig gleichmäßigen Schlägen eines Metronoms durch subjektive, und meist unbewusste(!) Akzentuierung jeder 2., 3. oder 4. Schlag betonen, so dass das Gefühl entsteht, er sei lauter als die nicht akzentuierten. Je nach Geschwindigkeit des Metronoms lassen sich auf diese Weise mehr oder weniger aufeinander folgende Schläge zu einer rhythmischen Gestalt zusammenfassen. Diese Integration zu einer anschaulichen, präsenten Gestalt ist aber nur im zeitlichen Rahmen von wenigen, etwa 3 Sekunden möglich (Szélag and et al. 1996; Maase 2000).
- Werden den beiden Augen eines Menschen sehr unterschiedliche Bilder dargeboten, kommt es zur so genannten *binokularen Rivalität* (binocular rivalry/eye rivalry) – die beiden Bilder werden nicht übereinander gesehen oder

verschmolzen, sondern wie bei Vexierbildern (siehe weiter unten) wird erst ein Reiz für wenige Sekunden gesehen, dann der andere, nach etwa 2-3 Sekunden wieder der erste usw. (Gomez, Argandona et al. 1995).

„Rather than reflecting interocular competition, the rivalry is most probably between the two different central neural representations generated by the dichoptically presented stimuli. The mechanisms of rivalry are probably the same as, or very similar to, those underlying multistable perception in general“ (Logothetis 1998, Seite 1801)

- Die zeitliche Grenze der Integration zeigt sich auch bei doppeldeutigen Figuren bzw. Vexierbildern wie z.B. dem Necker-Würfel (Abbildung 1.2), dessen räumliche Ausdehnung in zwei Richtungen gesehen werden kann - jedes der beiden Quadrate kann sowohl die Vorder- als auch die Rückseite des Würfels sein.

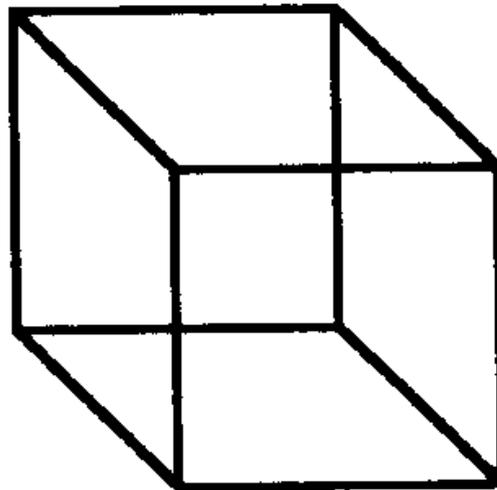


Abbildung 1.2: Der Necker-Würfel

Wenn man erst einmal beide Blickweisen erkannt hat (was z.B. beim Necker-Würfel meist automatisch bzw. ohne Instruktionen passiert), ist es nicht mehr möglich Wechselbilder nur noch in einer Perspektive zu sehen - nach wenigen Sekunden wechselt die Blickweise automatisch (Borsellino, De Marco et al. 1972; Gomez, Argandona et al. 1995).

Bei doppeldeutigen Figuren wie Abbildung 1.3 wird deutlich, dass nicht nur die Perspektive umspringen kann, sondern auch die Bedeutung! Wird nach etwa 3 Sekunden die Integrationskapazität überschritten, wechselt das Gehirn automatisch von einer Interpretation zu nächsten, von der Maus mit geöffnetem Maul zum glatzköpfigen Herrn (der nach links oben sieht) und wenige Sekunden später wieder zurück.



Abbildung 1.3: Wechselbild Maus - Mann (aus Pöppel 1997, S.69)

Innerhalb des *Gegenwartsfensters* gibt es immer nur einen Inhalt des Bewusstseins, der die Aufmerksamkeit bindet und *bewusst* im *Jetzt* wahrgenommen wird. Nach wenigen Sekunden (oder auch früher) findet automatisch ein „Update“ des Bewusstseinsinhalts statt - alternative Sichtweisen oder neue Ereignisse der Umwelt schieben sich in den Vordergrund des Bewusstseins.

Die zeitliche Begrenzung der Integrationsfähigkeit bestimmt die Grenzen des *Jetzt* - die Dauer der Gegenwart - und gibt so auch den zeitlichen Rahmen für unser Bewusstsein vor. Wenige, meist 3 Sekunden sind dabei die obere zeitliche Grenze; natürlich können Bewusstseinsinhalte auch eine kürzere Zeit einnehmen.

Ein etwa 3-sekündiges Fenster für neuronale Verarbeitungsprozesse findet sich aber nicht nur bei der Wahrnehmung - auch Bewegungen/motorische Handlungen (z.B

Händeschütteln, Kratzen) sind zeitlich segmentiert – siehe 1.5 *Hinweise auf eine Kapazitätsbeschränkung des Gegenwartsfensters*. Handlungseinheiten und homologe Bewegungsmuster in den verschiedensten Kulturen (Europäer, Yanomami, Trobriander, San, Himba) haben eine Dauer von ungefähr 3 Sekunden (Schleidt, Eibl-Eibesfeldt et al. 1987; Schleidt 1988; Schleidt and Feldhütter 1989; Feldhütter, Schleidt et al. 1990).

Aus biologischer Sicht ist besonders interessant, dass auch das Verhalten von nicht-menschlichen Säugetieren in Handlungseinheiten von 1- 4 Sekunden segmentiert ist.

Bei Untersuchungen an Primaten – Schimpansen (*pan troglodytes*) und zwei Pavianarten (*papio hamadryas*, *papio anubis*) - fand sich eine zeitliche Segmentierung von Bewegungen im Bereich weniger Sekunden (Kien, Schleidt et al. 1991; Ott, Schleidt et al. 1994). Ebenso sind die Bewegungsmuster von Säugetieren aus 4 anderen Ordnungen in Handlungseinheiten von 1 bis 4 Sekunden segmentiert (Gerstner and Goldberg 1994; Gerstner and Fazio 1995).

Der gleiche 3-Sekunden-Fenster-Mechanismus, der Wahrnehmungsprozesse strukturiert, liegt höchst wahrscheinlich auch der Segmentierung menschlichen Verhaltens zugrunde und bestimmt die Planung von Bewegungen und Handlungen (Pöppel 1978; Schleidt 1992; Steinbüchel, Wittmann et al. 1996; Schleidt and Kien 1997; Steinbüchel, Wittmann et al. 1999; Wittmann 1999).

Daher war anzunehmen, dass bei nichtmenschlichen Säugetieren nicht nur die Bewegungsmuster, sondern - wie beim Menschen - auch die Wahrnehmung segmentiert ist. Obwohl im Allgemeinen Forschungsmethoden für menschliche Wahrnehmungsprozesse nicht bei Tieren anwendbar sind, gelang Gerstner und Fazio (1995) in ihrer Untersuchung zum Sicherungsverhalten („vigilant behaviour“) eine solche vergleichende Analyse: Mensch und Tier zeigen Sicherungs- bzw. Aufmerksamkeitsverhalten, wenn sie z.B. beim Fressen oder Grooming „aufblicken“ und ohne irgendeine Bewegung ihre Sinne bzw. Wahrnehmung auf einen Punkt oder Stimulus in der Umgebung richten, d.h. Ausschau halten oder in eine Richtung hören. Diese *Wahrnehmungsintervalle* dauerten bei den untersuchten Tieren (Giraffen, Okapis, Waschbären, Kapuzineraffen, Pandas, Rehe und Kängurus) im Schnitt 2 - 3,5 Sekunden.

Logothetis trainierte Rhesusaffen und untersuchte die auch bei ihnen (wie beim Menschen) zu beobachtende binokulare Rivalität (Logothetis 1998).

Offenbar ist der neurophysiologische (Gegenwartsfenster-)Mechanismus, der beim Menschen Wahrnehmung und Bewegung strukturiert, auch bei anderen Säugetieren aktiv; er ist also evolutionär konservativ und muss phylogenetisch relativ alt sein.

1.3 Die Methode der Reproduktion

Eine Untersuchungsmethode, um die Dauer der Gegenwart bzw. die zeitlichen Grenzen des Bewusstseins zu bestimmen, wurde erstmals von Karl Vierordt beschrieben (Vierordt 1868). Hierbei werden von einer Versuchsperson (Vp) Zeitintervalle unterschiedlicher Dauer reproduziert. Ein Ton, Licht- oder Tastreiz mit einer bestimmten Dauer wird vorgegeben und soll von der Vp noch einmal genauso lang wiederholt werden.

Der Zeitfehler (positiver Zeitfehler - Überschätzen der vorgegebenen Zeitspanne, negativer Zeitfehler - Unterschätzen) hängt dabei in spezifischer Weise vom vorgegebenen Zeitintervall ab. Vierordt schreibt: „Hat man die Aufgabe, eine durch das Gehörorgan wahrgenommene Zeit (Hauptzeit) in der angegebenen Weise möglichst genau zu wiederholen, so fällt die nachgemachte Zeit grösser aus als die Hauptzeit, wenn letztere klein ist, wogegen die nachgemachte Zeit kürzer wird, wenn die Hauptzeit gross ist. Die durchschnittlichen, positiven, rohen Fehler, in Procenten der Hauptzeit ausgedrückt ..., nehmen von der kleinsten Hauptzeit an immer mehr ab ...; zwischen 2,25 bis 3 Secunden wechseln kleine negative und positive Fehler; jenseits 3 Secunden Hauptzeit kommen nur noch negative Fehler vor, die im Allgemeinen etwas zunehmen mit zunehmender Dauer der Hauptzeit.“ (Vierordt 1868, S.36f)

Zusammengefasst: Bis etwa 3 Sekunden Dauer werden die Intervalle relativ genau wiedergegeben (oder leicht überschätzt), jenseits von etwa 3 Sekunden werden die Zeitspannen deutlich unterschätzt. Wenn es vor der Unterschätzung zu einer Überschätzung von kurzen Zeitintervallen kommt, gibt es einen „... Punkt der Indifferenz, bei welchem die nachgemachte Zeit der gehörten gleich ist ...“ (Vierordt 1868, S.42).

Abbildung 1.4 zeigt diese (idealisierten) Ergebnisse des Reproduktionsparadigmas. Auf der Abszisse ist die Dauer des vorgegebenen Reizes abgetragen - auf der Ordinate die von den Versuchspersonen reproduzierte, d.h. geschätzte Dauer. Die grüne Winkelhalbierende besteht aus den Punkten, die sich jeweils bei einer exakten Zeitschätzung ergeben würden; die Zeitschätzungen bei einem einfachen Sinuston gibt die blaue Kurve wieder. Ihr Schnittpunkt mit der Winkelhalbierenden zeigt die Ausdehnung des Gegenwartsfensters an.

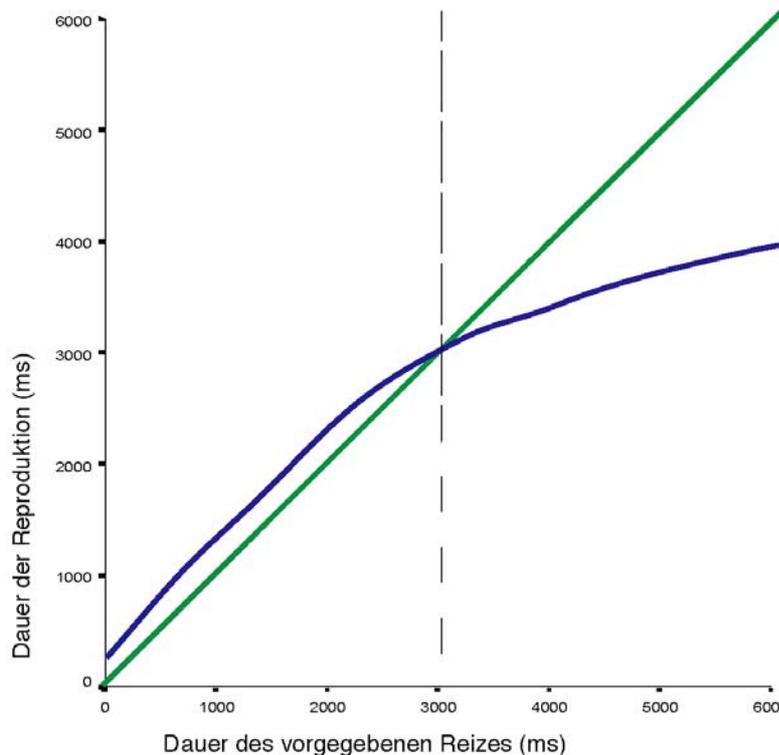


Abbildung 1.4: Methode der Reproduktion (idealisiert): Dauer der reproduzierten Zeitintervalle in Abhängigkeit von den vorgegebenen Intervallen

Mit der Methode der Reproduktion lässt sich also über den Indifferenzpunkt die Größe des Gegenwartsfensters bestimmen. Der Übergang vom Über- zum Unterschätzen zeigt einen *qualitativen* Wechsel bei der Zeitverarbeitung an. Innerhalb des Zeitfensters wird die Dauer eines Zeitintervalls sensorisch verarbeitet, d.h. relativ genau wahrgenommen (laut Vierordt mit Tendenz zur Überschätzung).

Zeitintervalle, die länger als das Gegenwartsfenster sind, überschreiten die Kapazität des Integrationsmechanismus - sie werden nicht mehr als Einheit wahrgenommen, sondern im Gedächtnis gespeichert (Fraisse 1984) und symbolisch kodiert (Pöppel 1978) und

daher grob geschätzt bzw. wegen der subjektiven Komprimierung unterschätzt. Offensichtlich wird jenseits des Indifferenzpunkts, also bei Zeitspannen, die länger als wenige Sekunden sind, die Zeitverarbeitung durch kognitive Prozesse bestimmt.

Eine elektrophysiologische Studie von Elbert et al. (1991) belegt den qualitativen Wechsel in der Zeitverarbeitung eindrucksvoll. Die Qualität langsamer kortikaler Potentiale von Versuchspersonen, die Zeitintervalle (in diesem Fall über einen Bildschirm visuell dargeboten) reproduzierten, ist bei Intervallen bis ungefähr 3 Sekunden eine andere als bei längeren Zeitstrecken: „The ERP results (event-related potentials, d. Verf.) suggest that intervals shorter than 3-4 s may evoke a processing mode that is qualitatively different from the one dominating when periods in the range of several seconds have to be processed.“ (Elbert, Ulrich et al. 1991, S.648)

1.4 Zeiterleben als Ereigniswahrnehmung

Wie schon oben erwähnt, wird die menschliche Zeitwahrnehmung davon bestimmt, dass Ereignisse wahrgenommen oder Handlungen ausgeführt werden (bzw. solches retrospektiv erinnert wird). Zeit wird eben nicht wie irgendein Gegenstand, etwa ein Apfel, wahrgenommen/verarbeitet - „Events are perceivable but time is not“ (Gibson 1975). Im Sekundenbereich wird nicht die Zeit an sich wahrgenommen, sondern der Inhalt des Zeitfensters, die Ereignisse und Reize, die der Integrationsmechanismus zu einer prägnanten Gestalt verknüpft.

Eine wesentliche Frage ist nun: Hat die Beschaffenheit der wahrgenommenen Reize einen Einfluss auf ihre zeitliche Verarbeitung? Wirkt sich die Komplexität der Reize, ihr emotionaler Gehalt (und damit auch die Stimmung des Wahrnehmenden) auf das Gegenwartsfenster aus?

Damit wird zugleich die (fast schon überfällige) Frage nach der Kapazität des Integrationsmechanismus aufgeworfen – Ist die (maximale) Größe des Gegenwartsfensters (natürlich ohne Berücksichtigung der interindividuellen Unterschiede) immer konstant? Möglicherweise ist sie festgelegt durch die Art neuronaler Verschaltungen oder die maximale Aktivitätsdauer eines Zellverbandes im Gehirn (Elbert, Ulrich et al. 1991).

Oder beeinflusst das, was wahrgenommen wird, also die Komplexität und Valenz der integrierten Reize, die Dauer unserer Gegenwartsspanne?

Eigentlich legt schon der Begriff „Kapazität“ diese Überlegung nahe (Kapazität wofür?) - es sei denn, er meinte ein Fassungsvermögen nur für eine „physikalische“ Quantität Zeit.

Fraisse' Ausführungen über das „psychological present“ stützen diese Überlegungen: „Such a present has no fixed duration. It is based on what is perceived and refers to our capacity to apprehend sets of objects. Different schools of thought have called this ability ‘capacity of apprehension,’ ‘short-term memory,’ or ‘very short-term memory.’ More concretely, it applies to the perception of a telephone number, for example, or of a sentence simple enough to be repeated, or of a rhythmic pattern identified as a rhythm provided that its elements are perceived as being linked to each other in such a way as to form a unified group.

The psychological present corresponds to the duration of a experiential process and not to a given period of duration.“ (Fraisse 1984, S.10)

Die vorliegende Arbeit versucht nun - anders als klassische Versuchsdesigns der psychologischen Zeitforschung - aus anthropologischer Perspektive diesen *experiential process* mehr zu berücksichtigen und die natürliche Komplexität der Zeit- bzw. Ereigniswahrnehmung mit einzubeziehen.

In der Forschung zur Zeitwahrnehmung wurden bisher vor allem psychophysikalische Parameter variiert – z.B. die Tonhöhe oder ob das Zeitintervall durchgehend oder nur am Anfang und Ende markiert wird. Es wurden noch keine systematischen Studien zum Einfluss der Reizqualität auf das Gegenwartsfenster durchgeführt und die Differenziertheit des menschlichen Zeiterlebens wurde noch nicht berücksichtigt (siehe auch 1.6 *Die Komplexität ‚natürlichen‘ Zeiterlebens*). Um das zu versuchen, werden anthropologische Schlüsselreize, nämlich der Ausdruck menschlicher Basisemotionen, in die Methode der Reproduktion eingebunden (siehe 2. *Material und Methode*).

Unabhängig davon, welcher Mechanismus im menschlichen Gehirn wahrgenommene Umweltreize zeitlich verarbeitet - es erscheint wenig plausibel bzw. nicht adaptiv, dass hierbei die Qualität des Wahrgenommenen bzw. der gesamten Rezeptionssituation keine

Rolle spielen sollte. Zudem gibt es dafür aber auch zahlreiche Hinweise aus verschiedenen Forschungsgebieten – siehe nächstes Kapitel.

1.5 Die Zeitwahrnehmung beeinflussende Faktoren

Ergebnisse verschiedener Disziplinen deuten darauf hin, dass die Beschaffenheit – z.B. Komplexität, Informationsgehalt und emotionale Valenz - von wahrgenommenen Reizen/Ereignissen Einfluss auf ihre zeitliche Verarbeitung hat.

Hinweise auf eine Kapazitätsbeschränkung des Gegenwartsfensters

Der weiter oben beschriebene Metronomversuch zeigt, dass nur innerhalb eines Zeitfensters von etwa 3 Sekunden gleichförmige Metronomschläge durch subjektive Akzentuierung zu einer prägnanten, rhythmischen Gestalt zusammengefasst werden können. Der Integrationsmechanismus ist aber nicht nur zeitlich begrenzt. Studien (Szelag and et al. 1996; Maase 2000) zeigten, dass es kaum möglich ist, 6 oder 7 Schläge zusammenzufassen; auch wenn sie so schnell aufeinander folgten, dass sie eigentlich in dasselbe Zeitfenster passen. Dies passt zu Ergebnissen der Gedächtnispsychologie, dass maximal 7 Items im Kurzzeitgedächtnis gehalten werden können (George A. Millers „magical number seven“). Offensichtlich spielt bei der Integration die Informationsmenge bzw. Kapazitätsbeschränkungen eine Rolle.

Wie schon erwähnt, wird nicht nur die Wahrnehmung durch den Verarbeitungsmechanismus des Zeitfensters strukturiert/segmentiert, sondern auch motorische Handlungen bzw. Bewegungen. Dem subjektiven Empfinden der Gegenwart, des *Jetzt*, liegt vermutlich der gleiche neuronale Mechanismus wie der zeitlichen Strukturierung von Verhaltensabläufen zugrunde (Pöppel 1978; Schleidt 1992; Steinbüchel, Wittmann et al. 1996; Schleidt and Kien 1997; Steinbüchel, Wittmann et al. 1999; Wittmann 1999).

Margret Schleidt analysierte Filmaufnahmen von Irenäus Eibl-Eibesfeld, die Alltagsszenen verschiedener Kulturen in Venezuela, Afrika, Europa und im Südpazifik zeigen (Schleidt, Eibl-Eibesfeldt et al. 1987; Schleidt 1988; Schleidt and Feldhütter 1989; Feldhütter, Schleidt et al. 1990). Komplexere Verhaltensfolgen wurden unterteilt in

Aktionseinheiten von funktionell zusammenhängenden Bewegungen, z.B. sich am Kopf kratzen, den Körper bemalen, Feuer machen, jemandem die Hand schütteln. Der weitaus größte Teil dieser Aktionseinheiten hatte eine Dauer von 2 bis 3 Sekunden. Schleidt wirft die Frage auf, ob diese Dauer von wenigen Sekunden durch die Kapazität des neuronalen Verarbeitungsmechanismus oder allein durch zeitliche Beschränkungen verursacht wird: „Der Zeitrahmen (also das Zeitfenster der Aktionseinheiten, der Verf.) ist ... statistisch signifikant kürzer, wenn eine Aktionseinheit nur aus einer einzigen Bewegung besteht (wenn man zum Beispiel nach etwas greift oder sich über die Nase wischt), als wenn in ihr mehrere gleiche Bewegungen in rhythmischer Folge vorkommen (etwa beim Händeschütteln oder Kratzen).“ (Schleidt 1992, S.113)

Das „nicht-wiederholte“ (non-repetitive) Verhalten dauert etwa 2 Sekunden, das „wiederholte“ (repetitive) etwa 3 Sekunden (siehe Abbildung 1.5).

Es erscheint zwar nur logisch, dass wiederholtes Verhalten länger dauert als nicht-wiederholtes. Man muss aber in Betracht ziehen, dass wiederholtes Verhalten aus drei oder mehr Bewegungen besteht und trotzdem *nicht* um ein Vielfaches länger als nicht-wiederholtes Verhalten dauert. Beim wiederholten Verhalten sind die rhythmisch wiederholten Bewegungen so kurz (im Durchschnitt 0,6 Sekunden), dass sie zusammen in ein Zeitfenster passen.

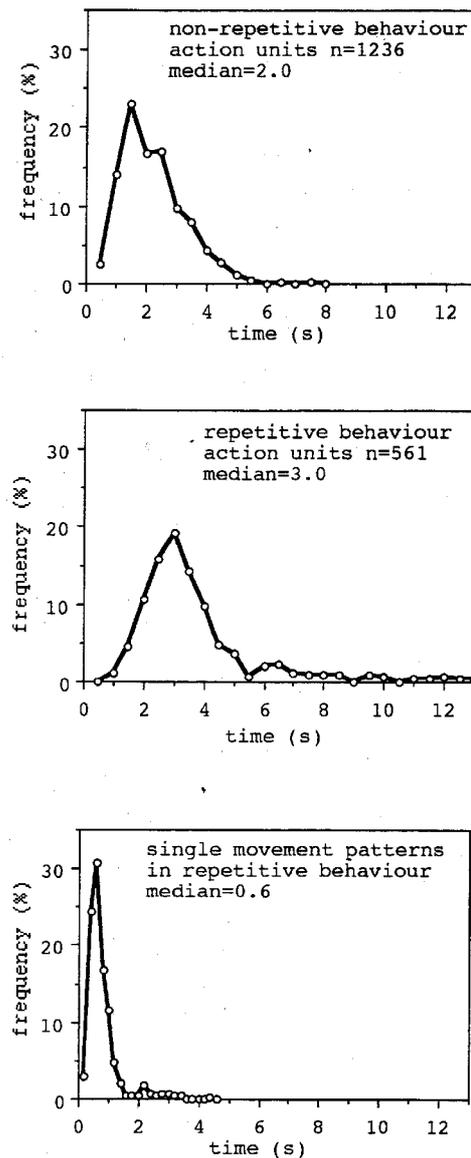


Abbildung 1.5: Vergleich der Dauer der Aktionseinheiten von nicht-wiederholtem und wiederholtem Verhalten. Der untere Graph zeigt die mittlere Dauer der einzelnen Bewegungen, aus denen sich das wiederholte Verhalten zusammensetzt. (aus Schleidt and Kien 1997, S. 85)

Wie Pöppel sieht auch Schleidt einen neuronalen Verarbeitungsmechanismus als Ursache der universell gefundenen zeitlichen Segmentierung von Verhalten. „Wir vermuten einen Zusammenhang mit der Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses. Soweit man weiß, kann es nur eine bestimmte, eng begrenzte Informationsmenge auf einmal aufnehmen; und unseres Erachtens hat es dafür auch nur eine begrenzte Zeit - nämlich wenige Sekunden - zur Verfügung: Je mehr Information innerhalb dieser kurzen Spanne eintrifft, desto rascher ist der Speicher gefüllt. Der Inhalt wird als zusammenhängendes Ereignis

verarbeitet und macht daraufhin neuer Information Platz.“ (Schleidt 1992, S.113f) Somit wäre auch beim Zeitfenster-Mechanismus eine negative Korrelation zwischen Informationsmenge und Speicherzeit plausibel. Rhythmisch wiederholtes Verhalten wird weniger von Außenreizen beeinflusst, die zu verarbeitende Informationsmenge ist geringer, es dauert folglich länger bis der Kurzzeitspeicher gefüllt ist und die maximal verfügbare Speicherzeit kann voll ausgenutzt werden (Median bei 3s). Bei nicht-wiederholtem Verhalten müssen mehr Informationen verarbeitet werden, so dass der Speicher schneller gefüllt ist (Median bei 2s).

Die These, dass eine sich in den neuronalen Strukturen des Gehirns manifestierende, begrenzte Speicherkapazität die Länge der Segmente von Verhalten bzw. Wahrnehmung beeinflusst, wird auch durch Vergleiche zwischen verschiedenen Primatenspezies gestützt. Wie schon weiter oben angeführt, findet sich auch bei Pavianen und Schimpansen eine zeitliche Segmentierung des Bewegungsverhaltens; die Aktionseinheiten dauern auch wenige Sekunden und der Unterschied zwischen wiederholtem und nicht-wiederholtem Verhalten ist dem bei Menschen sehr ähnlich (Kien, Schleidt et al. 1991; Ott, Schleidt et al. 1994). Entsprechend dem mehr oder weniger entwickelten Gehirn unterscheidet sich aber die Länge der Segmente bzw. Dauer der Aktionseinheiten:

	nicht-wiederholtes Verhalten	wiederholtes Verhalten	einzelne Bewegung in wiederholtem Verhalten
Paviane (papio hamadryas, anubis)	0,8 s	2,3 s	0,3 s
Schimpanzen (pan troglodytes)	0,9 s	2,4 s	0,6 s
Menschen (homo sapiens)	2,0 s	3,0 s	0,6 s

(Daten aus: Schleidt and Kien 1997)

„The greater length of human segments is thought to result from a greater capacity for producing longer movement sequences than in chimpanzees“ (Kien, Schleidt et al. 1991, S.106)

Diese Unterschiede in der neuronalen Verarbeitung könnten zwar auch auf eine unterschiedliche Organisation des Gehirns deuten; Differenzen in der Verarbeitungs-

kapazität bei Pavian, Schimpanse und Mensch sind aber aufgrund der Ähnlichkeit der Segmentverteilungen viel wahrscheinlicher (detaillierte Graphen in: Schleidt and Kien 1997).

„It has been generally thought that segment length is determined only by the complexity of the task and the capacity of the neural systems involved However, evidence for segments of similar length in a wide variety of perceptual, memory, motor and language situations led Pöppel ... to suggest that segment length may be primarily determined by temporal factors. Our results suggest that both capacity and temporal factors are involved.“ (Schleidt and Kien 1997, S.99)

Es spricht also vieles dafür, dass die Länge der Verhaltenssegmente und damit die Größe des Zeitfensters weder nur von Kapazitätsbeschränkungen noch allein von zeitlichen Faktoren bestimmt wird – sondern dass sie sich aus einem Wechselspiel von Kapazität/*processing load* und Zeitfaktor ergibt.

Hinweise auf Einflüsse von Emotionen auf die Zeitverarbeitung

Neurowissenschaftliche Studien haben in den letzten Jahren gezeigt, dass Kognition und Emotion keine voneinander unabhängigen neuronalen Module sind. Emotionen sind vielmehr Ergebnis „psychophysischer Interaktion“ (- eigentlich eine überholte, dualistische Formulierung), Mittler zwischen und Modulator von kognitiven und physiologischen Zuständen (Kandel, Schwartz et al. 1995; Wimmer 1995; Rüegg 2001; Birbaumer and Schmidt 2003).

„We suggest that no specific emotion center exists over and above cognitive systems in the brain, and that emotion should not be divorced from cognition One argument against studying emotion within the framework of cognitive science is the historical separation of cognition from visceral processes. But, from a neuroscience point of view, the neural systems engaged during various cognitive processes are also engaged while processing various emotional stimuli.“ (Erickson and Schulkin 2003, S.57f)

Abgesehen davon, dass emotionale Faktoren die meisten, wenn nicht alle, kognitiven Prozesse beeinflussen, z.B. die Arbeitsgeschwindigkeit (Sokolowski 1992), die ganze Art und Weise unseres Denken und Wahrnehmens (Damasio 1997; Damasio 2002) –

der anthropologische Ansatz dieser Studie sieht (wie schon weiter oben ausgeführt) in der Zeitverarbeitung ohnehin keinen rein kognitiven, sondern einen *experiential process*.

Untersuchungen an gesunden und depressiven Patienten zeigten schon mehrfach, dass die emotionale Gestimmtheit die Zeitwahrnehmung beeinflussen kann (Hawkins, French et al. 1988; Blewett 1992; Münzel 1993; Mundt and et al. 1998).

Zudem fand Sokolowski (1996), dass die durch Emotionsinduktion herbeigeführte Stimmung von Probanden die Zeitdauer beeinflusst, in der eine bestimmte Perspektive des Necker-Würfels „gehalten“ werden kann.

In manchen psychologischen Zeitverarbeitungsmodellen wird ein nicht genauer charakterisiertes *arousal* postuliert, welches auf einen internen (Zeit-)Schrittmacher einwirkt. In Treismans Modell (Treisman 1963) gibt es zum ersten Mal diese „Erregungsinstanz“, die auf die Zeitwahrnehmung Einfluss nimmt. Wie im unten abgebildeten „attentional gate model“ (Abbildung 1.6) von Block und Zakay (1996) taucht das (stimulus induced) *arousal* auch anderen Zeitmodellen auf (siehe: Burle and Casini 2001).

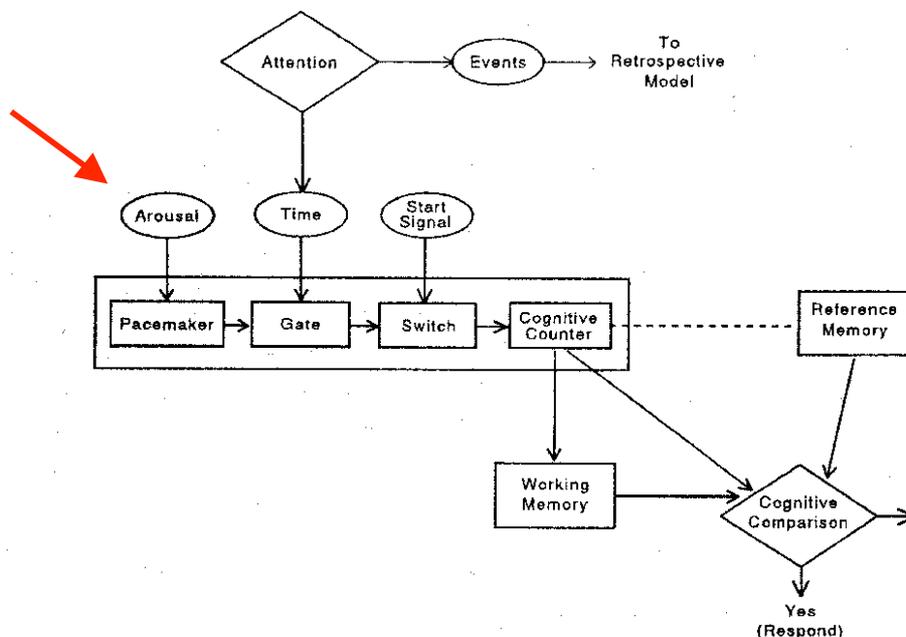


Abbildung 1.6: Das *attentional-gate model* als ein Beispiel für Zeitverarbeitungsmodelle, in denen eine unspezifische Erregungsinstanz - *arousal* - Einfluss auf die Zeitwahrnehmung hat. (aus: Block and Zakay 1996, S.182)

Dabei ist es im Zusammenhang der vorliegenden Untersuchung gleichgültig, ob unter *arousal* nun eine völlig unspezifische Erregung (z.B. durch ‚Stress‘) oder der Intensitätsfaktor in einem multidimensionalen Emotionsmodell verstanden wird. Eine Emotionsinduktion durch spezifische Reize (siehe 2. *Material und Methode*) ist in jedem Fall geeignet, ein *arousal* zu erzeugen.

1.6 Die Komplexität ‚natürlichen‘ Zeiterlebens

Wie schon im Kapitel 1.4 *Zeiterleben als Ereigniswahrnehmung* erläutert, versucht diese Studie aus anthropologischem Impetus, den *experiential process*, also die Komplexität menschlicher Zeitwahrnehmung in einer natürlichen Rezeptionssituation, (ansatzweise) zu berücksichtigen. Anders als bei auf psychophysikalische Parameter reduzierten Versuchsdesigns soll die Beschaffenheit der wahrgenommenen Reize, ihr ‚Informationsgehalt‘, insbesondere emotionale Einflüsse, mit einbezogen werden. Dabei wird in Kauf genommen, dass diese postulierten Einflussfaktoren konfundieren, d.h. (noch) nicht eindeutig voneinander abgegrenzt werden können.

„Also wissen wir immer noch nicht, wie eigentlich das Neuron die Information kodiert. Zudem wissen wir noch nicht mit befriedigender Exaktheit, was wir mit "Information" meinen. Es fehlt an einen ausgereiften Begriff von Information, der für die Neurowissenschaft anwendbar ist.“ (Churchland and Christen 2001)

Zudem gab es bisher keine systematischen Studien zum Einfluss der Reizqualität auf das Gegenwartsfenster und die Differenziertheit des menschlichen Zeiterlebens wurde noch nicht berücksichtigt.

Bislang wurde untersucht, was Allan in einem häufig zitierten Reviewartikel über „the role of nontemporal information“, d.h. die Reizqualität/Beschaffenheit der Stimuli, in der Zeitforschung schreibt: „It is well documented that intervals having identical stimulus durations are not always judged as equal in perceived duration. Rather, the judgement is influenced by such nontemporal characteristics of the marker as its modality, nature (filled vs. empty), energy and complexity.“ (Allan 1979, S.346) (Für ein aktuelles "Review der Reviews" siehe: Grondin 2001). Allerdings beziehen sich „modality“, „nature“, „energy“ und „complexity“ in diesem Zusammenhang allein auf physikalische

Charakteristika - ob das Zeitintervall durchgehend (filled) oder nur am Anfang und Ende (empty) markiert wird, ob es akustisch oder visuell dargeboten wird oder wie groß die Intensität, Struktur und Wellenlänge des Reizes ist.

Zudem wurden und werden von der Vielzahl der Untersuchungsmethoden vor allem Methoden mit sprachlicher Schätzung der Dauer eines Intervalls oder mit einem Vergleich zweier vorgegebener Intervalle verwendet. Bei der in dieser Arbeit favorisierten Methode der Reproduktion (für die Gründe siehe 2.2 *Versuchsdesign* und 1.7 *Die Hypothesen*) wurde die physikalische Beschaffenheit der dargebotenen Reize bisher kaum variiert. Komplexe menschliche Stimuli, Laut- und Bildreize mit emotionaler Ladung wurden noch nicht verwendet.

In der vorliegenden Studie wird erstmals der Ausdruck menschlicher Basisemotionen – quasi als anthropologischer Schlüsselreiz - in die Methode der Reproduktion eingebunden. So wird versucht, die Standardisierbarkeit eines kognitionspsychologischen Versuchsdesigns mit der Komplexität natürlicher Ereigniswahrnehmung zu verbinden. ‚Feldforschung‘ oder die Nachbildung einer naturgetreuen Wahrnehmungssituation würde zu vielen, nicht kontrollierbaren Störvariablen führen und die Identifikation der relevanten Faktoren und Mechanismen vereiteln. Allerdings lassen sich auch unter den standardisierten Bedingungen eines klassischen Experimentaldesigns die Stimuli naturgetreuer, also komplexer bzw. informations- und emotionsreicher, gestalten.

Da die akustische Wahrnehmung die höchste zeitliche Auflösung von allen Sinnesystemen hat, werden akustische Reize dargeboten. Außerdem werden visuelle Stimuli verwendet - um sowohl den Einfluss der Sinnesmodalität zu untersuchen als auch unabhängig vom Sinnessystem die Wirkung des emotionalen Gehalts zu analysieren. Denn auch visuelle Reize lassen sich zeitlich exakt darbieten und gut mit akustischen Reizen kombinieren.

Wie diese Simulation *möglichst* natürlicher Zeit- bzw. Ereigniswahrnehmung in einem experimentellen Setting / 3 Versuchsreihen umgesetzt wird, ist in 2. *Material und Methode* ausführlich dargelegt. Vorliegende Arbeit ist zwar keine reine Methodenarbeit, da aber ein neuer Untersuchungsansatz und neue Methoden entwickelt wurden, wird dort auch auf aktuelle Forschungsergebnisse und weitere theoretische Überlegungen zu den Untersuchungsverfahren detailliert eingegangen.

1.7 Die Hypothesen

Im Folgenden werden nicht nur klar definierte und statistisch direkt überprüfbare Hypothesen dargestellt. Der neue, komplexe Ansatz dieser Untersuchung hat zur Folge, dass neben der Hypothesenprüfung die (durchaus spekulative) Exploration des Themas, das Suchen von Mustern und Trends und die Generierung von neuen Hypothesen besonders wichtig ist (siehe auch 3. *Ergebnisse*).

Dabei wird das Konzept des 3-Sekunden-Zeitfensters als Rahmensystem verstanden wie es Crick und Koch definieren: „A framework is not a detailed hypothesis or set of hypotheses; rather, it is a suggested point of view for an attack on a scientific problem, often suggesting testable hypotheses. Biological frameworks differ from frameworks in physics and chemistry because of the nature of evolution. Biological systems do not have rigid laws, as physics has. Evolution produces mechanisms, and often sub-mechanisms, so that there are few ‘rules’ in biology which do not have occasional exceptions.

A good framework is one that sounds reasonably plausible relative to available scientific data and that turns out to be largely correct. It is unlikely to be correct in all the details. A framework often contains unstated (and often unrecognized) assumptions, but this is unavoidable.“ (Crick and Koch 2003, S.119)

Komplexere Überlegungen zur Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich

Der explorative Charakter dieser Arbeit manifestiert sich nicht allein darin, dass der Einfluss emotionaler Reize auf das 3-Sekunden-Zeitfenster noch nicht untersucht wurde. Es gibt zwar zahlreiche Belege für das Wirken eines Gegenwartsfenster-Mechanismus im Sinne Pöppels - also die Integration aufeinander folgender Reize zu Wahrnehmungsgestalten von wenigen Sekunden Dauer - siehe 1.2 *Die Dauer der Gegenwart*. Dieser theoretische Ansatz wird aber längst nicht von allen Zeitforschern geteilt (u.a. Thomas Rammsayer im persönlichen Gespräch). Die in der Zeitforschung populäre Scalar Timing Theorie geht von einem linearen Zusammenhang von Stimulusdauer und wahrgenommener Intervalldauer, also von vorgegebener und reproduzierter Zeit, aus (Staddon and Higa 1999; Wearden 2003); was mit einem Wechsel der Zeitverarbeitung bei etwa 3 Sekunden nicht vereinbar ist.

Eine zu prüfende Hypothese ist also, dass ein Zeitfenster-Mechanismus im Bereich weniger Sekunden tatsächlich existiert und auch bei der Reproduktion von Intervallen mit sehr unterschiedlichen Reizqualitäten über verschiedene Sinne nachzuweisen ist (siehe auch folgenden Abschnitt: *Voraussetzungen und grundsätzliche Fragen*).

Kombiniert man die Ergebnisse der Methode der Reproduktion bei einfachen Stimuli (siehe Abbildung 1.4) mit den Überlegungen aus Kapitel 1.5 *Die Zeitwahrnehmung beeinflussende Faktoren*, so ergibt sich folgende (allgemeine) Hypothese:

Unterschiedliche Reizqualitäten werden vom Mechanismus des 3-Sekunden-Zeitfensters unterschiedlich verarbeitet.

Spezieller: Reize mit emotionalem Inhalt z.B. beanspruchen aufgrund ihrer größeren Komplexität bzw. ihres höheren Informationsgehalts mehr „Speicherplatz“ oder „Kapazität“. Das verkleinert die zeitliche Ausdehnung des Gegenwartsfensters – solche Reize füllen das Zeitfenster folglich schon nach kürzerer Zeit aus als weniger komplexe Reize. Reize mit komplexem oder emotionalem Inhalt werden also früher/schneller nicht mehr innerhalb des Zeitfensters relativ genau wahrgenommen, sondern nur grob geschätzt, d.h. unterschätzt. Bei komplexeren Stimuli liegt der Indifferenzpunkt (der Schnittpunkt mit der Winkelhalbierenden) tiefer - wie in folgender Grafik (Abbildung 1.7) mit einfachem Reiz (blaue Kurve) und komplexem Reiz (rote Kurve) dargestellt.

Falls allerdings – wie gedächtnisorientierte Zeitmodelle postulieren (Ornstein 1969) - allein die retrospektive Komponente entscheidend ist, hätten komplexe, emotionale Reizqualitäten eine gegenteilige Wirkung – sie würden länger geschätzt als einfache, nichtemotionale Reize, insbesondere ab ca. 3 Sekunden. Denn im Rückblick bzw. nach dem Wahrnehmen des vorgegebenen Intervalls würden die Versuchspersonen bei den komplexen Reizen *mehr* Inhalt erinnern und daraus auf eine längere Intervalldauer schließen - siehe auch 4. *Diskussion*.

Die zugrunde liegende Frage lautet: Wird die Ausdehnung des Gegenwartsfensters allein durch zeitliche Faktoren (wie z.B. die maximale synchrone Aktivitätsdauer eines Zellverbandes im Gehirn) bestimmt? Oder hat auch das, was wahrgenommen wird, also die Komplexität und Valenz der integrierten Reize, das *processing load*, einen Einfluss? Fast automatisch schließen sich die unten dargestellten Überlegungen an.

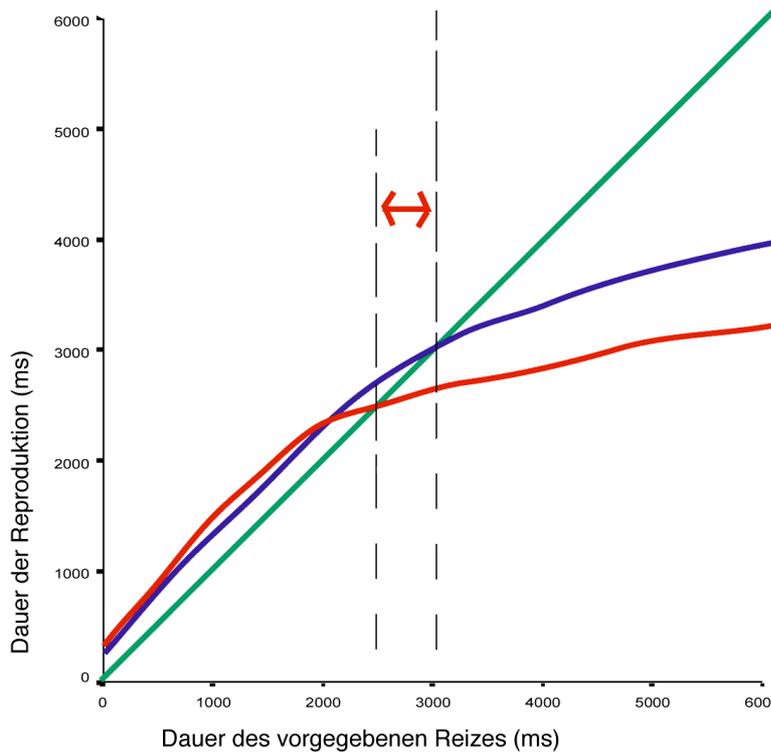


Abbildung 1.7: Methode der Reproduktion (hypothetisch): Dauer der reproduzierten Zeitintervalle in Abhängigkeit von den vorgegebenen Intervallen; blaue Kurve - einfacher Reiz, rote Kurve - komplexer, emotionaler Reiz; der rote Doppelpfeil zeigt den Unterschied zwischen den beiden Indifferenzintervallen

Der Zusammenhang/das Verhältnis von Komplexität, Informationsgehalt und emotionaler Valenz eines Stimulus ist - wie schon erwähnt - weder erforscht noch für diese Untersuchung von entscheidender Relevanz. Es wurde in Kauf genommen, dass diese Parameter nicht eindeutig voneinander zu trennen sind, also konfundieren. Die Einbindung menschlicher, affektiver Äußerungen (siehe 2.3 *Die Lautreize* und 2.4 *Die Bildreize*) - die komplexer, informations- und emotionsreicher als der klassische, künstliche Sinuston oder „Licht an/aus“ sind - bringt aber in jedem Fall diverse neue Aspekte in die Zeitforschung im Sekundenbereich ein. Diese können allerdings in der vorliegenden Arbeit nur grob skizziert werden.

Die herausragende Bedeutung zwischenmenschlicher Kommunikation im Laufe der menschlichen Stammesgeschichte (social brain hypothesis – u.a. Dunbar 1998; Dunbar 2003) lässt es z.B. denkbar erscheinen, dass menschliche Lautäußerungen im Gehirn auf prinzipiell andere Weise verarbeitet werden als „tote“, „physikalische“ Reize (bevor

Parameter wie Komplexität oder Informationsgehalt überhaupt eine Rolle spielen); zur biologischen Basis sozialer Kognition bzw. zur „anthropologischen“ Qualität von Reizen siehe z.B. (Kilner, Paulignan et al. 2003; Blakemore and Frith 2004).

Ein weiterer Themenkomplex ist das Wechselwirkungsgeflecht von Kommunikationsprozess, Emotionen und Gegenwartsfenster: Der emotionale Ausdruck - ob stimmlich oder mimisch - hat eine kommunikative Funktion, nämlich Artgenossen und Artfremden eine spezifische Motivation oder Handlungsintention anzuzeigen (Darwin 1872; Ekman 1997) oder diese zu beeinflussen (Bachorowski and Owren 2003; Russell, Bachorowski et al. 2003). Im Laufe der Phylogenese entstand ein exakt zwischen Sender und Empfänger abgestimmtes Kommunikationssystem (Schneider and Dittrich 1990).

Die diesem System zugrunde liegende zeitliche Struktur wird wiederum vom Integrationsmechanismus des Gegenwartsfensters geprägt: „The aforementioned temporal integration process ... can be seen as a general mechanism for inter-personal communication.“ (Wittmann and Pöppel 1999, S. 21) Ob bei der stimmlichen Verständigung zwischen Mutter und Kind (Malloch 1999), dem Komponieren von Musik (Wittmann and Pöppel 1999) oder dem Schreiben und Lesen von Texten (Turner and Pöppel 1988; Pöppel 1997) - das Senden und Empfangen von Informationen ist ein wechselseitiger Austausch im 3-Sekunden-Rhythmus. Dadurch, dass das Versuchsdesign (siehe 2. *Material und Methode*) einen *Ausschnitt* zwischenmenschlicher Kommunikation simuliert, werden diese Aspekte mit einbezogen.

Besonders interessant und im gleichen Maße spekulativ sind evolutionsbiologische Überlegungen zur möglichen Wechselwirkung von Emotionen mit dem offenbar bei allen Säugetieren aktiven Zeitfenster-Mechanismus - „From animal brain research, we know that there are a great number of special-purpose emotional operating systems in the mammalian brain ... It may be that much of the potential explanatory power imparted by evolutionary scenarios will be found in the details of the robust and widespread influence that those systems have throughout mammalian brains.“ (Panksepp and Panksepp 2000) Emotionale Zustände erhöhen die Verhaltensflexibilität (und damit die Fitness eines Organismus), indem sie – unter Beibehaltung der ultimativen Handlungsziele - starre Reiz-Reaktionssysteme (die bei Invertebraten, aber auch Fischen, Reptilien und Vögeln

vorherrschen) entkoppeln und nur die grundsätzliche Richtung des Verhaltens vorgeben (Schneider and Dittrich 1990).

In diesem Sinne lassen sich die einzelnen, qualitativ unterschiedlichen emotionalen Reaktionssysteme als phylogenetische Anpassungen mit jeweils spezifischer Funktion erklären (Schneider and Dittrich 1990; Oatley and Jenkins 1996; aber siehe auch: Owren and Bachorowski 2001). So löst z.B. Furcht Handlungen aus, die bei Gefahr der Selbsterhaltung dienen: Die Aufmerksamkeit auf die Umgebung richten, innehalten oder flüchten. Furcht auslösende Reize erreichen die (Aufmerksamkeit steuernde) Amygdala nicht nur über eine gründliche und langsame kortikale Wahrnehmungsanalyse, sondern auch über eine gröbere, aber schnellere subkortikale (LeDoux 1996). Eine an die Handlungsoptionen angepasste Zeit- bzw. Ereignisverarbeitung wäre theoretisch ein Fitnessvorteil (und aufgrund der Interdependenz von kognitiven und emotionalen Prozessen nicht unwahrscheinlich). Eine auf die spezifische Funktion der aktuellen Emotion abgestimmte Zeitverarbeitung wäre z.B. eine beschleunigte Informationsverarbeitung bzw. ein rascheres ‚Gegenwarts-Update‘ in einer Gefahrensituation.

Um einen solchen funktionalen Einfluss einer spezifischen Emotion auf die Zeitwahrnehmung nachweisen zu können, wird erstmals versucht, die Wirkung derselben Emotion über verschiedene Sinnesmodalitäten hinweg zu vergleichen. Mittels Darbietung akustischer, visueller und audiovisueller/multimodaler Stimuli (siehe 2. *Material und Methode*) könnte eine von der Sinnesmodalität unabhängige Emotionswirkung auf die Zeitverarbeitung im Sekundenbereich gefunden werden.

Voraussetzungen und grundsätzliche Fragen

Vor der Überprüfung dieser speziellen Spekulationen und der differenzierten Hypothesen zum Gegenwartsfenster sind allerdings noch *allgemeinere Hypothesen* zu prüfen bzw. *grundsätzliche Fragen* zu beantworten:

a) Dass die reproduzierte Dauer abhängig ist von der vorgegebenen Dauer, ist eine fast banale Annahme. Aber sind die Versuchspersonen in der Lage alle unterschiedlich langen Vorgabeintervalle zu differenzieren, z.B. vorgegebene 2500ms länger zu reproduzieren als vorgegebene 2000ms? Und 5000ms länger als 4000ms, obwohl jenseits

von 3 Sekunden (theoretisch) eine deutliche, möglicherweise nivellierende Unterschätzung der Zeitintervalle beginnt?

b) Werden die Reizintervalle mit zunehmender Dauer (ab etwa 3 Sekunden) bei der Reproduktion tatsächlich deutlich unterschätzt?

Gibt es (zwischen 2 und 4 Sekunden Vorgabedauer) Indifferenzpunkte, also Schnittpunkte der Zeitschätzungskurven mit der Winkelhalbierenden?

Oder - falls die vorgegebenen Zeitintervalle von Anfang an unterschätzt werden (siehe: Elbert, Ulrich et al. 1991; Maase 2001; Kagerer, Wittmann et al. 2002) - zeigt ein deutliches Wachsen des Zeitfehlers (also der prozentualen Verschätzung) einen qualitativen Wechsel in der Zeitverarbeitung an?

(Diese Fragen entsprechen den Überlegungen zum Gegenwartsfenstermechanismus.)

c1) Werden die komplexen, emotionalen Stimuli überhaupt auf die prinzipiell gleiche Weise verarbeitet wie einfache Reize, z.B. ein Sinuston oder eine geometrische Figur?

c2) Gilt Letzteres nur innerhalb einer Sinnesmodalität oder für alle Versuchsreihen (akustisch, visuell, multimodal) gleichermaßen?

Falls sich - anders als in der Pilotstudie mit akustischen Stimuli (Maase 2000) und den Vorversuchen zu dieser Arbeit - herausstellen sollte, dass die emotionalen Reize von den Versuchspersonen gar nicht gleichmäßig reproduziert werden können oder dass die Zeitschätzungskurven jeweils völlig anders verlaufen, dann würden sich ohnehin viele der hier aufgeführten Fragen erübrigen.

Wenn aber die unterschiedlichen Reizqualitäten vom gleichen Zeitwahrnehmungsmechanismus verarbeitet werden:

d) Hat die Reizqualität, d.h. der emotionale Gehalt, die Komplexität eines Stimulus bzw. die durch ihn ausgelöste Stimmung, einen Einfluss auf die zeitliche Verarbeitung, also auf die Dauer der reproduzierten Intervalle?

e) Hat die gleiche Emotion (z.B. *traurig*, *freudig* oder *angstvoll* – siehe 2. *Material und Methode*) in den verschiedenen Sinnesmodalitäten, d.h. wenn sie akustisch, visuell oder multimodal dargeboten wird, die gleiche Wirkung auf die Zeitschätzungen? (Diese Frage

entspricht obigen Spekulationen über einen funktionalen Einfluss bestimmter Emotionen auf die Zeitwahrnehmung.)

f) Hat die Sinnesmodalität einen Einfluss auf die Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich oder werden akustische, visuelle und multimodale dargebotene Reizintervalle identisch reproduziert?

g) Gibt es Wechselwirkungen zwischen der vorgegebenen Intervalldauer (= Reizdauer), Reizqualität und Sinnesmodalität?

h) Spielt die Unterschiedlichkeit der Versuchspersonen (Vpn) bei der Intervallreproduktion eine Rolle – reagieren verschiedene Vpn unterschiedlich auf die vorgegebenen Intervalldauern oder auf die verschiedenen Reizqualitäten?

2. Material und Methode



2.1 Die Versuchspersonen

An den 3 Hauptuntersuchungen nahmen 93 deutschsprachige Studentinnen der Universität Hamburg teil. Ihr Alter reichte von 19 bis 34 Jahre, betrug im Mittel 24,7 Jahre bei einer Standardabweichung von 3,1 Jahren.

Zwar ist belegt, dass das Alter auf die Zeitwahrnehmung einen relevanten Einfluss hat (Pouthas and Perbal 2004) – allerdings nicht innerhalb des hier untersuchten Altersbereichs bzw. nicht auf die Methode der Reproduktion (Block, Zakay et al. 1998).

Die Versuchspersonen (Vpn) gaben an:

- im Umgang mit dem Computer vertraut zu sein
- über eine unbeeinträchtigte Sehfähigkeit zu verfügen (gegebenenfalls *mit* Brille/Kontaktlinsen)
- an keiner Einschränkung der Hörfähigkeit oder unter Tinnitus/Ohrgeräuschen zu leiden
- keine speziellen Techniken zur Zeitschätzung/Intervalltaktung zu beherrschen (z.B. als Musiker)
- ausgeruht die Untersuchung zu absolvieren (unbeeinträchtigt von möglicherweise wahrnehmungsbeeinflussenden Medikamenten/Drogen).

Die Vpn nahmen freiwillig und ohne eine Vergütung teil. Systematische Unterschiede zwischen freiwilligen Untersuchungsteilnehmern und Personen, die die Untersuchungsteilnahme verweigern, (wie sie etwa Bortz and Döring 1995, S. 71 auflisten) sind für

diese Untersuchung nicht relevant. Eine mögliche größere Motivation, höhere Intelligenz oder eine unkonventionellere Einstellung waren einem reibungslosen und konzentrierten Versuchsablauf vielleicht zuträglich, haben aber auf die Mechanismen der Zeitwahrnehmung keinen Einfluss. Gleiches gilt für Sozialisation und Lebensumstände, die sich wahrscheinlich bei dieser rein studentischen Stichprobe von denen der Gesamtbevölkerung unterscheiden.

Ebenso könnte ein irgendwie gearteter, aber unwahrscheinlicher Zusammenhang von Intelligenz mit der „Wahrnehmungskapazität“ nur den Indifferenzpunkt verschieben, nicht aber die Form der Verteilung oder die Wechselwirkungen mit dem emotionalen Gehalt der Reize beeinflussen.

Auch eingedenk der Tatsache, dass ähnliche wahrnehmungspsychologische Versuche meist mit einer deutlich geringeren Probandenzahl durchgeführt werden, kann der Untersuchung sicherlich eine relativ hohe externe Validität zugesprochen werden. Allerdings mit der Einschränkung, dass nur weibliche Vpn teilnahmen. Die neuartige Untersuchung eines komplexen Wahrnehmungsvorganges verlangte, bei allen Aspekten des Versuchsdesigns darauf zu achten, dass die Zahl der Variationsquellen (wie z.B. Geschlechterunterschiede) so klein wie möglich gehalten wurde.

Es gibt mehrere Hinweise darauf, dass das hier dargestellte Versuchsdesign geschlechtsabhängige Ergebnisse liefern würde: Geschlechterdifferenzen bei Gedächtnisprozessen sind wahrscheinlich auch bei der Verarbeitung von Zeitinformationen relevant (Rammsayer 1998). Zudem unterscheiden sich Frauen nicht nur bei der kognitiv vermittelten Zeitschätzung von Männern, sondern auch beim Erkennen der zeitlichen Reihenfolge im Millisekundenbereich (Wittmann 2003). Hornstein und Rotter (1969) fanden eine hoch signifikante Wechselwirkung des Geschlechts mit der Zeitschätzungsmethode und eine nichtsignifikante Tendenz der Frauen zu größerer Genauigkeit als Männer bei der Methode der Reproduktion. Weitere Studien, die Geschlechterunterschiede bei der Zeitverarbeitung fanden, führt Szélag (2004) an.

Auch bei der emotionalen Reaktion gibt es relevante Geschlechterunterschiede. Zum Beispiel reagieren Frauen und Männer bei der Verarbeitung von Bildreizen zwar sehr ähnlich (insbesondere bei hoch erregenden Stimuli); bei der Betrachtung weniger erregender, aversiver Bilder zeigen Frauen jedoch eine deutlich defensivere Reaktion (Bradley, Codispoti et al. 2001).

„One difference occurring as a function of picture emotionality was related to gender. In the more active right hemisphere, women showed significantly more activity for unpleasant than for pleasant stimuli, whereas men tended to respond in the opposite direction. This difference is consistent with data from recent picture perception studies ... in which women have been more reactive than men to aversive stimuli.“ (Lang, Bradley et al. 1998, Seite 208f) Weitere Belege für Geschlechterdifferenzen bei der Verarbeitung emotionaler Reize finden sich u.a. in folgenden Arbeiten: (Bradley, Codispoti et al. 2001; Sander and Scheich 2001; Lewis and Walsh 2002; Sander, Brechmann et al. 2003).

Es wurde sich für weibliche Probanden entschieden, da es im Fachbereich Biologie und den angrenzenden Fachbereichen der Uni Hamburg weitaus mehr Studentinnen als Studenten gibt und erstere viel eher bereit waren, an der Untersuchung teilzunehmen.

2.2 Versuchsdesign

Die Methode der Reproduktion (MR)

Die in dieser Arbeit angewendete Methode zur Untersuchung der Zeitwahrnehmung bzw. Zeitschätzung ist in der experimentalpsychologischen Literatur als *method of reproduction* bekannt und wurde das erste Mal 1868 von Karl Vierordt (Professor für Physiologie in Tübingen) beschrieben (Vierordt 1868). Dem Probanden wird dabei ein akustischer, visueller oder taktile Reiz eine bestimmte Zeitdauer lang dargeboten. Danach soll der Proband den Reiz noch einmal genauso lang ablaufen lassen, indem er den Reiz selbst startet und stoppt. Die reproduzierte Zeitdauer wird gemessen und zum vorgegebenen Zeitintervall in Bezug gesetzt.

Die MR bietet also die Kontrollmöglichkeiten und standardisierbaren Bedingungen eines klassischen (kognitionspsychologischen) Versuchsdesigns. Gleichzeitig lassen sich aber auch komplexe, emotionale Reize integrieren und somit der *experiential process* einer natürlichen Rezeptionssituation simulieren.

Die MR hat verschiedene Vorteile gegenüber anderen gebräuchlichen Zeitschätzungsdesigns, u.a. - *method of production*: Proband soll ein (z.B. 3 sekündiges) Zeitintervall

produzieren; *method of verbal estimation*: Proband soll Dauer eines Intervalls beschreiben; *method of comparison*: Proband vergleicht 2 Zeitintervalle bezüglich ihrer Länge.

Eisler (1996) schreibt, dass die Methode der Reproduktion weniger Streuung zeigt als andere Methoden und wahrscheinlich der „reinen biologischen“ Zeitwahrnehmung am nächsten kommt, da sie ohne Zahlen auskommt.

Auch Whitman (1964) favorisiert die MR: „... the method of reproduction most directly attacks the problem of time perception, and at the same time encounters the fewest number of additional parameters.“ Die *method of verbal estimation* und die *method of production* sind abhängig von den individuellen Zeitskalen der Versuchsperson (Vp), welche wiederum von der Umgebung und Aktivität des Versuchsleiters beeinflusst werden. Auch Ergebnisse der *method of comparison* sind bezüglich der zugrunde liegenden Mechanismen schwer zu interpretieren, da z.B. die Zeitintervalle, aus welchen sich die Darbietungsserie zusammensetzt, die Reihenfolge, in der die Intervalle dargeboten werden (sog. „time order error“) und die Anzahl der Durchgänge deutliche Einflüsse haben (Whitman 1964).

Auch bei der MR wird manchmal die Berücksichtigung eines Range-Effekts bzw. Time-Order-Errors bzw. Effekts entsprechend der Adaptation Level Theorie angemahnt: Bei der Darbietung einer zufälligen Reihenfolge von unterschiedlichen Reizdauern würden lange Reizdauern unterschätzt, kürzere überschätzt und Reizdauern im mittleren Bereich genau geschätzt – und das unabhängig von den konkreten Reizdauern, also im Bereich zwischen 1 und 5 Sekunden genauso wie zwischen 11 und 15 Sekunden. Allerdings wird schon die *generelle* Wirksamkeit solcher Effekte in der Zeitpsychologie kontrovers diskutiert (Übersicht in: Allan 1979; Staddon and Higa 1999).

Die Existenz bzw. Relevanz (oder mögliche Artefakte) solcher Effekte beim Reproduktionsparadigma/MR (im Sekundenbereich) wurde aber bereits eindeutig widerlegt (siehe Pöppel 1978; Pöppel 1996; Steinbüchel, Wittmann et al. 1996). Auch aktuelle Untersuchungen, wie (Kagerer, Wittmann et al. 2002) und meine eigene Pilotstudie (Maase 2000), zeigten keine derartigen Effekte - z.B. wurden kürzere Zeitintervalle nicht überschätzt, sondern fast exakt reproduziert.

Die Methode der Reproduktion ist für diese Untersuchung prädestiniert, da sie direkt die Zeitwahrnehmung/den Mechanismus des Gegenwartsfensters im Gehirn untersucht. Sie erkundet nicht, wie andere Methoden, das unterscheidende Zeitgefühl der Vp; ob Reiz A oder B, die sich in Dauer oder Reizqualität unterscheiden mögen, als länger oder kürzer wahrgenommen werden. Bei der MR ist der vorgegebene Reiz der gleiche (dieselbe Reizqualität) wie der, welcher von der Vp reproduziert wird. Nimmt also eine Vp eine bestimmte Reizqualität als „länger dauernd“ oder inhaltsreicher wahr, so tut sie dies sowohl bei der Vorgabe als auch bei der Reproduktion. Insbesondere bildet die MR die zeitlichen Grenzen des Integrationsmechanismus ab: Ebenso wie der Wechsel der Perspektive beim Necker-Würfel (oder anderen Vexierbildern) zeigt sie die Logistik der Reizverarbeitung, also die zeitlichen „eigen operations“ des Gehirns, auf (siehe 1.3 *Die Methode der Reproduktion*).

„intertrial“ und „retention“-Intervall

Bedeutsam für ein Versuchsdesign mit der Methode der Reproduktion sind zwei „technische“ Intervalle: Das *intertrial interval*, d.h. die Pause zwischen zwei Durchgängen (ein Durchgang = Vorgabe einer Zeitdauer/Zeitintervalls und Reproduktion dieses durch die Vp). Und das *retention interval* - die Pause zwischen der Vorgabe des Zeitintervalls und seiner Reproduktion.

Pöppel (1973) fand einen Einfluss des *retention interval* auf die Reproduktion eines 2-Sekunden Intervalls. Laut dieser Studie sollte die Pause zwischen Vorgabe und Reproduktion gleich lang wie oder größer als das Indifferenzintervall (bzw. das Gegenwartsfenster) sein. Denn unter der Annahme, dass der Zeitschätzung ein oszillatorischer, synchronisierender Mechanismus zugrunde liegt (genauer gesagt eine „relaxation oscillation“ bzw. „excitability cycles“) entspricht das Indifferenzintervall einer Periode dieser postulierten Oszillation. Eine Reproduktion, die noch während der „laufenden“ Oszillation der Vorgabe beginnt, würde mit dieser interferieren, zu einer Phasenverschiebung führen und die reproduzierte Zeit verkürzen.

Diese Überlegungen sind aber sehr spekulativ und beziehen sich nur auf die Reproduktion von 2-Sekunden Intervallen. Bei einer Untersuchung mit unterschiedlichen zu reproduzierenden Intervallen, müsste nicht nur das Indifferenzintervall (für jede einzelne Vp, für jeden Lautreiz) vorher bekannt sein. Es ist auch unklar, wie der

Oszillationsmechanismus auf Vorgaben reagiert, die deutlich über oder unter dem Indifferenzintervall liegen.

Am „natürlichsten“ erschien es, die Vp selbst die Dauer des *retention interval*, also der Pause zwischen Vorgabe und Reproduktion, bestimmen zu lassen. Bei Vorversuchen gaben Probanden an, dass es ihre Konzentration und ihr Erinnern der Lautreize beeinträchtigte, wenn sie die Reproduktion nicht selber starten konnten, sondern reagieren mussten, wenn diese automatisch begann. Das Gleiche gilt für das *intertrial interval*, also die Zeit zwischen dem Ende der Reproduktion und der Vorgabe eines neuen, zu reproduzierenden Zeitintervalls.

Auch Guay und Salmoni (1987) nehmen an, dass das selbstbestimmte (d.h. von der Vp bestimmte) Starten sowohl der Reproduktion als auch des jeweils neuen Durchgangs die Zeitschätzungsleistung der Vpn optimiert. Demnach dehnen die Vpn das *retention interval* und das *intertrial interval* gerade so lange aus, dass sie mögliche Langeweile minimieren und die Aufmerksamkeit über die gesamte Serie von Durchgängen maximieren. Aus der signifikanten Korrelation zwischen der Dauer von *intertrial interval* und der Dauer des *retention interval* (Vpn mit etwas längerem *intertrial interval* haben auch ein längeres *retention interval*) schließen Guay und Salmoni auf individuelle Unterschiede beim optimalen Pausenintervall - ein weiterer Grund dafür, diese beiden Intervalle im verwendeten Design nicht zu fixieren.

(Beide Intervalle mussten also auch mit einer theoretischen Minimaldauer von etwa 0 Millisekunden darstellbar sein - mittels der Precompiling-Funktion der Experimentalsoftware, siehe *Programmierung und Struktur der Versuchsreihen*, konnte dies realisiert werden.)

Der neuartige Untersuchungsplan

Der spezifische Einfluss der Reizqualität (insbesondere der emotionaler Stimuli) auf das Gegenwartsfenster bzw. auf die Zeitverarbeitung des Menschen wurde bislang nicht systematisch untersucht - die Integration von emotionalen Lautreizen und Gesichtsausdrücken in die Methode der Reproduktion ist ein Novum. In einer Pilotstudie (Maase 2000) wurden Methoden entwickelt und getestet, komplexe, menschliche Lautäußerungen als Stimuli in Zeitschätzungsexperimenten zu verwenden. Es konnte gezeigt

werden, dass die Zeitintervallschätzungen bei einfachen und komplexen (akustischen) Reizen prinzipiell gleich verlaufen, dass ihnen sehr wahrscheinlich dieselben Verarbeitungsmechanismen zu Grunde liegen und sie somit vergleichbar sind.

Aufgrund dieser viel versprechenden Ergebnisse erschien es sinnvoll, in der hier dargestellten Untersuchung erstmals die zeitliche Verarbeitung emotionaler Stimuli für unterschiedliche menschliche Sinne zu vergleichen. Möglicherweise könnte so von den einzelnen Sinnesmodalitäten und konkreten Versuchsreizen abstrahiert und auf eine allgemeine, Modalitäts-unabhängige Wirkung einer bestimmten emotionalen Information bzw. einer speziellen Stimmungsinduktion geschlossen werden.

Wie weiter unten erläutert, wurden dazu jeweils 5 akustische und 5 visuelle Stimuli erstellt, die - bei einer bestimmten strukturellen Komplexität - eine spezielle Emotion transportieren bzw. eine besondere Stimmung induzieren.

Die Daten wurden aus drei computergesteuerten Zeitschätzungsexperimenten mittels der MR gewonnen:

- einer Versuchsreihe mit akustischen Reizen („Lautreize“)
- einer mit visuellen Reizen („Bildreize“)
- einer Versuchsserie, in der akustische und visuelle Stimuli synchron dargeboten (und reproduziert) wurden („Bildlaute“).

Die 3 Versuchsreihen wurden von jeweils 31 (verschiedenen) Vpn absolviert. In jeder Versuchsreihe wurden 5 unterschiedliche Reizqualitäten mit je 7 verschieden langen Reizdauern (Zeitintervallen) kombiniert und jede dieser 35 Kombinationen 5mal wiederholt: 175 Durchgänge = 5 Reizqualitäten x 7 Reizdauern x 5 Wiederholungsmessungen. Von jeder der insgesamt 93 Vpn wurden also 175 Reiz-Intervalle reproduziert. Insgesamt wurden 16275 zu wertende Messungen (93 Vpn x 175 Messungen pro Vp) durchgeführt.

Der Untersuchungsplan jeder der 3 Versuchsreihen, d.h. innerhalb einer bestimmten Modalität (akustisch, visuell, multimodal), ist ein „within groups design“, da beide Faktoren (Reizqualität mit 5 Stufen und Reizdauer mit 7 Stufen) in all ihren Faktorstufen an derselben Versuchsgruppe eingesetzt wurden. (Genau genommen handelt es sich bei der Darbietungsdauer aufgrund ihrer Verhältnisskalierung nicht um einen Faktor sondern

eine Kovariate.) Da die 3 Versuchsreihen von unterschiedlichen Vpn absolviert wurden, handelt es bei der gesamten Untersuchung um ein „nested design“ – der Faktor Vp ist innerhalb des Faktors Modalität geschachtelt.

Programmierung und Struktur der Versuchsreihen

Die akustischen und visuellen Reize wurden den Vpn per Computer über Kopfhörer bzw. Bildschirm dargeboten, wobei der Ablauf einem Computerspiel nachempfunden wurde. Dazu wurden mit der grafischen Programmieroberfläche *PsyScope 1.2.5 PPC* bzw. der Programmiersprache *PsyScript* (Cohen, MacWhinney et al. 1993) von Jonathan D. Cohen und Brian MacWhinney (Carnegie Mellon University, Department of Psychology; Download als Freeware unter <http://psyscope.psy.cmu.edu/>) drei automatisch ablaufende Versuchsprogramme geschrieben. Diese führten die Vpn ohne Einwirkung des Versuchsleiters interaktiv durch das Experiment und erlaubten so die Kontrolle und Standardisierung eines Großteils der Versuchsbedingungen.

Das speziell für Wahrnehmungsexperimente entwickelte Softwarepaket *PsyScope* ermöglichte es, mit einem handelsüblichen Apple iMac™ (G4 Prozessor @ 900 MHz) exakte psychophysikalische Untersuchungen durchzuführen.

Für die Untersuchung war die Genauigkeit der Zeitmessungen von besonderer Bedeutung. Folgende Rahmenbedingungen für die Mess- bzw. Darbietungsgenauigkeit wurden recherchiert:

- Der interne Timer des Rechners hat eine zeitliche Auflösung von 1 Millisekunde; *PsyScope* wurde auf diese Messgenauigkeit abgestimmt.
- Die Abfragerate für Tastatur und Maus beträgt 16ms, wobei die Messfehler beim Starten eines Intervalls (minus maximal 16ms) und beim Stoppen (plus maximal 16ms) gegenläufig sind.
- Mittels der Precompiling- und Preloading-Funktion von *PsyScope* wurden - bevor die jeweilige Vp mit dem Versuch begann - alle 175 Reproduktionsdurchgänge vorberechnet und sämtliche Stimuli in den Arbeitsspeicher geladen. Während des eigentlichen Versuchs wurde also für die Darbietung/Konstruktion der Messungen und das Laden der Versuchsreize keine Zeit mehr benötigt.

- Bei der Bildschirmdarbietung der großformatigen Farbfotos war außerdem die Ansprechzeit des Panels, also die „Schnelligkeit“ der Darstellung von Einzelbildern zu berücksichtigen. Obwohl TFT-Displays als träge gelten und für das Nachleuchten der Pixel (Smearing) „berüchtigt“ sind, wurde dennoch kein schneller Röhrenmonitor verwendet. Bei entsprechenden Vergleichstests stellte sich nämlich heraus, dass die zu verwendenden Portraitsfotos auf „klobigen“ Röhrenmonitoren mit leicht sphärischer Darstellung als eher distanzierte, „künstlich-gläserne“ Darstellung empfunden wurden. Beim Flachbildschirm wirkten die Portraitfotos hingegen deutlich realistischer, d.h. lebendiger und greifbarer. Mit dem Philips™ 150 B3M wurde schließlich ein Flachbildschirm gefunden, der eine möglichst natürliche Darstellung mit einer Panelreaktionszeit von $< 40\text{ms}$ verband.

Mögliche Mess- bzw. Darbietungsfehler waren also meist gegenläufig, von der jeweiligen V_p unabhängig und vor allem zufällig, d.h. nicht systematisch mit irgendwelchen (Versuchs)Bedingungen konfundiert. Außerdem lagen sie auch im Extremfall in der Summe deutlich unter 100ms und waren damit weit von dem hier untersuchten Zeitbereich und relevanten Zeitdifferenzen entfernt.

Die Programmierung eines Experimentes in *PsyScope* kann über *PsyScript*, die spezielle Programmiersprache des Softwarepakets oder benutzerfreundlich über ineinander verschachtelte Menüs und Grafikenfenster erfolgen. Vor allem auf letztere Weise wurde für die Untersuchung das Programm „*timotion*“ (time + emotion) erstellt.

Da die Struktur und Detailgestaltung des Programms *timotion* sehr komplex sind, wird hier nur der konkrete Versuchsablauf anhand der Bildschirmanweisungen skizziert:

Das Grundelement des Experiments ist die oben beschriebene Methode der Reproduktion nach Karl Vierordt.

Vor den Reproduktionen einzelner Intervalle mit einer neuen Reizqualität sieht und/oder hört (je nach Versuchsreihe) die V_p den Bild-/Lautreiz in einer speziellen, ausführlichen Version: Der so genannte Induktionsreiz ist 9 Sekunden (visuell) bzw. 18 Sekunden (akustisch, multimodal) lang. Auf dem Bildschirm erscheint dafür die Aufforderung:

„*Sieh und höre dir jetzt einen neuen Bildlaut (bzw. Bild- oder Lautreiz) an.*“

Start: Maustaste drücken“

Per Maustastendruck startet die Vp die „Induktion“, mit der vermieden wird, dass aufgrund von Überraschungseffekten durch die teilweise erschreckenden Reize die ersten Zeitschätzungen verfälscht werden. Außerdem wird durch die relativ lange Reizexposition schon eine Stimmung bzw. Emotion bei den Vpn induziert.

Danach erscheint auf dem Bildschirm die Instruktion:

*„Wenn Du bereit bist,
drücke die Maustaste,
um einen Ausschnitt des Bildlautes abzuspielen.“*

Sobald die Vp die Maustaste drückt, startet der BildLaut.

Ist der Stimulus abgespielt, steht folgende Anleitung auf dem Bildschirm:

*„Lasse den Bildlaut noch einmal mit der gleichen Dauer ablaufen:
Start: Maustaste drücken
Stop: Maustaste drücken“*

Die Dauer des von der Vp reproduzierten, d.h. abgespielten, Intervalls wird im Datenfile der Vp gespeichert.

Auf dem Bildschirm erscheint die Nachfrage:

*„Falls Du Dich verschätzt hast,
drücke die Leertaste.
Sonst: Maustaste drücken“*

Meint die Vp, sich bei der Reproduktion *deutlich* verschätzt zu haben, hat sie die Maustaste versehentlich doppelt geklickt oder „verschlafen“ und drückt deshalb die Leertaste, so wird auch dies im Datenfile der Vp gespeichert.

Nun startet der nächste Durchgang desselben Bildlautes mit einer neuen, zufällig ausgewählten Dauer wieder mit:

*„Wenn Du bereit bist,
drücke die Maustaste,
um einen Ausschnitt des Bildlautes abzuspielen.“*

...

Für jede Reizqualität gibt es 35 dieser Vorgabe-Reproduktions-Durchgänge: 7 verschiedenen Darbietungslängen des Bildlautes (bzw. Lautreizes bzw. Bildereizes) - 1000, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 und 5000 Millisekunden - werden jeweils 5 mal wiederholt.

Die Reihenfolge der verschieden langen Zeitintervalle wird vom Versuchsprogramm nach dem Zufallsprinzip festgelegt. Dadurch wird ein möglicher Einfluss einer bestimmten Darbietungsreihenfolge auf die Zeitwahrnehmung der Vpn bzw. auf die von den Vpn reproduzierten Zeiten ausgeschlossen.

Die Darbietungszeiten wurden so gewählt, dass ein mögliches Indifferenzintervall oder „Auffälligkeiten“ an der Grenze des 3-Sekunden-Fensters gefunden werden können. 7 verschiedene Messpunkte sollten es außerdem ermöglichen, eine sinnvolle Verlaufskurve der subjektiven Zeitwahrnehmung abzubilden. „To be able to construct the psychophysical function at least four values (points) are necessary. With fewer points a possible curvilinearity cannot be discerned.“ (Eisler 1996, S.67)

Zwischen die verschiedenen Reizqualitäten mit jeweils 35 Durchgängen ist eine Pause von (mindestens) 1 Minute geschaltet, die die Vp ihren Bedürfnissen entsprechend ausdehnen kann. Während dieser Unterbrechung kann sich die Vp von der Konzentrationsleistung erholen und so aufnahmefähig für einen neuen Stimulus werden. Selbstverständlich wird nicht nur die Reihenfolge der Darbietungslängen *innerhalb* einer bestimmten Reizqualität, sondern auch die Reihenfolge der verschiedenen Reizqualitäten von der Software zufällig gewählt und somit ein systematischer Einfluss einer bestimmten Stimulusreihenfolge auf die Zeitwahrnehmung der Vpn ausgeschlossen.

Bevor der eigentliche Hauptversuchsteil mit Datenerhebung startet, absolvieren die Vpn den so genannten Vorlauf - mehrere Übungsdurchgänge mit entspannenden Stimuli - und machen sich so mit dem Versuchsablauf vertraut.

In etlichen Vorversuchen mit untrainierten Probanden wurden die Stimuli, Versuchssoftware und Messapparatur aufeinander abgestimmt und der (auch bei Fehlverhalten der Probanden) reibungslose und stabile Ablauf der Experimentalsoftware auf der Computerhardware getestet. Daneben wurden auch untersuchungstechnischen Fragen geklärt - die Verständlichkeit der Instruktionen und des Fragebogens - und die Anzahl der Durchgänge, d.h. die Dauer des Experiments so gewählt, dass die Probanden auch bei den letzten Durchgängenangaben, noch aufmerksam und konzentriert zu sein. (Die Daten aus diesen Vorversuchen wurden natürlich nicht in den endgültigen Datensatz aufgenommen.)

2.3 Die Lautreize

5 verschiedene akustische Reize wurden mit Klangbearbeitungssoftware erzeugt, per Mikrofon digital aufgenommen oder aus verschiedenen Quellen (z.B. Audiomaterial zur Vertonung von Filmen) ‚gesampled‘ und entsprechend den speziellen Anforderungen des Versuchs digital modifiziert.

Diese Stimuli konnten dann mittels der Versuchsprogramme per Computer (Apple iMac™ G4) bzw. über einen Kopfhörer (Phillips™ SBC HP 100) dargeboten werden. Durch die Verwendung eines Kopfhörers wurden nicht nur mögliche, störende Umgebungsgeräusche reduziert, sondern auch ein viel intensiveres Hörerlebnis der Reize erreicht als bei Wiedergabe über Lautsprecher.

Bis auf den Sinuston sind die verwendeten Lautreize gewissermaßen ‚anthropologische Schlüsselreize‘, die - kulturunabhängig und zum Grundrepertoire menschlicher Lautäußerung gehörend – jedem Menschen von klein auf vertraut sind. Im Unterschied zu erlernten, persönlichkeits- oder kulturabhängigen Emotionsauslösern, wie Zahnarztbohrer-, Sirenen- oder Explosionsgeräusche, sind sie angeborene Reaktionsmuster – selbst relativ komplexes emotionales Verhalten wie Lachen oder Weinen ist offenbar fast

ausschließlich genetisch determiniert und benötigt keine spezifische Stimulation (durch die Umwelt) und kommt auch bei taubstummen und blindgeborenen Kindern vor (siehe z.B.: Oatley and Jenkins 1996; Birbaumer and Schmidt 2003).

Die Qualität der Stimuli war von besonderer Bedeutung für die Untersuchung. Einerseits mussten sich die Versuchsreize aufgrund ihrer klanglichen Form, ihrem zeitlichen Verlauf und ihrer Verständlichkeit in ein Zeitreproduktionsexperiment integrieren lassen. Andererseits sollten die Stimuli in ihrer Naturtreue und emotionalen Authentizität möglichst den Reizen einer natürlichen Alltagssituation entsprechen - mit der wesentlichen Einschränkung, dass es sich bei den Versuchen um eine Laborsituation und nicht um eine „reale“, emotionale Interaktion handelte.

Bei einem neuen, explorativen Forschungsansatz ist die interne Validität, die durch eine strikte Kontrolle von Störvariablen erreicht wird, besonders wichtig (Bortz and Döring 1995). Dabei hat systematisches sowie extremes Variieren der möglichen Einflussfaktoren Priorität, um so überhaupt erst die experimentelle Relevanz von Haupt- und Nebenbedingungen für das zu untersuchende Phänomen empirisch erfassen zu können (Sarris 1992). Die externe Validität (die bei einer experimentellen Laboruntersuchung zwangsläufig geringer ist als bei einer Feldstudie (Chapanis 1970)) wird nicht nur durch die Natürlichkeit der Reize erhöht, sondern auch dadurch, dass für die Probanden die Untersuchung in einer entspannten und spielerischen Atmosphäre stattfindet und dass sie den Versuchsablauf selbst steuern können (Christiansen 1992) – siehe unten: *2.5 Ablauf der Untersuchung*.

Herstellung und Charakteristika der 5 Lautreize

In Anlehnung an und zum Vergleich mit klassischen Experimenten zur Zeitwahrnehmung (u.a. von Karl Vierordt, Ernst Pöppel), die einen ‚einfachen Ton‘ verwendeten, wurde mit der Klangbearbeitungssoftware SoundEdit™16 Version 2f ein *Sinuston* erzeugt. Dieser hat eine Frequenz (Tonhöhe) von 300 Hertz und klingt wie eine dumpfer, technischer Signalton (ähnlich dem Ton des Testbildes beim Fernsehen, aber tiefer und daher angenehmer). Abbildung 2.4 zeigt den 300 Hz Sinuston im Bearbeitungsfenster von SoundEdit™ mit der Änderung der Amplitude (Tonstärke) über die Zeit.

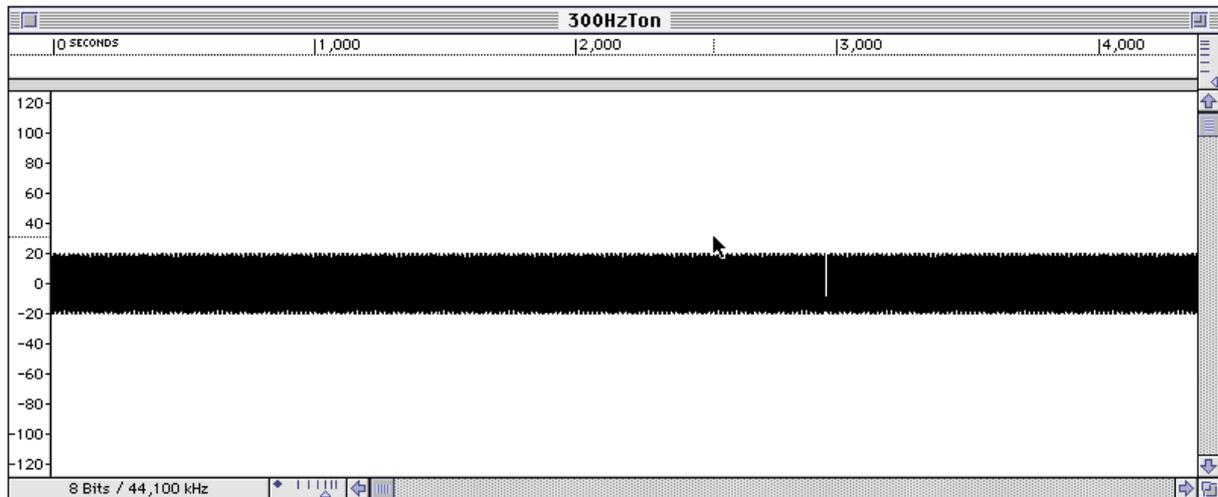


Abbildung 2.4: Schallgrafik vom 300 Hz-Sinuston

Physikalisch gesehen ist der Sinuston das einfachste Schallereignis und Elementarbaustein aller anderen Geräusche und Klänge. Dieser nichtmenschliche Stimulus ohne emotionale Valenz dient daher auch als Vergleichsreiz zu den anderen, komplexeren Lautreizen, die in diesem Experiment verwendet wurden.

Mittels des Apple PlainTalk™ Mikrofons wurde als möglichst einfache menschliche Lautäußerung ein gesungener, d.h. anhaltender „aaa“- Ton mit dem Computer digital aufgezeichnet. (Im Folgenden wird der „aaa“-Ton auch als „Summ“-Ton bezeichnet.) Er hat - als anthropogenes Pendant zum Sinuston - bei möglichst einfacher Struktur keinen emotionalen Gehalt.

Wie auf der Schallgrafik zu sehen (Abbildung 2.5) ist er ebenso wie der Sinuston klanglich fast völlig gleichförmig und daher für die MR (method of reproduction) optimal geeignet.

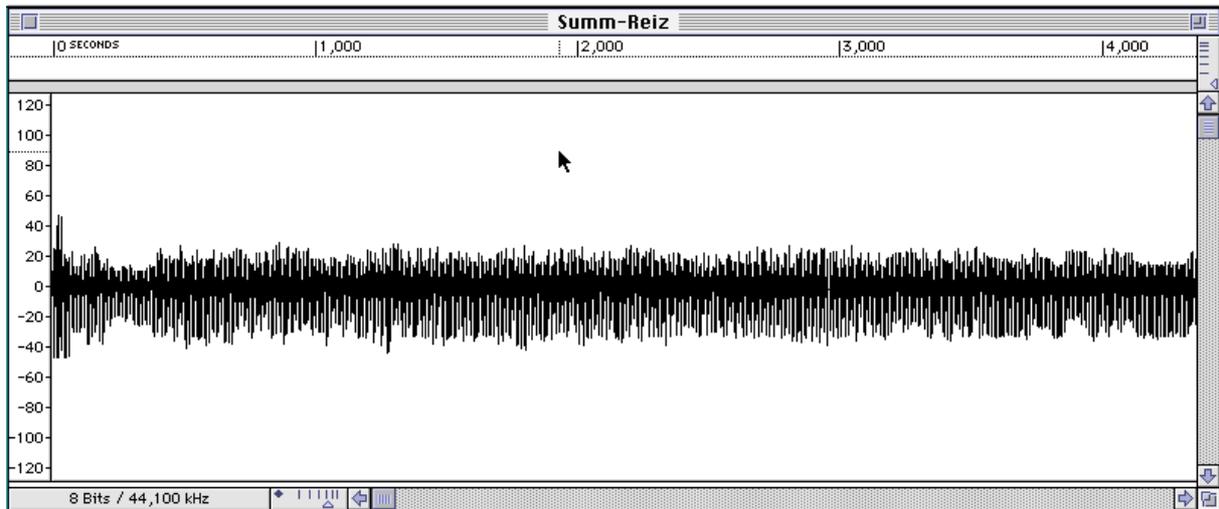


Abbildung 2.5: Klangbild des „aaa“ bzw. „Summ“-Tons

In Auswahlversuchen wurden mehreren Probanden ($n = 11$) verschiedene nonverbale, stimmliche Emotionsäußerungen (unterschiedliche Versionen von Weinen, Stöhnen, Schreien, Lachen, Jubeln, Brüllen usw.) zur Auswahl vorgespielt. Die später modifizierten und im Hauptversuch dargebotenen Lautreize wurden von den Probanden als besonders realistisch und beeindruckend empfunden.

Die 3 verwendeten affektiven, nonverbalen Vokalisationen (ANVocs) sind Ausdruck so genannter Basisemotionen (zur Frage, ob es Grundemotionen gibt, siehe: Ekman and Davidson 1994; Panksepp 1994); sie gehören also zum Basisrepertoire menschlicher Gefühlsäußerungen und sind daher auch kulturunabhängig (Oatley and Jenkins 1996). In dieser Studie wird ein schwach hierarchisches Emotionsmodell vertreten, bei dem es - aufbauend auf die grundlegende Kategorie Lust/Unlust – 5 bzw. 6 Basisemotionen (Freude, Trauer, Angst, Zorn, Ekel; Überraschung) gibt. Diese werden im Laufe der Ontogenese aufgrund des zunehmenden Einflusses kognitiver Bewertungen „gemischt“ (z.B. Zorn + Ekel = Verachtung) oder durch „neue“ Gefühlskomponenten ergänzt (Stolz - Scham).

Um mittels akustischer Reize emotionale Reaktionen im Zuhörer auszulösen, wurde inzwischen (allerdings nachdem die hier verwendeten Lautreize entwickelt wurden) auch ein Set von akustischen emotionalen Stimuli von Psychologen erstellt - die International Affective Digitized Sounds (IADS).

Von der CD *Authentic Sound Effects, vol. 4, human sounds from birth to death* wurden die digitalen Aufnahmen *crying, woman: Heavy, distressful sobbing and wailing* (TrackNr. 55, Index B) und *bloodcurdling screams, man: tortured to death* (TrackNr. 87, Index B) ausgewählt; von der CD *Lach-Meditationen, Entspannung durch Seelen- und Zwerchfellmassage* das 2. Stück. Die Aufnahmen wurden in den Rechner eingelesen und als bearbeitbare Sounddateien gespeichert.

Es wurde das Weinen einer Frau, aber das Lachen und Schreien eines Mannes verwendet, da keine Aufnahme mit realistischem Weinen eines Mannes gefunden werden konnte und Aufnahmen von lachenden Frauen „unecht“ wirkten. Dass das Geschlecht „der Reize“ bei ihrer Bewertung/Verarbeitung im Rahmen dieser Untersuchung (einer rein weiblichen Stichprobe) keine entscheidende Rolle spielt, deutet auch eine Studie von (Kampe, Frith et al. 2001) an – siehe 2.4 *Die Bildreize*. Zusätzlich wurde darauf geachtet, dass das Lachen stimmhaft und melodisch klingt, da solches im Unterschied zu stimmlosem (grunzenden und keuchenden) Lachen ein positives Gefühl im Hörer auslöst und stärker stimmungsinduzierend wirkt (Bachorowski and Owren 2001; Bachorowski, Smoski et al. 2001).

Die 5 Lautreize im Überblick:

- ein fröhlich-amüsiertes *Lachen* als Ausdruck von Freude; so lustig, dass es fast alle Versuchspersonen zum Mitlachen anregte.
- Ein schmerzverzerrtes *Schreien* voller Angst, das erschreckend wirkte.
- Ein verzweifertes *Weinen* und Schluchzen, das bei den meisten Vpn Mitgefühl auslöste.
- Ein menschliches, aber ausdrucksloses *Summen* („aaa“-Ton), das als einfacher, neutraler Lautreiz diente.
- Ein 300Hz-*Sinuston*, der als künstlicher, neutraler Vergleichsreiz von geringster Komplexität diente.

Dass diese Beschreibungen der Lautreize im Einzelfall nicht mit dem inneren Erleben einer bestimmten Vp übereinstimmen könnte, ist letztendlich nur Beispiel für das in den Neurowissenschaften bedeutsame, so genannte „Qualia-Problem“ (im angelsächsischen Raum: hard problem). Langwelliges Licht wird praktischerweise weiterhin als „rot“

bezeichnet, obwohl das Erleben dieser Lichtwellen bei 2 verschiedenen Menschen theoretisch völlig unterschiedlich sein könnte. Was die hier verwendeten Lautreize betrifft, ist aber außerdem evident, dass sich spezifische Schallwellenmuster im Laufe der stammesgeschichtlichen und kulturellen Entwicklung zu verlässlichen Signalen bestimmter emotionaler Zustände entwickelt haben. Dass dies auch für die hier verwendeten Lautreize gilt, wurde ja – wie oben erwähnt – an einer Probandenstichprobe in Vorversuchen überprüft.

Eine oftmals kaum zu trennende „Doppelwirkung“ der verwendeten, emotionalen Lautreize ist noch anzumerken - sie bilden nicht nur ein bestimmtes Gefühl ab (was dann empathiebedingt die entsprechende Emotion beim Zuhörer auslöst), sondern dasselbe Gefühl wird zugleich durch die klangliche Gestalt und Intensität der Lautreize ausgelöst. Z.B. ist Lachen bekanntlich ansteckend, das hier verwendete ist aber zudem sehr lustig anzuhören; das Schreien des Mannes zeigt seinen angstvollen Schmerz, ist aber zugleich so intensiv und grauenvoll anzuhören, dass es schon allein darum ängstigend wirkt. (Zur Wirkung und Verarbeitung emotionaler Stimuli siehe auch: 4. *Diskussion*.)

Im Gegensatz zu *Sinus*- und „*aaa*“-Ton sind die Lautreize *Weinen, Lachen und Schreien* stimmlicher Ausdruck von intensiven Gefühlssituationen und beeinflussen - bewusst und/oder unbewusst (auch dazu siehe 4. *Diskussion*) - den Zuhörer emotional. Außerdem sind diese drei Reize in ihrem natürlichen, ursprünglichen Klangbild sehr heterogen, d.h. mit Pausen durchsetzt (z.B. ausgedehntes Luftholen zwischen Schluchzern beim Weinen) und bestehen aus Passagen verschiedener Intensität und Qualität (z.B. unterdrücktes Stöhnen - entfesseltes Schreien, Kichern - herzhaftes Lachen).

Um eine Zeitdauer verlässlich reproduzieren und mit *Sinus*- und „*aaa*“-Ton vergleichen zu können, ist jedoch ein homogener und kontinuierlicher Lautreiz nötig.

Mittels des Klangbearbeitungsprogramms SoundEdit wurde aus den von der CD eingelesenen Sounddateien einzelne Passagen ausgeschnitten, klanglich modifiziert und in neuer Reihenfolge zusammengesetzt.

So wurden z.B. beim *Schreien* kurze Passagen gleichen Klanges und gleicher Lautstärke dupliziert und aneinandergehängt, so dass schließlich ein lang gezogener und trotzdem natürlich klingender Schrei von 8 Sekunden Dauer entstand. (Abbildungen 2.6 und 2.7 zeigen den originalen und modifizierten Reiz.)

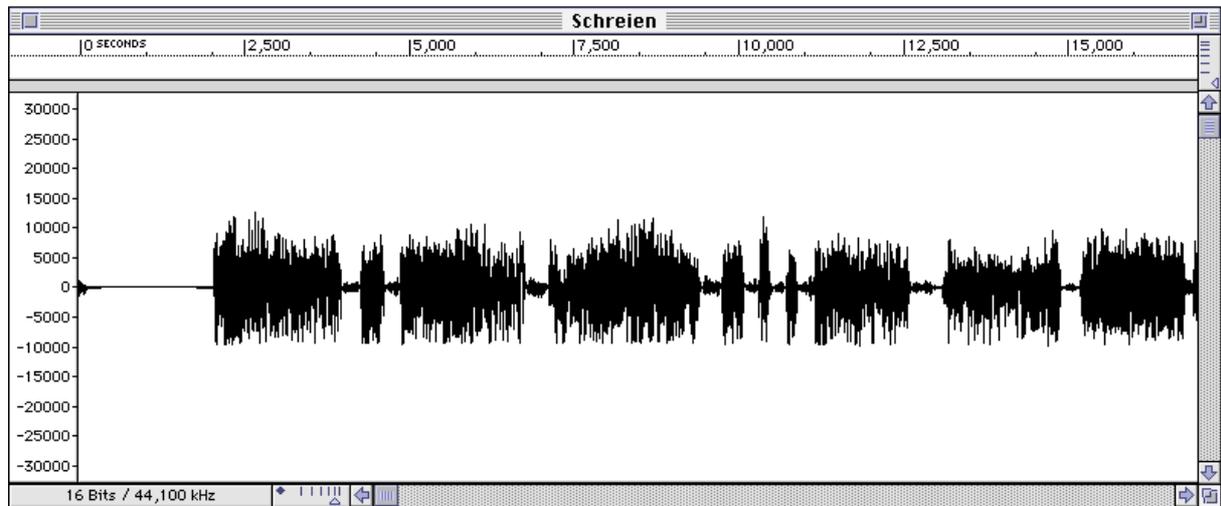


Abbildung 2.6: „unbearbeitetes“ Schreien



Abbildung 2.7: modifizierter Schreien-Reiz

Da SoundEdit eine sehr feine zeitliche Auflösung ermöglicht (Abbildung 2.8 zeigt den Weinen-Reiz von 5,137 bis knapp 5,140 Sekunden, d.h. etwa 3 Millisekunden), konnten die Schnittstellen zwischen neu kombinierten Passagen genau aufeinander abgestimmt werden, so dass beim modifizierten Reiz kein „drop-out“-Geräusch bzw. Bruch zu hören ist.

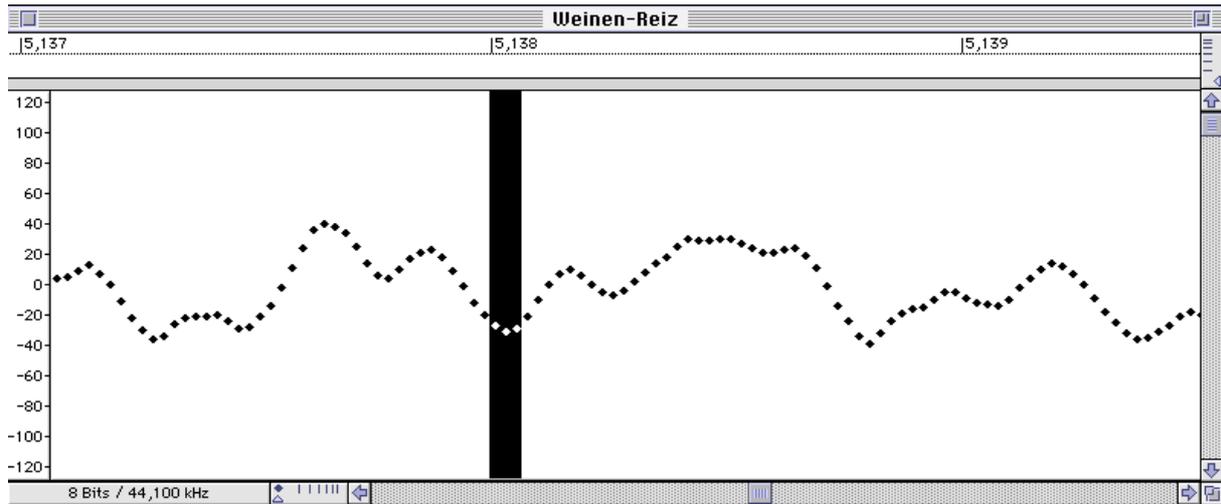


Abbildung 2.8: Hochauflösung vom Weinen-Reiz

Sowohl beim Lachen als auch beim Weinen war es zwar technisch möglich durchgehende Töne zu erzeugen - diese klangen dann aber künstlich. Ein wesentliches Charakteristikum von menschlichem Lachen und Weinen ist nämlich gerade die Aneinanderreihung von diskreten, leicht variierenden „Lautstößen“. (Um es in Comicsprache darzustellen: „Haa haa ha ha ha“ oder „uuuuhh uuhu hu hu hu“.)

Aus dem originalen, von CD eingelesenen Lachen und Weinen wurden daher gleichklingende (nur „haahaahaha“ statt „hahahihi“) Passagen herauskopiert und unter Vermeidung von Pausen „naturgetreu“ kombiniert.

Abbildungen 2.9 und 2.10 zeigen das originale und das daraus neu komponierte Lachen. (Zu beachten ist, dass die Fenster einen unterschiedlichen Zeitausschnitt darstellen.)

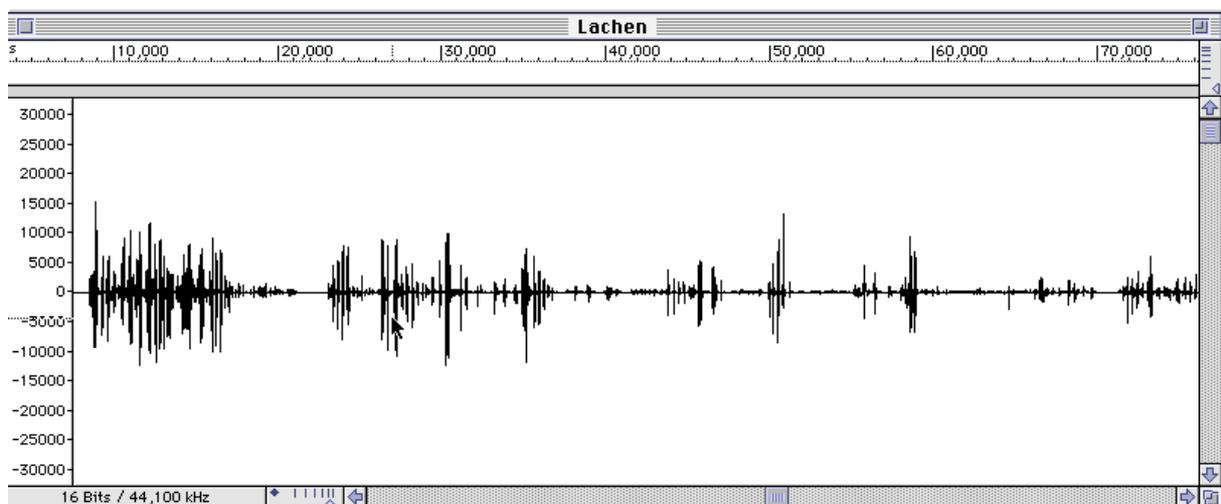


Abbildung 2.9: Das originale Lachen von CD



Abbildung 2.10: Bearbeiteter Lachen-Reiz

Obigen Ausführungen entsprechend ist die Schallgrafik des Lachen-Reiz anders als beim Sinus-Ton, „aaa“-Ton oder dem Schreien nicht homogen; der Lachen-Reiz selber hört sich aber sehr gleichförmig an - etwa wie ein Lachsack, nur um einiges realistischer. („gleichförmig“ bezieht sich hierbei auf die Gestalt des wahrgenommenen „Geräusches“ Lachen und nicht auf die einzelnen Klänge/Töne als Elementarbausteine eines Geräusches). Gleiches gilt für den Weinen-Reiz.

Ein entscheidender Punkt beim Verwenden von komplexen Lautreizen für die Methode der Reproduktion ist die Erinnerbarkeit einzelner Klangelemente.

Bei einem Sinuston kann die Vp bei der Reproduktion eines vorgegebenen Intervalls nur auf ihr Zeitempfinden zurückgreifen. Weil der Sinuston völlig homogen über die Zeit ist, kann sie keine markanten Strukturen oder Auffälligkeiten heranziehen, um die Reproduktion genauso lange dauern zu lassen wie die Vorgabe. Schon beim „aaa“-Ton aber können kleinste Stimmschwankungen als Orientierungspunkte dienen und so die Vp dazu verleiten, sich nicht mehr allein auf ihr Zeitgefühl zu verlassen.

Um diese Möglichkeit auszuschließen, wurden bei der Vorgabe und der Reproduktion verschiedene Versionen der Lautreize dargeboten. Der „aaa“-Ton wurde ein zweites Mal gesungen und aufgezeichnet; von *Schreien*, *Lachen* und *Weinen* wurde jeweils eine zweite Version völlig neu komponiert. Dabei wurde darauf geachtet, dass ähnlich klingende Abschnitte nur deutlich zeitlich verschoben in beiden Versionen vorkommen durften (etwa bei der einen Version gleich zu Beginn, bei der anderen am Ende), so dass

die Vpn davon nicht irritiert werden konnten. Wie bei der Auswahl der beeindruckendsten Lautreize wurden auch diese verschiedenen Versionen in Vorversuchen von Probanden daraufhin überprüft.

Abbildungen 2.11 und 2.12 zeigen die beiden Versionen von *Schreien* - Schreien-Reiz für die Vorgabe und Schreien-Reaktion für die Reproduktion.



Abbildung 2.11: Der Schreien-Reiz für die Vorgabe

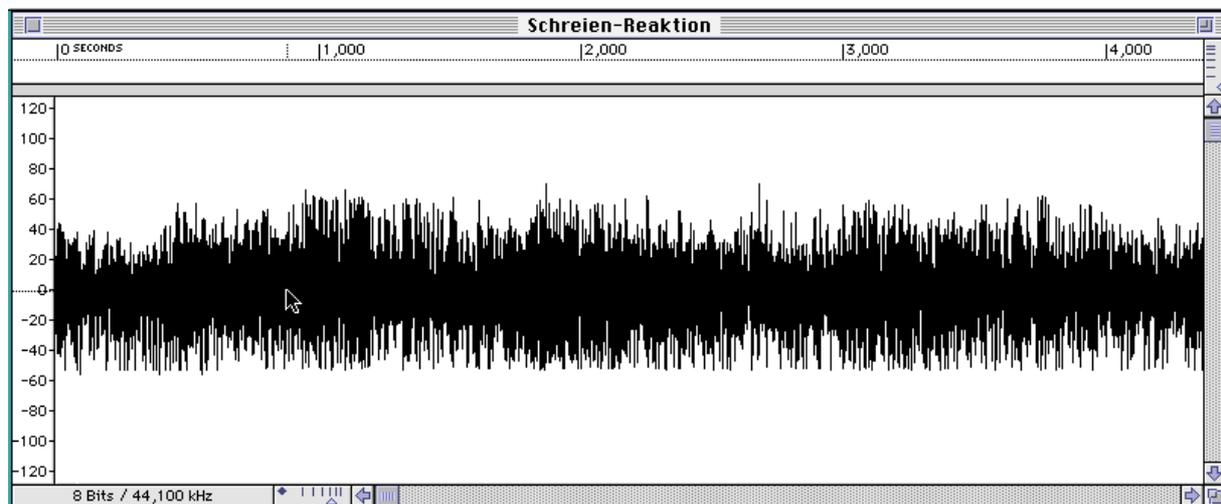


Abbildung 2.12: Schreien-Reaktion für die Reproduktion

Die Lautreize für Vorgabe und Reproduktion waren jeweils knapp 8 Sekunden lang. Der Einführungs- bzw. Induktionslaut - der vor den einzelnen Zeitintervallschätzungen eines neuen Lautreizes mit der neuen Reizqualität vertraut macht und schon eine Stimmung

induziert - dauerte jeweils 19 Sekunden und wurde kaum modifiziert; d.h. er entsprach weitgehend den originalen Aufnahmen natürlicher, affektiver Vokalisationen.

Die Lautstärken der unterschiedlichen Lautreize wurden einander angenähert, damit die Vpn nicht schon allein aufgrund der Schallintensität die Reize verschieden wahrgenommen bzw. empfunden hätten. Trotzdem wurde darauf geachtet, dass die in der Natur der Reize liegenden Lautstärkenunterschiede (z.B. ist Schreien lauter als Weinen) erhalten blieben. Auch diese Abstimmung wurde im Rahmen der Vorversuche von Probanden überprüft.

Für den so genannten Vorlauf, den jede Vp zum Üben des Versuchsablaufs zu absolvieren hatte, wurde von der CD *Drehmomente - neue meditative Musik* von Christian Bollmann das Stück *Tao II* als Sounddatei eingelesen. Wie bei den anderen Reizen wurden auch hier jeweils eine Version für Vorgabe und für Reproduktion und ein Einführungsreiz erzeugt. Der kontinuierliche, meditative „Singsang“ sollte als Übungslautreiz die Vpn etwas beruhigen und entspannen, um sie sowohl aufnahmefähig und empfindsam für die folgenden Reize zu stimmen als auch ihre Konzentration für die Zeitschätzungen zu stärken.

2.4 Die Bildreize

Wie bei den akustischen Reizen lag auch die Herstellung der visuellen Stimuli im Spannungsfeld systematisches versus repräsentatives Design. Der anthropologische, ‚ganzheitliche‘ Anspruch der Untersuchung – also auch die emotionale Authentizität der Versuchsreize - sollte weiterhin durchgehalten werden, trotz der relativen Künstlichkeit der Stimuli und einer Rezeptionssituation während des Experimentes, die sicherlich von emotionalen Erlebnissen „in freier Wildbahn“ abwich.

Analog zu den Lautreizen wurden auch die visuellen Versuchsreize so gestaltet, dass sie unterschiedlich komplex, künstlich oder menschlich sind und verschiedene Grundemotionen darstellen (Ekman 1994) und entsprechende Gefühle bzw. nervöse Reaktionen im Probanden auslösen (Sokolowski 1992; Morris, Frith et al. 1996; Whalen

and et al. 1998; Birbaumer and Schmidt 2003; Zald 2003; Winkielman, Berridge et al. 2005; siehe insbesondere: 4. Diskussion).

Erstellung bzw. Auswahl der visuellen Stimuli

Die nahe liegende Idee, Videosequenzen emotionaler Reaktionen von Menschen zu verwenden, wurde schnell verworfen: Im Unterschied zu den Lautreizen ließe sich z.B. die sequentielle Abfolge der Gesichtsausdrücke eines „Lachprozesses“ oder eine zwischenmenschliche Interaktion kaum ‚homogenisieren‘. Solche Sequenzen hätten zudem markante Erinnerungspunkte für die Probanden geboten, die die Intervalldauer ja intuitiv schätzen sollten. Versuchspersonen sind in der Lage in einer Serie (statischer) Fotos schon kleinste Veränderungen im Gesichtsausdruck wahrzunehmen und dadurch auf die zeitliche Abfolge zu schließen (Edwards 1998). Außerdem hätten sich die in der Pilotstudie (Maase 2001) schon validierten Lautreize nicht mit Videosequenzen synchronisieren lassen.

Verzichtet wurde auch auf die Verwendung von in der psychologischen Forschung häufig genutzten emotionalen „Stilleben“, also etwa Abbildungen einer erotischen Szene, einer Ratte im Dreck oder eines zerschmetterten Körpers, wie sie z.B. im International Affective Picture System (IAPS) vorkommen.

Die visuellen Reize zur Emotionsinduktion sollten (wie die affektiven Lautreize, mit denen sie ja auch in der multimodalen Versuchsreihe kombinierbar sein mussten) emotionaler Ausdruck bzw. Mitteilung eines einzelnen Individuums an die Versuchsperson sein; gewissermaßen Teil einer zwischenmenschlichen Kommunikation. Portraitfotos emotionaler Gesichtsausdrücke (facial expression of emotion) erschienen daher als passende Stimuli. Die abgebildeten Gesichter sollten Blickkontakt mit dem Betrachter bzw. der Vpn haben, um sie direkt mit ihrer Gefühlsbotschaft anzusprechen.

Die Annahme, dass Abbildungen menschlicher Gesichter mit Blickkontakt die Aufmerksamkeit der Probanden binden und die Stimmungsinduktion intensivieren, wird von einem Bericht von Kampe et al. (Kampe, Frith et al. 2001) gestützt. Ihre Studie zeigte, dass es abhängig vom Blickkontakt ist, ob es beim Betrachten von attraktiven Gesichtern zu einer Belohnungsreaktion im Gehirn kommt. Angenommen wird, dass hohe Attraktivität eines Gegenübers einen gewissen (Fitness-)Gewinn anzeigt –

allerdings nur wenn Blickkontakt besteht, der einer möglichen sozialen Interaktion vorausgeht. Gleichmaßen bedeutete der Blickkontakt mit einem unattraktiven Artgenossen eher eine Enttäuschung, fehlender Augenkontakt mit ihm wiederum eine Erleichterung.

Ein weiteres für die hier dargestellte Untersuchung relevantes Ergebnis der Studie von Kampe et al. ist: Das Geschlecht des dargestellten bzw. betrachteten Gesichts in Relation zum Geschlecht des Betrachters spielt bei der neuronalen Belohnungsreaktion keine Rolle. (In der vorliegenden Untersuchung wurden ohnehin nur weibliche Vpn rekrutiert, um einem möglichen Geschlechterunterschied bei der emotionalen Reaktion vorzubeugen.) Auch das unterschiedliche Geschlecht der verwendeten Bild- und Lautreize dürfte also keine Rolle spielen, da die Wahrnehmung und Verarbeitung der dargestellten Grundemotionen - ebenso wie die spontane Bewertung von Attraktivität – höchstwahrscheinlich auf basalem Niveau bzw. als „low level cues“ unabhängig vom Geschlecht stattfindet. „Making eye contact enhances the appeal of a pleasing face, irrespective of gender. ... There were no significant differences between ratings by male and female subjects, or between ratings on male and female faces.“ (Kampe, Frith et al. 2001, S.589)

Sicherheitshalber wurde aber bei der Auswahl der Reize zusätzlich darauf geachtet und liegt auch in der Natur der verwendeten Emotionen, dass das Geschlecht - männliche oder weibliche Rollenausprägung - der Dargestellten bzw. zu Hörenden völlig in den Hintergrund tritt.

Überraschenderweise fanden sich bei ausführlichen Bildrecherchen im Internet und in einschlägiger Literatur relativ wenige Bilder menschlicher Gesichtsausdrücke. Diese stammten jeweils aus unterschiedlichen Kontexten (Bildhintergrund, Alter, Kleidung/Frisur usw.), waren aus verschiedenen Perspektiven und wechselnden Licht- und Farbverhältnissen aufgenommen worden und daher für eine reliable Versuchsreihe mit zuviel irrelevanten Zusatzinformationen, also störender Variabilität, verbunden. Über wissenschaftliche Kontakte war es möglich, Gigabyte-große Bilddatenbanken herunterzuladen und durchzusehen. Diese Fotodatenbanken waren allerdings meist dazu gedacht, Programme zur automatisierten Gesichtererkennung zu testen – auch hier fanden sich

keine qualitativ hochwertigen, emotional authentischen und untereinander kombinierbaren Bilder emotionaler Gesichtsausdrücke.

Deshalb wurde auf eine kostenpflichtige Bilderserie des Emotionsforschers Paul Ekman zurückgegriffen: Japanese and Caucasian Facial Expression of Emotion (JACFEE) and Neutral Faces (JACNeuF) (Matsumoto and Ekman 1988).

Die Intensität des emotionalen Ausdrucks auf den 112 Portraitfotos entsprach zwar nicht ganz dem ursprünglichen Anspruch, dafür waren die Bilder hoch aufgelöst (1800 pixel/inch) und wurden unter streng standardisierten Bedingungen aufgenommen. Alle Fotos waren mittels des Facial Action Coding System FACS (Friesen and Ekman 1978) analysiert worden, um sicherzustellen, dass die Gesichter tatsächlich die beabsichtigte Emotion ausdrückten (ohne weitere, irrelevante Gesichtsmuskelbewegungen) und dass sie eine vergleichbare Intensität des emotionalen Ausdrucks darstellten. Vor allem aber waren die Bilder bezüglich ihrer Validität und Reliabilität bereits in mehreren Untersuchungen erfolgreich getestet worden, u.a. (Matsumoto 1992; Biehl and et al. 1997).

In einem mehrstufigen Bewertungsprozess wurden aus den 112 Fotos des JACCFEE und JACNeuF die 4 „herausgesiebt“, die am besten für diese Untersuchung geeignet schienen:

Reliabilitätsstudien lieferten ausführliche Daten von mehr als 100 Probanden über das Erkennen der Zielemotion und die Intensitätseinschätzung derselben (Matsumoto and Ekman 1988). Zusätzlich wurde noch eine eigene Umfrage durchgeführt - 23 Hamburger Studentinnen, also die Personengruppe aus denen sich auch die Teilnehmer der Hauptversuchsreihen rekrutierten, wurden die Fotos zur Bewertung und zum Vergleich vorgelegt.

Allerdings sind Unstimmigkeiten im mimischen Ausdruck für Laien schwieriger zu identifizieren als im akustischen. Daher wurde für die Auswahl noch der Rat eines Psychologen und Experten für den mimischen Ausdruck von Emotionen eingeholt. So wurden auch Parameter berücksichtigt, die von den üblichen Analysesystemen des Gesichtsausdrucks nicht erfasst werden, z.B. das Zusammenspiel von Muskelbewegung, Muskeltonus und Gesichtsfärbung.

Abbildungen 2.13 bis 2.16 zeigen die visuellen Pendants zu den Lautreizen *Lachen*, *Schreien*, *Weinen* und *Summen*.

Da menschliche Emotionen, ihre Ausdrucksformen und Wahrnehmungswege bekanntermaßen nicht systematisch und symmetrisch am Reißbrett geplant wurden, sondern über komplexe Wechselwirkungen und Anpassungszwänge in einer natürlichen Umwelt evolvierten, lassen sich affektive Lautreize nicht 1 zu 1 in visuelle Stimuli umwandeln. Der Lautreiz *Lachen* ließ sich z.B. nicht einfach durch ein (Stand-)Bild eines Lachenden ergänzen. Das Betrachten der Grimasse eines weit geöffneten Mundes wirkt selten belustigend, während der für diese Untersuchung erstellte Lautreiz *Lachen* überaus ansteckend war. Als visuelles Pendant schien daher der Ausdruck eines „lustigen Gesichts“, das den Betrachter anlacht/-lächelt am passendsten. (Auf solche Unterschiede und die Wechselwirkung visueller mit akustischen Stimuli wird auch in 4. *Diskussion* eingegangen.)



Abbildung 2.13: freudig-„lustiger“ Gesichtsausdruck (als Pendant zum Lachen)



Abbildung 2.14: angstvoller, entsetzter Gesichtsausdruck (passend zum Schreien)

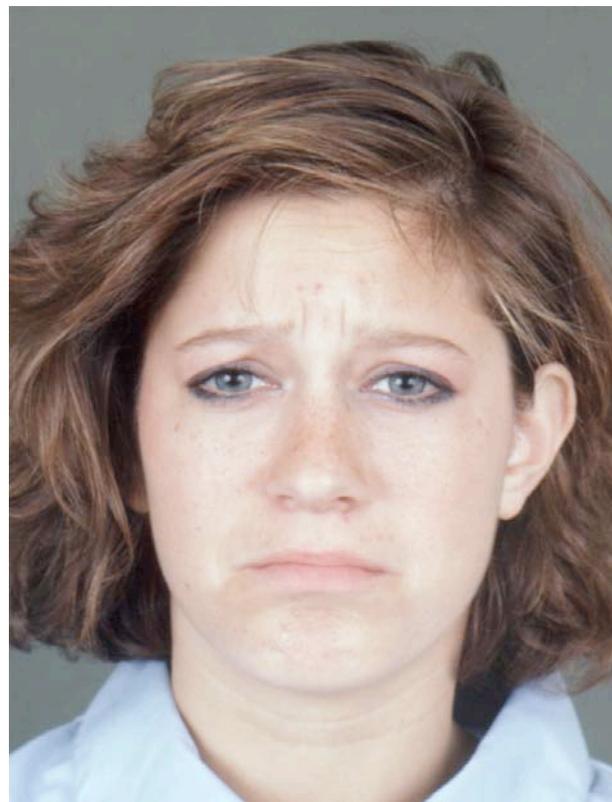


Abbildung 2.15: trauriger Gesichtsausdruck (als Gegenstück zum Weinen)



Abbildung 2.16: ausdrucksloser, neutraler Gesichtsausdruck (-> Summen)

Abbildungen 2.13 - 2.16 sind allerdings nicht die Originalfotos aus den Bildsets von Matsumoto und Ekman - die Fotos wurden mittels der Bildbearbeitungssoftware Adobe Photoshop 7.0™ modifiziert: Eine Zahnsperre wurde entfernt und mehrfach wurden deutliche Hautunreinheiten (Pickel o.ä.) retuschiert, da sie bei der Gesichtsbetrachtung irritierten und möglicherweise sogar leichten Ekel (der nicht zu den Zielemotionen gehörte) ausgelöst hätten.

Außerdem wurden die Bilder zugeschnitten, ins Querformat gedreht und das Seitenverhältnis so formatiert, dass sie die Bildschirmfläche (1024 x 768 Pixel - Breite mal Höhe) des verwendeten Philips™ 150 B3M Monitors exakt ausfüllten. Die so genannte Pivot-Funktion (auch Portrait-Funktion) des Monitors ermöglichte es, den Bildschirm um 90° aus dem üblichen Querformat ins Hochformat (dann also 768 x 1024 Pixel) zu drehen, sodass die Gesichter bzw. Köpfe (nun wieder aufrecht) in Lebensgröße abgebildet werden konnten. Vor allem die Darstellung in Lebensgröße bewirkt beim Betrachter einen verblüffend realistischen Eindruck, fast ähnlich dem Gefühl, durch ein Fenster von einer realen Person angesehen zu werden. Abbildung 2.17 kann möglicherweise ein wenig von diesem Effekt wiedergeben.



Abbildung 2.17: Lebensgroße Darstellung bewirkt einen „Fenster effekt“

Als visuelle Ergänzung zum Sinuston, der künstlichen 300Hz-Schwingung ohne emotionale Valenz, wurde eine entsprechend einfach strukturierte geometrische Figur erstellt – siehe Abbildung 2.18.

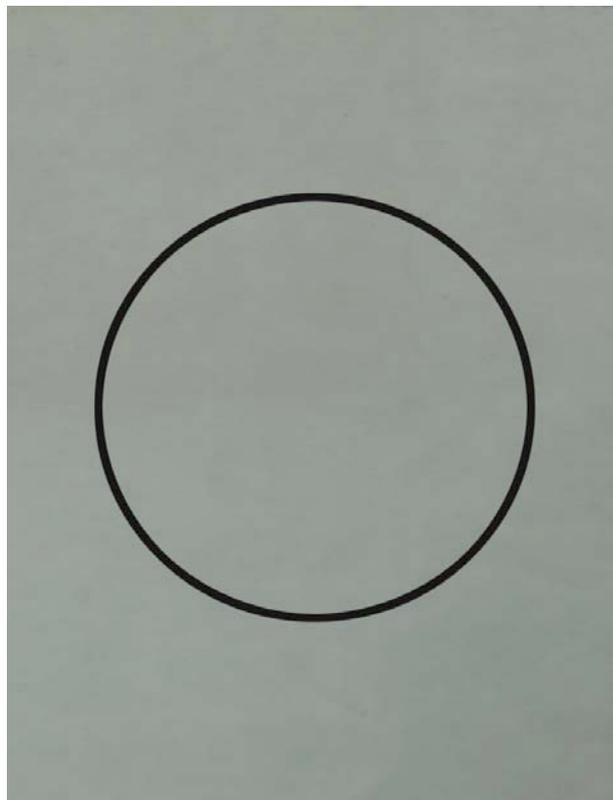


Abbildung 2.18: künstlicher, neutraler Bildreiz geringster Komplexität (-> Sinuston)

Für den Vorlauf, also die Übungsdurchgänge, mittels derer die Vpn den Reproduktionsablauf trainierten, wurde als Lautreiz Meditationsmusik digitalisiert. Als entsprechender, also entspannender und fokussierender Bildreiz wurde Abbildung 2.19 verwendet.



Abbildung 2.19: entspannender und fokussierender Bildreiz für die Übungsdurchgänge

2.5 Ablauf der Untersuchung

Die Untersuchungen fanden in einem visuell reizarmen und ruhigen Raum statt (siehe Klatter, Kilcher et al. 1995). Da es Hinweise auf einen Einfluss der Lichtverhältnisse (Daan, Beersma et al. 1996) und der Temperatur (Hancock 1993; Wearden and Penton-Voak 1995) auf die Geschwindigkeit eines inneren Zeitgebers gibt, wurden die Lichtverhältnisse (mittels künstlichen Lichts) und Temperatur (mittels Lüftung und Heizung) im Untersuchungsraum möglichst konstant gehalten.

Theoretisch ist die Konstanz der äußeren Versuchsbedingungen - also auch die konstante Geschwindigkeit einer möglichen inneren Uhr – nur während des jeweiligen Versuchablaufs einer einzelnen Vp nötig (und nicht über mehr als eine Vp hinweg). Denn bei der Methode der Reproduktion gilt: Läuft die subjektive Zeit aufgrund irgendwelcher

Faktoren schneller oder langsamer, so tut sie dies sowohl beim Vorgabeintervall als auch bei der Reproduktion und beeinflusst daher nicht die Zeitschätzungen.

Zum Absolvieren des gesamten Experimentes (Instruktionen, Übungsdurchgänge, Hauptversuchsreihe und Ausfüllen des Fragebogens) brauchten die Vpn durchschnittlich 75 Minuten. Die Zeiten differierten - je nachdem, wie schnell die Vpn die Durchgänge abarbeiteten bzw. wie lange sie die Pausen zwischen den verschiedenen Lautreizen ausdehnten.

Die Vpn saßen während des Versuchs in konstantem Abstand und standardisierter Position allein vor dem Bildschirm (siehe Abbildung 2.20); der Versuchsleiter saß etwa 2 Meter abseits mit dem Rücken zur Probandin. Zusammen mit der abschirmenden Wirkung des Kopfhörers sollte auf diese Weise eine möglichst „private“, selbstbestimmte Atmosphäre für die Vpn geschaffen werden, um eine intensive Rezeption der Stimuli zu ermöglichen.

Der Experimentalablauf wurde an 5 Probanden getestet und daraufhin optimiert, dass sämtliche Versuchsbedingungen nicht nur maximal standardisiert waren, sondern auch auf die Vpn möglichst entspannend und „natürlich“ wirkten. Unter anderem wurden Grünpflanzen zur Konzentrationssteigerung aufgestellt (Oberzaucher and Grammer 2001).



Abbildung 2.20: Probandin erblickt einen Artgenossen mit ausdruckslosem Gesicht und hört gleichzeitig ein gleichförmiges, menschliches Summen

Nach der Theorie der *psychologischen Reaktanz* siehe (Bortz and Döring 1995, S.74) können erzwungene Verhaltensweisen, die den Handlungsspielraum oder die persönliche Freiheit der Vp einengen, zu Unwilligkeit oder „Untersuchungsabotage“ führen.

Eine zwanglose Stimmung und Entscheidungsfreiheit der Vp bei der Länge der Pausen und der Arbeitsgeschwindigkeit sollte - gerade bei den teilweise drastischen Lautreizen - diesen Störungen vorbeugen.

Die Versuchseinweisung der Vpn (hier am Beispiel der multimodalen Versuchsreihe) verlief in mehreren Schritten.

Folgende Instruktionen wurde den Vpn zu lesen gegeben und gleichzeitig vorgelesen:

Der Versuch, den du gleich durchführen wirst, ist kein Leistungstest. Er lässt keine Rückschlüsse auf deine Fähigkeiten oder Eigenschaften zu; es geht nur darum, über viele Versuchspersonen hinweg einen statistischen Unterschied zu finden.

Du wirst 5 verschiedene Bilder mit Ton sehen und hören.

Die Reihenfolge der verschiedenen BildLaute ist zufällig.

Jeder BildLaut wird verschieden lange abgespielt und Du sollst ihn danach noch einmal genauso lang ablaufen lassen.

Es gibt gleich einen Vorlauf, wo Du das üben kannst und danach dürfte alles klar sein.

Es geht also darum, dass du die Zeitdauer möglichst genau wahrnimmst.

Die beste Methode dafür ist, die Dauer der BildLaute „intuitiv“ aufzunehmen.

„Mit-zählen“ führt zu den schlechtesten Ergebnissen und ist bei kurzen Dauern auch gar nicht möglich.

Versuche also, die BildLaute in ihrer jeweiligen Qualität „nachzuempfinden“.

Der Versuch läuft automatisch ab und die Reihenfolge der BildLaute ist zufällig - du machst den Versuch also ganz selbständig; ich sitze nur für etwaige Fragen in der Nähe.

Zwischen den verschiedenen BildLauten sind Pausen; die Pausen dauern mindestens 1 Minute und du kannst sie so lange ausdehnen wie Du willst.

War die Vp bereit, so startete sie den Versuch mit einem Mausklick und wurde per Dialogbox nach Name, Alter und Händigkeit gefragt. (Maus und Tastatur wurden daraufhin der Händigkeit entsprechend ausgerichtet.)

Nach Absolvieren der Übungsdurchgänge wurden den Vpn weitere Instruktionen gegeben:

Vielleicht hast Du es bemerkt: Der Bildlaut, der vorgegeben wird, ist nicht der gleiche wie der, den Du nachher selbst ablaufen lässt.

Der Lautreiz ist beim vorgegebenen und beim von dir geschätzten Intervall unterschiedlich. Das ist bei den folgenden Durchgängen genauso. Daher ist es völlig falsch über inhaltliche Merkmale oder Strukturen des Lautreizes die Dauer zu schätzen.

Die beste Methode, die auch Du bitte anwenden sollst, ist: Versuche die BildLaute gefühlsmäßig in ihrer Länge aufzunehmen und genauso wieder ablaufen zu lassen.

Man könnte auch auf die Idee kommen zu zählen, systematisch im Bild zu wandern oder beim Abspielen des 2. BildLautes den 1. noch einmal im Kopf durchzugehen – das führt

aber ausnahmslos zu schlechten Ergebnissen – deshalb versuche bitte intuitiv zu schätzen.

Genauso wie gerade der Übungsdurchgang abgelaufen ist, kommen jetzt 5 Durchgänge mit verschiedenen Bildlauten.

Nach Absolvierung der Reproduktionsdurchgänge, zum Abschluss des Versuches, füllten die Vpn noch einen Fragebogen aus.

2.6 Der Fragebogen

Selbsteinschätzungen der Vpn, was sie während des Versuchs empfanden und wie die Stimuli sie emotional berührten, wurden nicht erhoben. Die Beschreibung der eigenen Gefühle ist stark von Persönlichkeit und Sozialisation abhängig. Vor allem aber wird die hier verwendete emotionale Induktion unbewusst verarbeitet (siehe auch 4. *Diskussion*). Sokolowski (1992) fand z.B., dass eine solche Emotionsinduktion signifikante Verhaltensänderungen bewirken kann, ohne dass die Probanden ihre Stimmungsänderung ursächlich erkennen und sprachlich kommunizieren können. Voraussetzung ist, dass das Versuchdesign „demand characteristics“ bezüglich der Stimmungsänderung vermeidet, d.h. keine aktive und bewusste „Mithilfe“ der Probanden verlangt (wie z.B. die Imagination emotionaler Erlebnisse, Posing von Mimik o.Ä.).

Um aber eine möglicherweise große Varianz der Zeitschätzungen zwischen den Vpn optimal aufklären zu können, wurde vorsorglich ein Fragebogen zur Erfassung des Persönlichkeitsmerkmals ‚Extraversion‘ erstellt und allen Vpn vorgelegt.

Extraversion gehört zu den so genannten „Big Five“ der Persönlichkeitsdimensionen – dem Fünf-Faktoren-Modell der Persönlichkeit. (Faktorenanalytische Studien haben gezeigt, dass der Einschätzung von Personen in Fragebogen und auf Adjektivskalen fünf robuste Dimensionen zugrunde liegen.) Extravertierte Menschen gelten als gesellig, impulsiv und unternehmungslustig; im Umgang mit anderen sind sie lebhaft und können sich unbeschwert auslassen. Introvertierte dagegen werden beschrieben als zurückhaltend, ruhig, ernst und beherrscht im sozialen Umgang.

Wahrscheinlich (bislang liegen keine eindeutigen Forschungsergebnisse vor) hat die Persönlichkeitsdimension Extraversion/Introversion großen Einfluss auf die Verarbeitung emotionaler Reize (Larsen and Ketelaar 1989; Zelenski and Larsen 1999); so wird z.B. die Dekodierungskompetenz von Emotionen, also das Erkennen emotionaler Zustände bei anderen mit Extraversion/Introversion in Verbindung gebracht (Krause 1998).

Es gibt zahlreiche psychologische Tests, die die Persönlichkeitsdimension Extraversion-Introversion erfassen, z.B. Freiburger Persönlichkeitsinventar (FPI-R), 16-Persönlichkeits-Faktoren-Test (16 PF-R), Neo-Fünf-Faktoren Inventar (NEO-FFI), Eysenck-Persönlichkeits-Inventar (EPI), Myers-Briggs Typenindikator (MBTI) u.v.a.m. Testrezensionen (1997; Brickenkamp 1997; Testzentrale-Göttingen 2002) und der Vergleich der verschiedenen Testmaterialien ermöglichten die Auswahl des optimalen Tests hinsichtlich der Komplexität der Testdurchführung, Durchführungszeit und hinsichtlich der technischen Gütekriterien (Objektivität, Reliabilität, Validität und Normierung, siehe (Christiansen 1992)): Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (Fahrenberg, Hampel et al. 2001).

Die zur Extraversionsskala gehörenden Items (d.h. Fragen) des FPI-R wurden zusammen mit gekürzten Instruktionen auf einer DIN A4-Seite zusammengefasst (siehe Abbildung 2.21). Eine Skala aus dem FPI-R herauszulösen und separat zu verwenden, ist methodisch vertretbar (Fahrenberg, Hampel et al. 2001, S.80).

Nr.:

Sie finden auf dieser Seite eine Reihe von Aussagen über bestimmte Verhaltensweisen, Einstellungen und Gewohnheiten.

Sie können jede entweder mit „s t i m m t“ oder mit „s t i m m t n i c h t“ beantworten. Setzen sie bitte ein Kreuz (X) in den dafür vorgesehenen Kreis. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten, weil jeder Mensch das Recht auf eigene Anschauungen hat.

Antworten sie bitte so, wie es für sie zutrifft.

Beachten sie bitte folgende Punkte:

° Überlegen sie nicht erst, welche Antwort vielleicht den „besten Eindruck“ machen könnte, sondern antworten sie so, wie es für sie persönlich gilt. Manche Fragen kommen ihnen vielleicht sehr persönlich vor. Bedenken sie aber, dass ihre Antworten unbedingt vertraulich behandelt werden.

° Denken sie nicht lange über einen Satz nach, sondern geben sie die Antwort, die ihnen unmittelbar in den Sinn kommt. Natürlich können mit diesen Fragen nicht alle Besonderheiten berücksichtigt werden. Vielleicht passen deshalb einige nicht gut auf sie. **Kreuzen sie aber trotzdem immer eine Antwort an**, und zwar die, welche noch am ehesten für sie zutrifft.

	stimmt	stimmt nicht
1. Ich gehe abends gerne aus.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. Ich habe fast immer eine schlagfertige Antwort bereit.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3. Ich bin unternehmungslustiger als die meisten meiner Bekannten.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4. Sind wir in ausgelassener Runde, so überkommt mich oft eine große Lust zu groben Streichen....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5. In einer vergnügten Gesellschaft kann ich mich meistens ungezwungen und unbeschwert auslassen....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6. Ich übernehme bei gemeinsamen Unternehmungen gern die Führung.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7. Ich habe gern mit Aufgaben zu tun, die schnelles Handeln verlangen.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8. Ich kann in eine ziemlich langweiligen Gesellschaft schnell Leben bringen.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9. Bei wichtigen Dingen bin ich bereit, mit anderen energisch zu konkurrieren.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10. Ich würde mich selbst als eher gesprächig bezeichnen.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
11. Ich bin ziemlich lebhaft.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
12. Ich schliesse nur langsam Freundschaften.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
13. Ich spiele anderen Leuten gern einen harmlosen Streich.....	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
14. Bei Geselligkeiten und öffentlichen Veranstaltungen bleibe ich gern im Hintergrund.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abbildung 2.21: Fragebogen mit Items der Extraversionsskala des FPI-R

2.7 Methoden der Datenauswertung

Die Analyse des Datensatzes von insgesamt 16275 Einzelmessungen wird im Kapitel *3. Ergebnisse* ausführlich dargestellt und beschrieben.

Folgende Materialien und Methoden wurden dabei verwendet:

- Für die ‚Extraktion‘ der Messdaten aus den Datenfiles der Vpn und ihre Transponierung wurden die Softwareprogramme *PsyDat* (1996) und *PsySquash* (Vaughan and Yee 1997) verwendet.
- Die Rechner-gestützten Analysen wurden mittels der Softwarepakete *SPSS 11* für MacOS X, *SPSS 12* für Windows und *Statistica 6.0* für Windows durchgeführt.
- Mittels des Kolmogorov-Smirnov-Tests wurde die Nullhypothese überprüft, die Werte der untersuchten Variablen seien normalverteilt. Diese Überprüfung ist eigentlich nicht notwendig, da davon ausgegangen werden kann, dass die abhängige Variable *geschätztes Zeitintervall/reproduzierte Zeit* in der Population/Grundgesamtheit normalverteilt ist. Zudem ist die Normalverteilungsvoraussetzung nur bei kleinen Stichproben relevant: „Gemäß dem zentralen Grenzwertsatz verteilen sich mit zunehmendem Stichprobenumfang die Stichprobenmittelwerte auch nicht normalverteilter Populationen normal, und für den statistischen Test ist die Normalverteilung der Stichprobenmittelwerte und nicht die Normalverteilung der einzelnen Werte erforderlich.“ (Hussy and Jain 2002). Ein $N \geq 30$ gilt dabei für praktische Zwecke als ausreichend (Bortz 1999).
- Mittels des Levene-Tests wurde die Voraussetzung der Varianzhomogenität überprüft. Zu beachten ist aber: „Heterogene Varianzen beeinflussen den F-Test nur unerheblich, wenn die untersuchten Stichproben gleichgroß sind.“ (Bortz 1999)
- Mittels des Mauchly-Tests wurde die Sphärizitätsannahme überprüft. Eine Verletzung dieser Voraussetzung wiegt schwer und führt zu progressiven Entscheidungen, also erhöhtem alpha-Fehler Risiko. Deshalb wurden gegebenenfalls die von SPSS berechneten Korrekturen nach Huynh-Feldt, Greenhouse-Geisser und der theoretischen Untergrenze des Korrekturfaktors Epsilon zur Signifikanztestung verwendet.

- Bei den Analyseverfahren der schließenden Statistik wurden zwei unterschiedliche Herangehensweisen bzw. varianzanalytische Modellierungen verfolgt, deren Ergebnisse nebeneinander dargestellt und verglichen werden. Da dieser humanbiologischen Untersuchung ein Design zugrunde liegt, wie es in psychologischen Experimenten häufiger vorkommt, wurde vorzugsweise die dafür in der Psychologie indizierte Varianzanalyse (bzw. Analyse nach dem Allgemeinen Linearen Modell) mit Messwiederholungen durchgeführt (in SPSS 11: General Linear Model -> Repeated Measures).

Zusätzlich wurde ein vollständiges varianzanalytisches Modell angepasst, das feste und zufällige Faktoren und Kovariate unterscheidet und die Abhängigkeit der Messwiederholungen durch Einbeziehung des geschachtelten, zufälligen Faktors *Versuchsperson* zu berücksichtigen versucht (in SPSS 11: General Linear Model -> Univariate).

Bei allen Analysen wurde die Voreinstellung (von SPSS) für die Berechnung der Quadratsumme - nämlich Typ III - übernommen. Für ein Design mit gleicher Zelhäufigkeit, wie in dieser Untersuchung, unterscheiden sich die Ergebnisse der verschiedenen Berechnungstypen nicht (Janssen and Laatz 2003).

- Um die berechneten Gruppenmittelwerte zu vergleichen, wurden Einzelvergleiche bzw. Kontraste berechnet. In Anlehnung an den Sprachgebrauch von SPSS wurden die geplanten oder a priori Vergleiche als (Innersubjekt-)Kontraste und die a posteriori/post hoc Tests als (paarweise) Einzelvergleiche bezeichnet (Brosius 2002; Bühl and Zöfel 2002; Hussy and Jain 2002).

- Zu Varianzaufklärung bzw. als Schätzer der Effektgröße wurde Eta-Quadrat (von Hand) und partielles Eta-Quadrat (von SPSS) nach folgenden Formeln berechnet:

$$\text{Eta}^2 = \text{SAQ}_{\text{Effekt}} / \text{SAQ}_{\text{Gesamt}}$$

$$\text{partielles Eta}^2 = \text{SAQ}_{\text{Effekt}} / (\text{SAQ}_{\text{Effekt}} + \text{SAQ}_{\text{Fehler}})$$

Eta-Quadrat ist ein Maß dafür, wie viel der Variabilität in den Daten durch die Variation der unabhängigen Variablen/des Faktors erklärt werden kann (Sedlmeier 1996; Janssen and Laatz 2003).

Das partielle Eta-Quadrat gibt die durch eine Variable erklärte Varianz, bereinigt um die Wirkung der anderen Variablen, an. Im Allgemeinen ist Eta-Quadrat informativer und anschaulicher (die Varianzaufklärungen aller Faktoren addieren sich zu 1 bzw. 100% auf). Für den Vergleich der Effektgrößen in unterschiedlicher Studien ist allerdings das partielle Eta-Quadrat oft besser geeignet (Young 1993; Levine and Hullett 2002).

3. Ergebnisse

*Where is the knowledge that is lost in information?
Where is the wisdom that is lost in knowledge?*

T. S. Eliot

Im Folgenden wird die statistische Auswertung der in den Versuchsreihen gewonnenen Messdaten beschrieben: Ihre Aufbereitung, differenzierte Darstellung und interferenzstatistische Analyse.

Neben den hypothesenprüfenden Verfahren (CDA – Confirmatory Data Analysis) wird die qualitative und quantitative Exploration - z.B. mittels grafischer Abbildungen, Exploratory Data Analysis (Tukey 1977) - besonders ausführlich geschildert. Wegen des methodisch neuartigen Designs dieser Untersuchung sollen spezielle Darstellungen und Transformationen der Daten ermöglichen, Muster, Regelmäßigkeiten oder Trends im Datensatz zu finden und daraus neue Hypothesen zu entwickeln (Bortz and Döring 1995).

Dafür, dass im Folgenden grafische/deskriptive Methoden betont werden, ist allerdings nicht allein der explorative Charakter dieser Studie verantwortlich. Die substantielle Kritik am klassischen Signifikanztesten u.a. (Cohen 1990; Sedlmeier 1996) zeigt, dass nicht nur für die Hypothesenfindung sondern auch für die Hypothesenprüfung alternative statistische Verfahren (grafische Darstellungen, Effektgrößen u.a.) oftmals besser geeignet sind.

3.1 Aufbereitung der Messdaten

Struktur der Datenfiles

Während die 93 Vpn (Versuchspersonen) die Versuchsreihen absolvierten (jeweils 31 Vpn das akustische, visuelle oder multimodale Versuchsprogramm), wurde die Dauer der von ihnen reproduzierten Zeitintervalle in einem Datenfile aufgezeichnet; zusammen mit der vorgegebenen Intervalldauer (Reizdauer) und der emotionalen Qualität des vorgegebenen Reizes (Reizqualität: freudig, angstvoll, traurig, ausdruckslos, künstlich).

Außerdem wurden Name (codiert), Alter und Händigkeit der Vpn und die Temperatur im Untersuchungsraum gespeichert.

Nach Abschluss der Datenerhebung lagen somit 93 Datenfiles mit jeweils 175 Durchgängen bzw. Zeitschätzungen (5 Reizqualitäten x 7 Reizdauern x 5 Messwiederholungen = 175 Messungen) in folgendem Format vor:

PsyScope 1.2.5 PPC started: 03/19/04 10:53:49

Script file: timotion multimodal

Run on: Power Macintosh

Random Seed: 18891

SubjectName: 97

Handedness: right

RunNumber: 1

Age: 23 Jahre

Extra: 7

Mode: multi

Temp: 20° Celsius

Input devices active: MOUSE KEY

Timing Device: Macintosh

Trial	Condition	Time	mouse_down	key
10	2500 freu	648	1	N/A
11	1000 freu	1103	1	N/A
12	5000 freu	3775	1	N/A
13	2000 freu	2171	1	N/A
14	3500 freu	3331	1	N/A
15	3000 freu	2545	1	N/A
16	4000 freu	3635	1	N/A
17	2500 freu	2044	1	N/A
18	2000 freu	1341	1	N/A
19	1000 freu	814	1	N/A
20	3500 freu	2923	1	N/A

Unter „Condition“ steht die vorgegebene Intervalldauer in Millisekunden und die Reizqualität, unter „Time“ die reproduzierte Dauer.

Die Datenfiles wurden per Hand formatiert und unter Verwendung der Softwareprogramme PsySquash und PsyDat so transformiert, dass sie in eine SPSS-Datenmatrix eingelesen werden konnten. Diese umfasste dann 16275 Messungen/Fälle: 175 Messungen x 93 Vpn = 16275 Einzelmessungen - bzw.

175 Messungen x 31 Vpn (pro Modalität) x 3 Modalitäten = 16275

Ausreißeranalyse

Von diesen 16275 Messungen bzw. reproduzierten Intervallen waren etliche nicht das Ergebnis einer (möglicherweise auch sehr ungenauen) Zeitschätzung, sondern eindeutig Fehler „technischer Natur“:

- Bedienungsfehler beim Drücken der Maustaste - z.B. Doppelklicken (= Start und Stopp) beim Starten des von der Vp (Versuchsperson) wiederzugebenden Intervalls führte zu reproduzierten Zeitspannen von unter 100 Millisekunden.
- Nicht wirksames Klicken der Maustaste, Verwechslung des Induktionsreizes (9-18 Sekunden Dauer) mit dem zu reproduzierenden Reiz oder auch „Konzentrationsausfall“ der Vp führte zu reproduzierten Zeitspannen von deutlich mehr als 10 Sekunden.

Viele (aber nicht alle) dieser technischen Fehler wurden von den Vpn selbst markiert, indem sie nach der Intervallreproduktion die Leertaste drückten. Allerdings beruhte der größere Teil dieser so angezeigten Fehlschätzungen auf unbegründeter Unsicherheit der Vpn - ihre markierten Schätzungen unterscheiden sich in der Genauigkeit oftmals nicht von den nicht-markierten.

Die von den Vpn selbst markierten (Fehl-)Messungen konnten also nicht für die Bestimmung von Ausreißern herangezogen werden und diese Markierung wurde in der weiteren Datenanalyse nicht berücksichtigt.

Während Intervallschätzungen von unter 100ms und über 10s ohne jeglichen Zweifel als Ausreißer bezeichnet werden können, wäre dies bei einer Schätzung von z.B. 6000ms

nicht ohne Willkür und natürlich abhängig vom vorgegebenen Intervall. Und es wäre bei einer Vorgabe von 1000ms plausibler als bei 5000ms.

Aber auch die (nach Vorgabedauern gestaffelte) Eingrenzung der Daten auf die mittleren 90% oder 95% der Zeitschätzungen hätte willkürlichen Charakter; und sie würde streng genommen die spätere Anwendung varianzanalytischer Verfahren verbieten, da so die eigentlich unabhängigen Werte der unterschiedlichen Vpn abhängig gemacht würden.

Um eine nicht eindeutig begründbare Manipulation der Daten auszuschließen, wurden daher sämtliche Messungen im Datensatz belassen. (Dieser wurde allerdings – siehe unten – in weitere Datensätze, bestehend aus statistischen Kennwerten, transformiert.)

Bestimmung der zentralen Tendenz der Zeitschätzungen

Wie bei der Versuchsplanung erwartet und in den Vorversuchen bestätigt, gab es aufgrund der schwierigen Reproduktionsaufgabe mit komplexen Reizen und vielen konzentrationsintensiven Wiederholungen teilweise eine deutliche Streuung innerhalb einer Vp beim gleichen Reiz. In den Hauptversuchsreihen wurden also für jede Vp 5 Messungen mit gleicher Reizqualität und Reizdauer durchgeführt, um daraus die zentrale Tendenz der Zeitschätzungen abzuleiten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass es für jede Vp für eine bestimmte Intervalldauer und Reizqualität eine spezifische Reproduktionsdauer gibt, die von der Vp als optimale Zeitschätzung empfunden würde. Von den erhobenen Messwerten sollte der Median der 5 Wiederholungsmessungen diesem theoretischen Idealwert am nächsten kommen.

Der Median wurde aus folgenden Gründen dem gebräuchlicheren arithmetischen Mittel vorgezogen: Vom Median weichen die anderen 4 Werte im Durchschnitt am wenigsten ab. Der Median minimiert aber nicht nur die Summe der absoluten Abweichungen, sondern ist auch sehr unempfindlich gegen Ausreißer. Bei 5 reproduzierten Zeiten kann er im Extremfall bis zu 4 Ausreißer unberücksichtigt lassen (jeweils 2 Ausreißer nach oben und unten). Das arithmetische Mittel hingegen berücksichtigt besonders die äußeren Werte, da es die Summe der quadratischen Abweichungen (der einzelnen Werte vom Mittelwert) minimiert.

Tatsächlich gab es bei keiner der Vpn eine (Modalität-)Reizqualität-Reizdauer-Kombination, also keinen Satz von 5 identischen Messungen, bei dem mehr als 2 von den

Vpn markierte Fehlschätzungen oder technische Fehler nach oben bzw. unten (vom Median aus) vorkamen.

Mit dem Median als Zentralmaß der 5 identischen Wiederholungsmessungen konnte also sowohl die Selbsteinschätzungen der Vpn berücksichtigt als auch alle objektiven Messfehler eliminiert werden, ohne die Daten willkürlich zu manipulieren!

Folgende 3 Exkurse erläutern die Überprüfung inhaltlicher bzw. statistischer Voraussetzungen der Medianberechnung:

Exkurs: Normalverteilung

Die Berechnung von Zentralwerten wie Mittelwert oder Median ist bei bestimmten Verteilungen der Stichprobenwerte problematisch, z.B. bei einer mehrgipfligen Verteilung. Daher wurde für jede der 105 Modalität(3)-Reizqualität(5)-Reizdauer(7)-Kombinationen (N ist jeweils = 155) der Kolmogorov-Smirnov Test auf Normalverteilung durchgeführt. (Aus Platz- und Übersichtlichkeitsgründen wird hier auf die Abbildung der 105 bzw. 210 Tests verzichtet.)

Von den 105 Stichprobengruppen sind danach 90 normalverteilt. Bei 13 der übrigen 15 Gruppen konnte die Zurückweisung der Normalverteilungsannahme auf die schon erwähnten technischen Messfehler zurückgeführt werden – die Glockenform-ähnliche Verteilung ist nicht immer symmetrisch. Außerdem: Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha=0,05$ sind bei 100 Tests ca. 5 Tests signifikant, ohne dass eine Abweichung von der Normalverteilung angenommen werden muss.

Es kann also von einer Normalverteilung der Stichprobenwerte ausgegangen werden.

Auch der medianisierte Datensatz, der allen späteren Berechnungen zugrunde liegt, ist normalverteilt. Der Kolmogorov-Smirnov-Test zeigt hier nur bei 1 der 105 Stichprobengruppen eine Irrtumswahrscheinlichkeit α von unter 0,05 (auch wegen der kleineren Fallzahl $N = 31$).

Der Autor ist sich bewusst, dass schon hier generelle Probleme des Signifikanztestens hervortreten (Cohen 1990; Janssen and Laatz 2003). Eine kleinere Stichprobe erleichtert das Beibehalten der H_0 , die in diesem Fall ja die Wunschhypothese ist. Also müsste eigentlich β (Wahrscheinlichkeit eines Fehlers 2. Art) und nicht α niedrig

angesetzt werden; beim Testen einer Punkthypothese gegen eine Bereichshypothese ist β aber nicht a priori bestimmbar.

Dass die Ergebnisse solcher Tests ohnehin nicht überbewertet werden dürfen, wird auch noch weiter unten diskutiert (*Voraussetzungen für varianzanalytische Verfahren*) - siehe auch (Brosius 2002; Janssen and Laatz 2003).

Allerdings legt auch die Analyse der Normalverteilungsplots eine Normalverteilung in der Grundgesamtheit nahe.

Exkurs: Abnutzung der Reizqualität

Das Ersetzen der 5 Wiederholungsmessungen durch den Median hat eine entscheidende inhaltliche Voraussetzung. Die wiederholte Darbietung einer Reizqualität könnte einen „Abnutzungs-Effekt“ haben - die Emotionsinduktion durch eine Reizqualität könnte abnehmen. Der Median als die 3. der 5 Messungen wäre dann im Durchschnitt weniger von der Emotions- bzw. Komplexitätskomponente der Stimuli beeinflusst als die 1. Messung – so könnte schlimmstenfalls ein großer Teil der zu untersuchenden Einflüsse verloren gehen!

Sowohl die Analyse per Allgemeinem Linearem Modell (ALM) ohne Berücksichtigung der Abhängigkeit der Messungen als auch die Messwiederholungsanalyse nach der klassischen Methode von Fisher zeigen jedoch, dass der Faktor Darbietungsreihenfolge keinen signifikanten Einfluss auf die reproduzierte Dauer hat (Tabelle 3.1 und 3.2). Zur Erläuterung der Analyseverfahren und der Tabellenbeschriftung siehe: 3.4 *Inferenzstatistische Analysen*.

Tabelle 3.1: Einfluss der Darbietungsreihenfolge (Durchgang) auf die reproduzierte Dauer – nach dem Allgemeinen Linearen Modell, univariat

Tests of Between-Subjects Effects							
Dependent Variable: reproduzierte Dauer							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	Hypothesis	335270465,927	1	335270465,927	167,952	,000	,556
	Error	267426045,215	133,966	1996229,342(a)			
MODALITÄT	Hypothesis	40011310,107	2	20005655,054	1,747	,180	,037
	Error	1030663786,222	90	11451819,847(b)			
QUALITÄT	Hypothesis	364791635,046	4	91197908,761	216,984	,000	,051
	Error	6797472947,799	16173	420297,592(c)			
DURCHGANG 1 bis 5	Hypothesis	852256,682	4	213064,171	,507	,731	,000
	Error	6797472947,799	16173	420297,592(c)			
VPN (MODALITÄT)	Hypothesis	1030663786,222	90	11451819,847	27,247	,000	,132
	Error	6797472947,799	16173	420297,592(c)			
DAUER	Hypothesis	14619345043,753	1	14619345043,753	34783,319	,000	,683
	Error	6797472947,799	16173	420297,592(c)			
a ,143 MS(VPN(MODE)) + ,857 MS(Error)							
b MS(VPN(MODE))							
c MS(Error)							

Tabelle 3.2: Einfluss der Darbietungsreihenfolge (Durchgang) auf die reproduzierte Dauer – Messwiederholungsanalyse nach Fisher (Auszug aus der vollständigen Tabelle)

Tests of Within-Subjects Effects							
Dependent Variable: reproduzierte Dauer							
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
QUALITÄT	Sphericity Assumed	364791635,046	4	91197908,761	63,029	,000	,412
	Lower-bound	364791635,046	1,000	364791635,046	63,029	,000	,412
DAUER	Sphericity Assumed	14772632454,440	6	2462105409,073	3065,727	,000	,971
	Lower-bound	14772632454,440	1,000	14772632454,440	3065,727	,000	,971
DURCHGANG	Sphericity Assumed	852256,682	4	213064,171	,518	,723	,006
	Lower-bound	852256,682	1,000	852256,682	,518	,474	,006
DURCHGANG * MODE	Sphericity Assumed	11103735,419	8	1387966,927	3,375	,001	,070
	Lower-bound	11103735,419	2,000	5551867,709	3,375	,039	,070
QUALITÄT * DURCHGANG	Sphericity Assumed	8537037,221	16	533564,826	1,357	,155	,015
	Lower-bound	8537037,221	1,000	8537037,221	1,357	,247	,015
DAUER * DURCHGANG	Sphericity Assumed	13510973,833	24	562957,243	1,668	,022	,018
	Lower-bound	13510973,833	1,000	13510973,833	1,668	,200	,018

Von den Wechselwirkungen des Faktors Durchgangsreihenfolge mit den übrigen Faktoren ist besonders die Wechselwirkung Durchgang*Qualität von inhaltlichem Interesse – die verschiedenen Reizqualitäten könnten bei den Wiederholungen unterschiedlich stark abgenutzt werden. Diese Wechselwirkung ist aber nach obiger Analyse nicht signifikant und auch Abbildung 3.1 zeigt einen zu vernachlässigenden Einfluss der Darbietungsanzahl. (Was auch schon das geringe partielle Eta-Quadrat zeigt.) Um auszuschließen, dass eine Abnutzung nur bei bestimmten Reizdauern oder innerhalb einer Modalität stattfindet, wurden auch die übrigen Wechselwirkungen analysiert – es fand sich weder ein signifikantes noch ein inhaltlich relevantes Muster. Abbildung 3.2 zeigt beispielhaft die Interaktionsdiagramme der multimodalen Versuchsreihe getrennt für alle vorgegebenen Reizdauern.

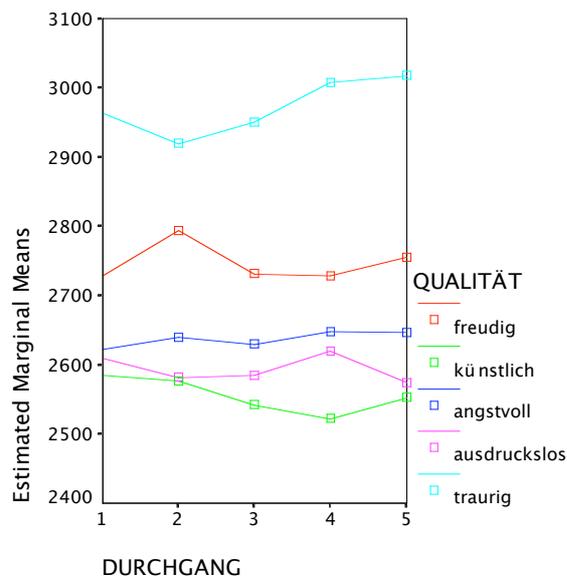


Abbildung 3.4: Einfluss der Darbietungsreihenfolge (Durchgang) auf die einzelnen Reizqualitäten

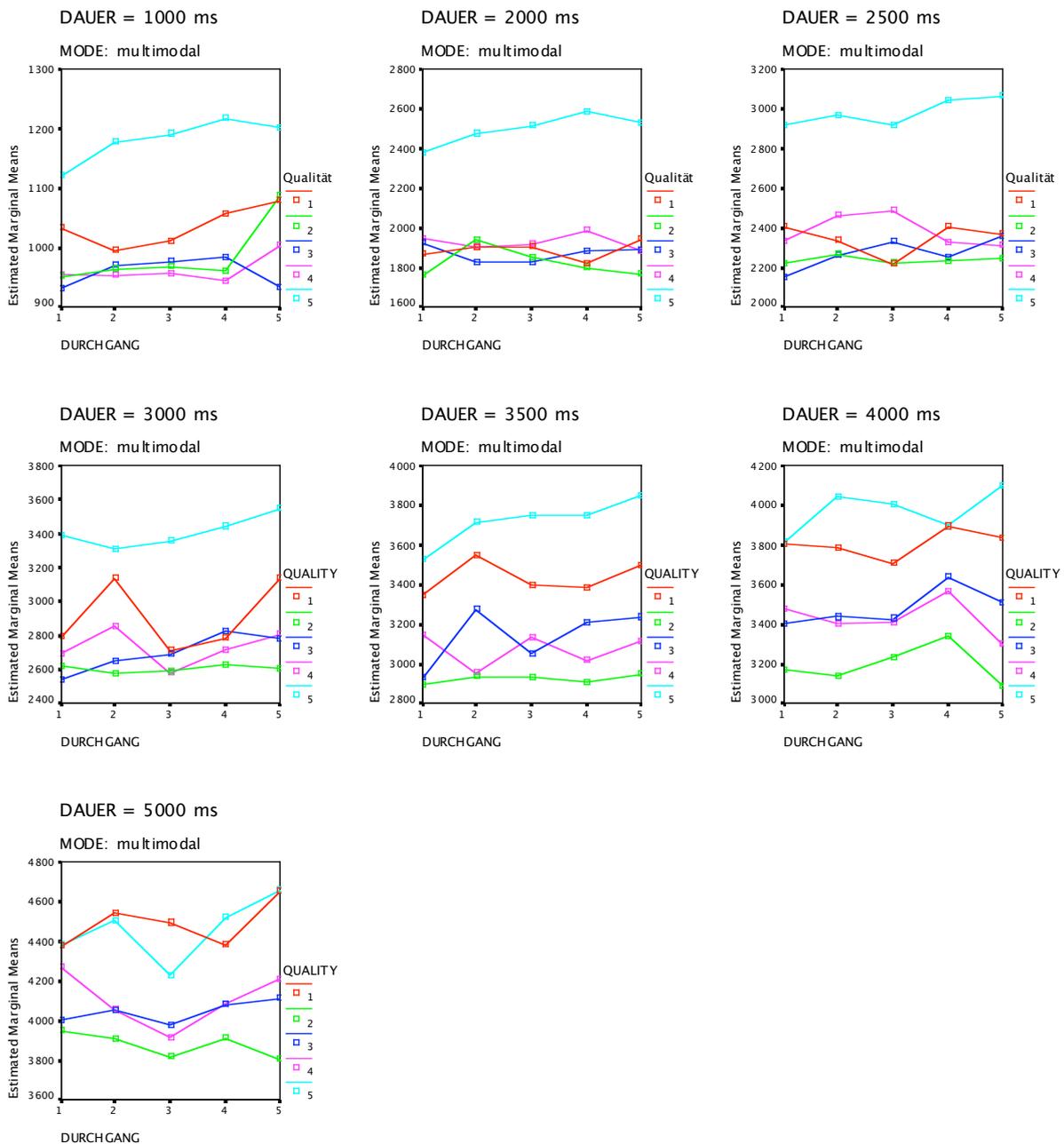


Abbildung 3.2: Einfluss der Darbietungsreihenfolge (Durchgang) auf die einzelnen Reizqualitäten, multimodale Versuchsreihe, getrennt nach Vorgabedauer

Exkurs: Median vs. arithmetisches Mittel

Die Vorzüge des Medians gegenüber dem arithmetischen Mittel wurden bereits dargestellt. Um aber auszuschließen, dass eine statistische Analyse der arithmetischen Mittel möglicherweise in eine andere Richtung führen würde, wurde für die akustische Versuchsreihe (31 Vpn) untersucht, ob zwischen Median und arithmetischem Mittel der 5 Wiederholungsmessungen (für jede der 35 Reizdauer-Reizqualität-Kombinationen) deutliche Unterschiede bestehen.

$$\text{Differenz (\%)} = \frac{\text{Mittelwert der arithmetischen Mittel} - \text{Mittelwert der Mediane}}{1/2(\text{Mittelwert der arithmetischen Mittel} + \text{Mittelwert der Mediane})} \times 100$$

Die Differenz der Mittelwerte über die 31 arithmetischen Mittel (der Daten zwischen dem 2,5. und 97,5. Perzentil) und über die 31 Mediane (der Rohdaten) beträgt aber in keinem Fall mehr als 2 Prozent; meist beträgt der Unterschied weniger als 10 Millisekunden.

3.2 Die statistischen Kennwerte des Datensatzes

Der durch die oben beschriebene „Medianisierung“ gewonnene Datensatz ist Grundlage aller weiteren Analysen. Er besteht aus 3255 Fällen bzw. Medianen für die reproduzierten Zeitintervalle: Wie schon erläutert, fasst 1 Median 5 identische Einzelmessungen (gleiche vorgegebene Dauer, gleiche Reizqualität) an einer Vp zusammen → 16275 Einzelmessungen : 5 = 3255 „medianisierte“ Messungen.

Fasst man nun die (Median-)Messungen der jeweils 31 Vpn pro Modalität zusammen, ergeben sich 105 Modalität-Reizqualität-Vorgabedauer-Kombinationen (3 x 5 x 7) mit einer Stichprobengröße von jeweils 31 (105 x 31 = 3255).

Tabellen 3.3 - 3.5 (getrennt nach Modalität) zeigen die statistischen Maßzahlen des Datensatzes.

Tabelle 3.3: Die Kennwerte des Datensatzes, akustische Versuchreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	REPRODUZIERTE DAUER (MS) AKUSTISCH								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	881	902	30	167	478	1251	784	1017	31
	2000 ms	1786	1852	49	272	1277	2456	1699	2029	31
	2500 ms	2376	2379	56	313	1596	3167	2163	2468	31
	3000 ms	2639	2711	54	298	2124	3311	2529	2969	31
	3500 ms	2933	2967	54	302	2211	3713	2755	3225	31
	4000 ms	3482	3556	79	442	2608	5019	3274	3803	31
	5000 ms	4117	4224	113	629	3190	5226	3689	4837	31
künstlich-neutral	1000 ms	946	930	24	134	710	1238	786	1010	31
	2000 ms	1729	1751	41	229	1432	2264	1564	1942	31
	2500 ms	2089	2107	47	263	1620	2639	1897	2316	31
	3000 ms	2519	2469	47	263	1845	2982	2225	2676	31
	3500 ms	2773	2732	53	297	2212	3274	2517	2913	31
	4000 ms	2927	3010	56	312	2516	3695	2773	3231	31
	5000 ms	3494	3571	65	363	3098	4579	3334	3791	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	1010	1002	39	216	600	1455	771	1137	31
	2000 ms	1892	1879	47	262	1424	2500	1663	2065	31
	2500 ms	2223	2270	58	324	1723	3007	2017	2517	31
	3000 ms	2530	2551	73	404	1968	3854	2175	2835	31
	3500 ms	3029	2999	78	434	2092	3782	2592	3360	31
	4000 ms	3287	3380	86	478	2650	4492	2965	3629	31
	5000 ms	3862	3906	72	403	3170	4543	3579	4264	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	915	982	33	185	748	1335	838	1162	31
	2000 ms	1797	1792	47	264	1283	2249	1678	1960	31
	2500 ms	2189	2139	56	309	1528	2712	1891	2426	31
	3000 ms	2603	2576	49	270	1884	3190	2342	2773	31
	3500 ms	2883	2920	59	329	2329	3774	2666	3127	31
	4000 ms	3091	3163	77	428	2498	4202	2919	3433	31
	5000 ms	3640	3737	85	472	2957	4705	3409	4018	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	1094	1147	40	221	763	1697	1014	1270	31
	2000 ms	2295	2306	62	346	1649	3109	2039	2590	31
	2500 ms	2833	2814	71	395	2137	3559	2478	3156	31
	3000 ms	3289	3297	64	357	2521	3944	3070	3565	31
	3500 ms	3675	3645	79	439	2809	4380	3321	3932	31
	4000 ms	3811	3797	84	466	2879	4591	3479	4138	31
	5000 ms	4213	4243	84	466	3406	5455	3956	4446	31

Tabelle 3.4: Die Kennwerte des Datensatzes, visuelle Versuchreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	REPRODUZIERTE DAUER (MS) VISUELL								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	862	916	43	238	525	1451	798	980	31
	2000 ms	1758	1825	72	399	1217	3064	1564	1986	31
	2500 ms	2260	2385	85	473	1660	3716	2071	2586	31
	3000 ms	2688	2773	82	459	2082	4086	2423	2998	31
	3500 ms	3134	3128	70	387	2487	4142	2832	3359	31
	4000 ms	3429	3555	99	550	2403	5094	3276	3906	31
	5000 ms	4174	4236	135	751	2896	6030	3692	4640	31
künstlich-neutral	1000 ms	908	952	47	263	557	1654	732	1083	31
	2000 ms	1832	1881	68	377	1244	2621	1592	2191	31
	2500 ms	2365	2385	64	358	1789	3151	2072	2691	31
	3000 ms	2794	2803	73	409	2215	4284	2550	2964	31
	3500 ms	3205	3175	97	541	2019	4623	2939	3396	31
	4000 ms	3520	3498	105	585	1917	4689	3190	3804	31
	5000 ms	4284	4329	120	671	2908	5736	3915	4825	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	940	954	37	205	529	1396	807	1060	31
	2000 ms	1889	1866	66	366	1080	2584	1581	2114	31
	2500 ms	2366	2392	65	362	1953	3567	2103	2604	31
	3000 ms	2582	2671	67	371	1883	3472	2437	3002	31
	3500 ms	3086	3122	73	404	2265	3973	2823	3374	31
	4000 ms	3245	3447	94	522	2726	4458	2994	3870	31
	5000 ms	4092	4194	122	679	3089	6182	3733	4473	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	921	924	49	270	423	1587	745	1015	31
	2000 ms	1791	1821	86	480	1153	3145	1473	1981	31
	2500 ms	2223	2254	58	322	1686	3015	2053	2459	31
	3000 ms	2678	2680	84	466	1933	3950	2383	2860	31
	3500 ms	3027	3019	89	494	1994	4165	2671	3407	31
	4000 ms	3384	3456	107	596	2536	5059	2967	3715	31
	5000 ms	4112	4145	113	630	2925	5404	3613	4585	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	845	875	40	223	387	1487	759	952	31
	2000 ms	1818	1882	66	367	1159	2999	1651	2187	31
	2500 ms	2310	2328	74	412	1151	3118	2027	2576	31
	3000 ms	2689	2698	65	364	1876	3396	2525	2934	31
	3500 ms	3043	3087	80	445	1973	3925	2821	3430	31
	4000 ms	3395	3408	90	499	2532	4575	2935	3754	31
	5000 ms	4143	4037	94	524	2895	5007	3760	4308	31

Tabelle 3.5: Die Kennwerte des Datensatzes, multimodale Versuchreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	REPRODUZIERTE DAUER (MS) MULTIMODAL								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	975	1014	34	190	706	1453	881	1161	31
	2000 ms	1794	1872	51	282	1411	2584	1699	2132	31
	2500 ms	2348	2335	54	302	1712	2935	2129	2519	31
	3000 ms	2890	2880	83	460	2059	3746	2561	3224	31
	3500 ms	3471	3412	62	344	2593	3971	3187	3663	31
	4000 ms	3750	3799	84	468	2725	4707	3449	4165	31
	5000 ms	4575	4464	100	556	3242	5503	4175	4843	31
künstlich-neutral	1000 ms	969	968	35	195	515	1335	848	1086	31
	2000 ms	1802	1807	43	241	1272	2345	1746	1952	31
	2500 ms	2180	2195	48	267	1756	2761	1995	2346	31
	3000 ms	2537	2607	52	289	2154	3262	2414	2798	31
	3500 ms	2850	2909	57	317	2282	3586	2679	3132	31
	4000 ms	3224	3186	65	365	2506	3730	2929	3513	31
	5000 ms	3890	3846	79	442	3081	4773	3434	4150	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	947	946	34	189	466	1335	826	1065	31
	2000 ms	1872	1850	57	316	1208	2689	1602	2129	31
	2500 ms	2251	2290	59	330	1747	3079	2007	2546	31
	3000 ms	2631	2676	65	361	2162	3607	2376	2906	31
	3500 ms	2996	3029	73	408	2183	4024	2843	3341	31
	4000 ms	3387	3388	69	386	2588	3997	3076	3706	31
	5000 ms	4021	4047	77	429	2925	4964	3776	4346	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	931	954	32	176	566	1275	810	1109	31
	2000 ms	1941	1907	41	228	1409	2259	1764	2114	31
	2500 ms	2322	2367	53	293	1769	3163	2193	2595	31
	3000 ms	2731	2731	61	341	2150	3597	2506	2912	31
	3500 ms	3009	3058	59	328	2523	3834	2814	3251	31
	4000 ms	3409	3438	69	385	2727	4208	3098	3746	31
	5000 ms	4066	4095	83	462	3046	5191	3777	4432	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	1262	1194	54	302	647	1662	924	1427	31
	2000 ms	2350	2453	97	542	1600	3940	2049	2755	31
	2500 ms	2955	2971	91	505	1878	4172	2617	3214	31
	3000 ms	3318	3414	98	547	2236	4421	3118	3937	31
	3500 ms	3768	3700	103	571	2207	4723	3295	4165	31
	4000 ms	4026	3965	105	582	2726	4981	3516	4410	31
	5000 ms	4577	4472	107	598	3037	5574	3979	4891	31

3.3 Grafische Darstellung der Versuchsergebnisse

Folgende Kurvendiagramme bzw. Scatterplots zeigen die Muster der Zeitschätzungen und veranschaulichen die Ergebnisse der inferenzstatistischen Analysen.

In allen Grafiken ist das von den Vpn reproduzierte Zeitintervall (Ordinate) gegen die vorgegebene Intervalldauer (Abszisse) aufgetragen; die Winkelhalbierende besteht aus den Indifferenzpunkten (Reproduktion gleich Vorgabe), also aus allen Punkten, die eine exakte Reproduktion der vorgegebenen Zeitintervalle darstellen.

Die durch kleine Symbole (Kreis, Dreieck oder Quadrat) markierten Messungen sind jeweils die Mediane von 31 Versuchspersonenwerten (siehe 1. Spalte der obigen Tabellen 3.3 - 3.5). Auch hier wurde dem Median der Vorzug gegenüber dem Mittelwert gegeben, wie schon bei der Zusammenfassung der 5 identischen Wiederholungsmessungen und aus den gleichen Gründen. Erkenntnisziel sind grundsätzliche Muster des Zeitempfindens, die mit dem von Ausreißern deutlich beeinflussten Mittelwert nicht angemessen wiedergegeben werden. Wie die Abbildungen 3.23 und 3.24 (Scatterplots mit Fallnummern) zeigen, stammen diese Ausreißer auch von denselben (wenigen) Vpn und geben nicht Schätzungen der „durchschnittlichen“ Vpn wieder.

Die mit Symbolen markierten Messungen/reproduzierten Zeitintervalle wurden durch gerade Linien verbunden. Gespräche mit Statistikern (Priv.DoZ. Roland Wais, Rechenzentrum der Uni Hamburg und Dr. Christian Hennig, Institut für mathematische Stochastik der Uni HH) ergaben, dass eine Kurvenanpassung an die vorhandenen Daten über mathematische Modelle (ob nun linear, logarithmisch, quadratisch o.ä.) nicht vertretbar ist.

Die hier dargestellten, einfachen Linienzüge lassen – mathematisch streng genommen - keine Extrapolation für Zeitintervalle jenseits von 5 Sekunden Dauer zu. Aber sowohl die Verbindungen der einzelnen Messpunkte als auch der gesamte Kurvenverlauf ist (nach Meinung des Autors) inhaltlich voll gerechtfertigt und aussagekräftig.

Die folgenden 5 Diagramme zeigen jeweils die Linienzüge/„Kurven“ für jede der 5 Reizqualitäten, getrennt geplottet für die 3 Modalitäten.

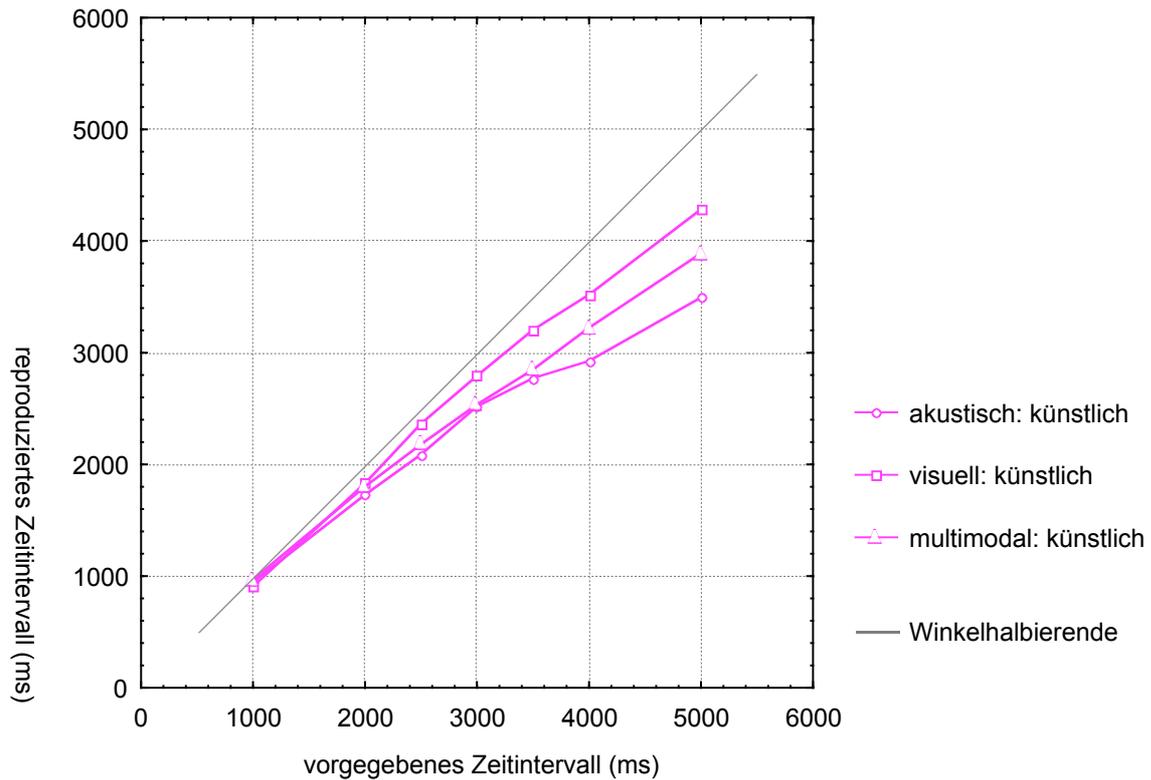


Abbildung 3.3: Verlaufskurven für die Reizqualität *künstlich-neutral*, getrennt nach Modalität

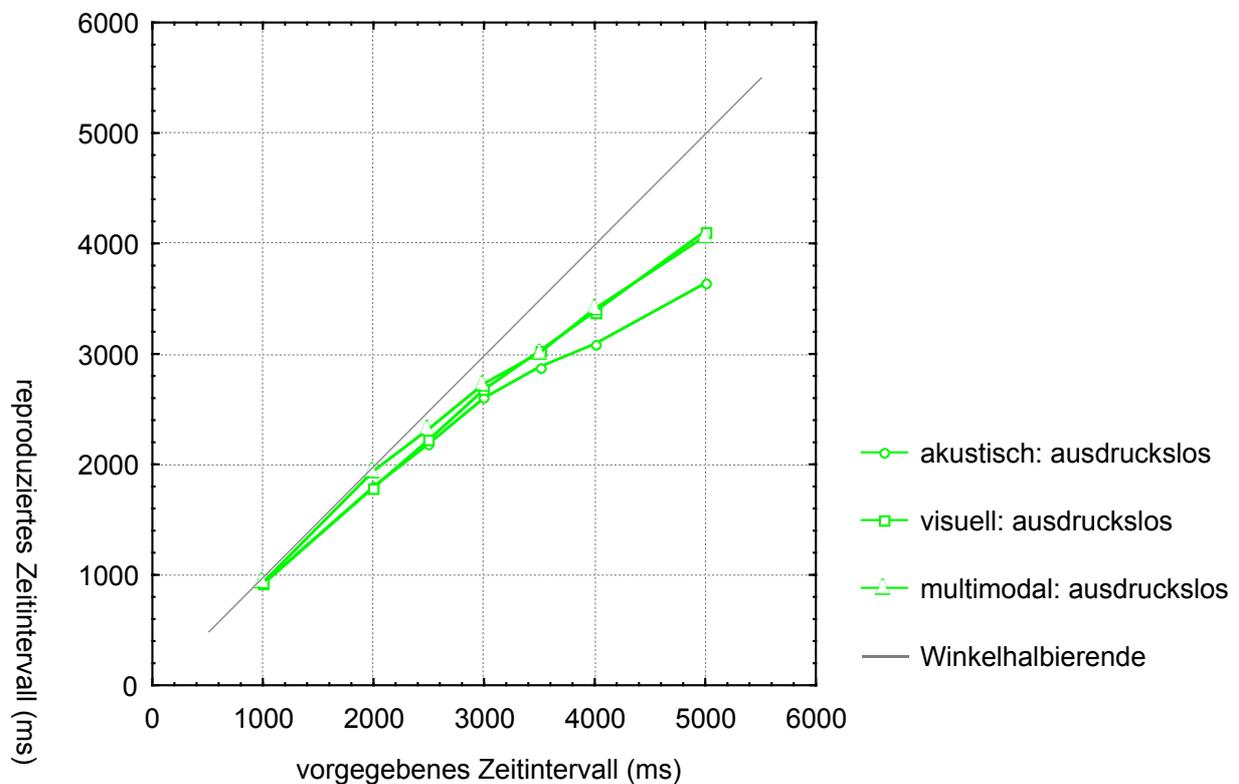


Abbildung 3.4: Kurven für die Reizqualität *ausdruckslos-neutral*

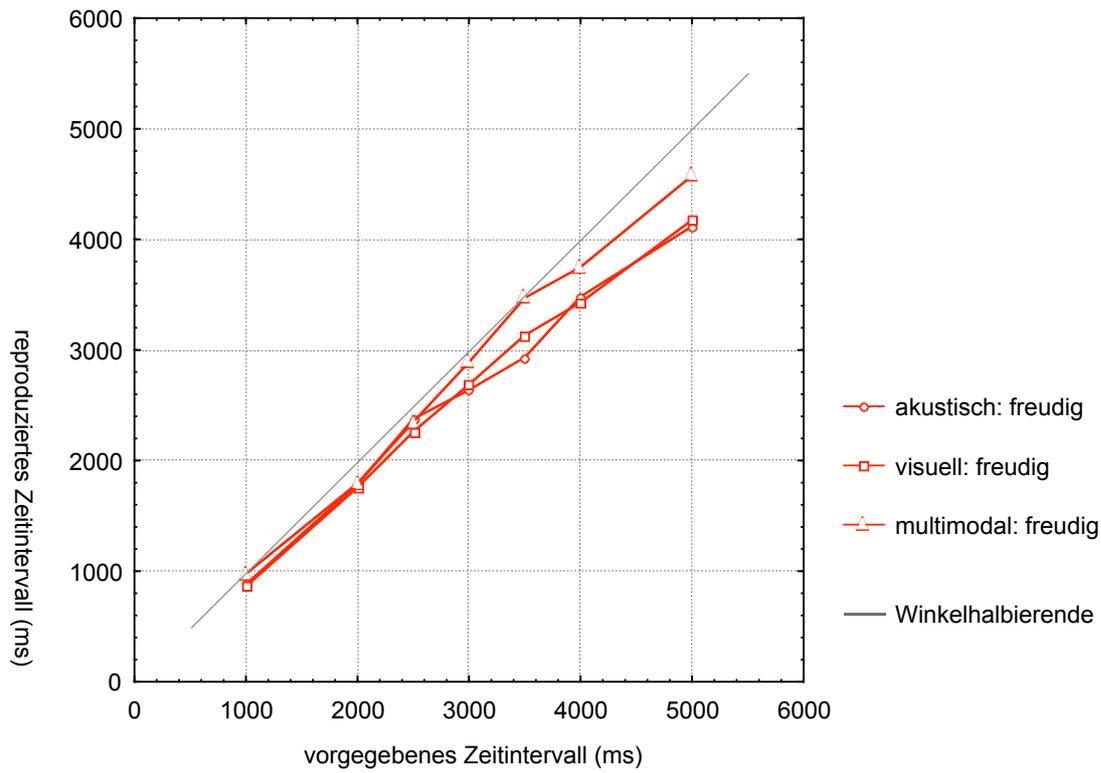


Abbildung 3.5: Kurven für die Reizqualität *freudig-lustig*

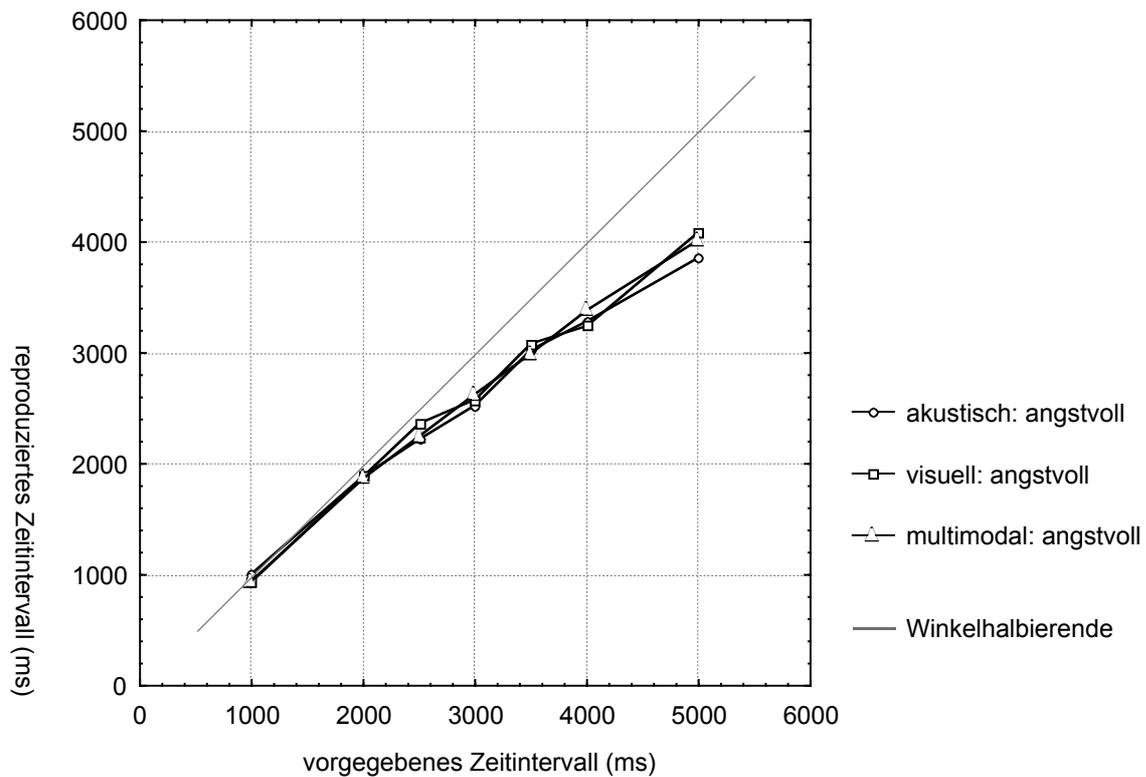


Abbildung 3.6: Kurven für die Reizqualität *angstvoll-erschreckend*

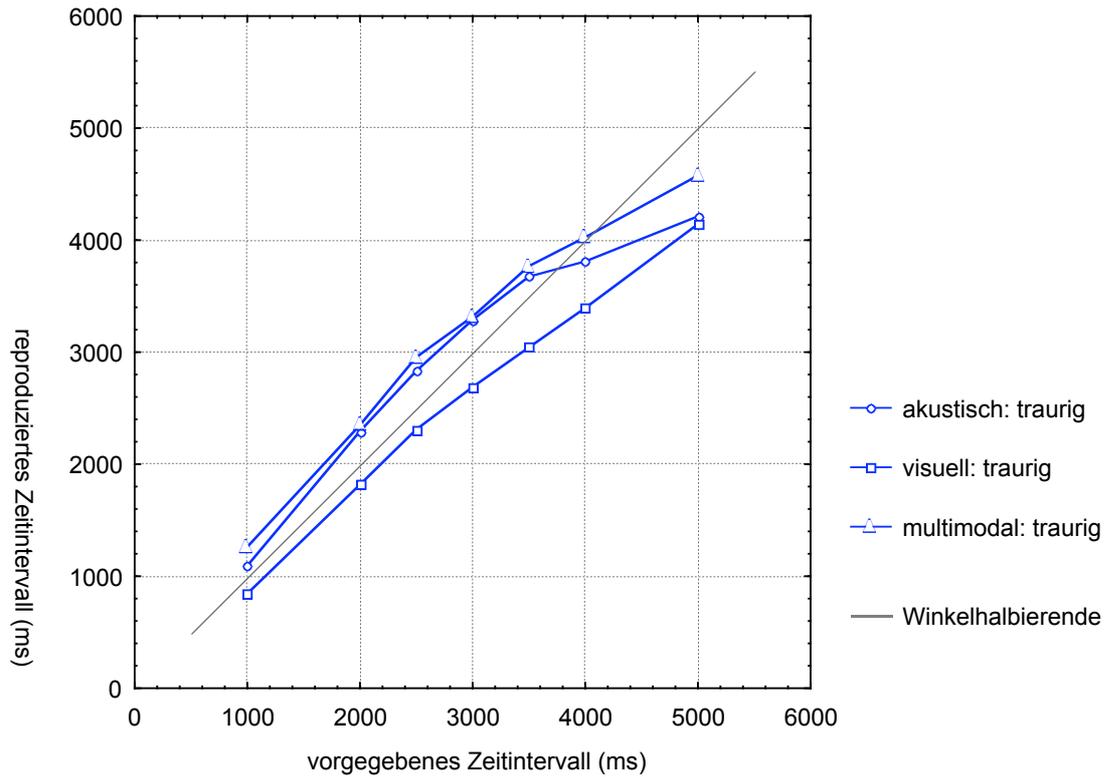


Abbildung 3.7: Kurven für Reizqualität *traurig-verzweifelt*

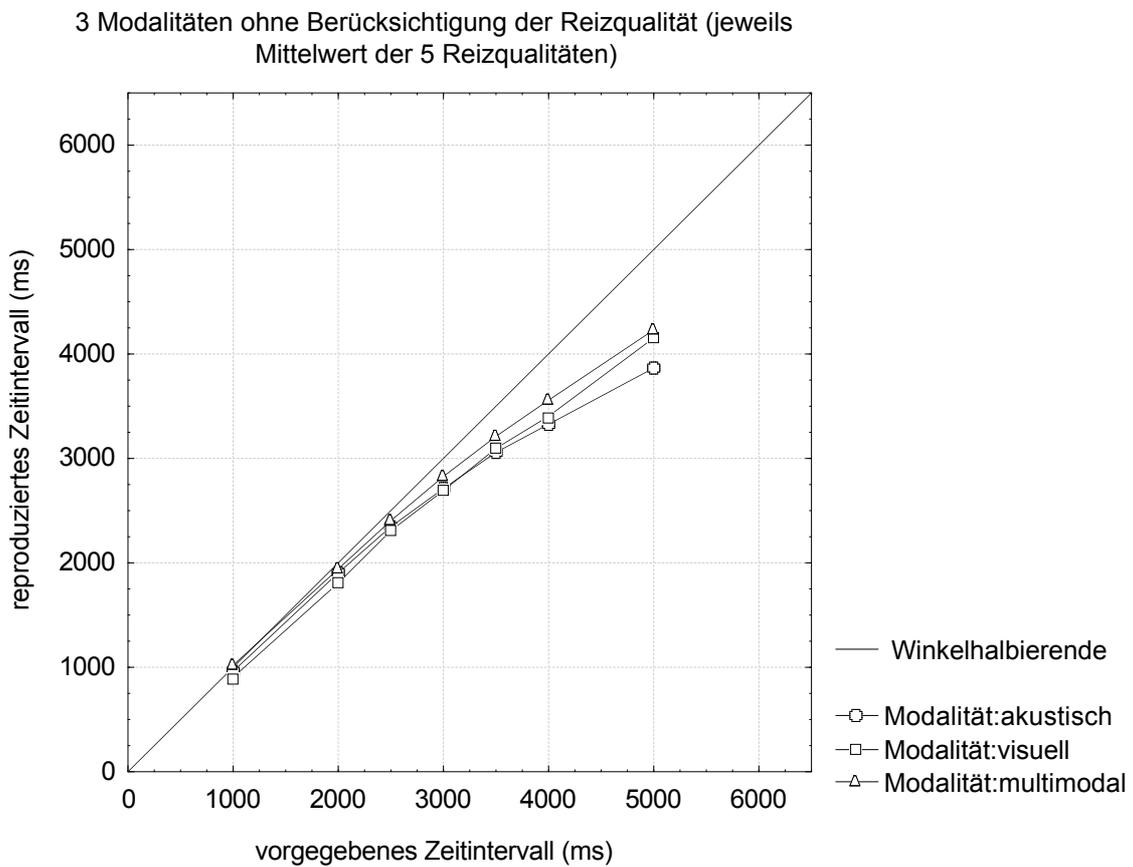


Abbildung 3.8: Kurven für die 3 Modalitäten

Abbildung 3.8 zeigt die Kurvenverläufe für die 3 Modalitäten, ohne nach Reizqualität zu differenzieren. In diesem Fall wurde für jeden dargestellten Punkt der Mittelwert (und nicht der Median) der 5 Reizqualitäten-Mediane verwendet – denn nun ging es darum, die Unterschiedlichkeit der verschiedenen Reizqualitäten zu berücksichtigen.

Jedes der 3 folgenden Diagramme zeigt für eine der 3 Modalitäten den Kurvenverlauf aller 5 Reizqualitäten:

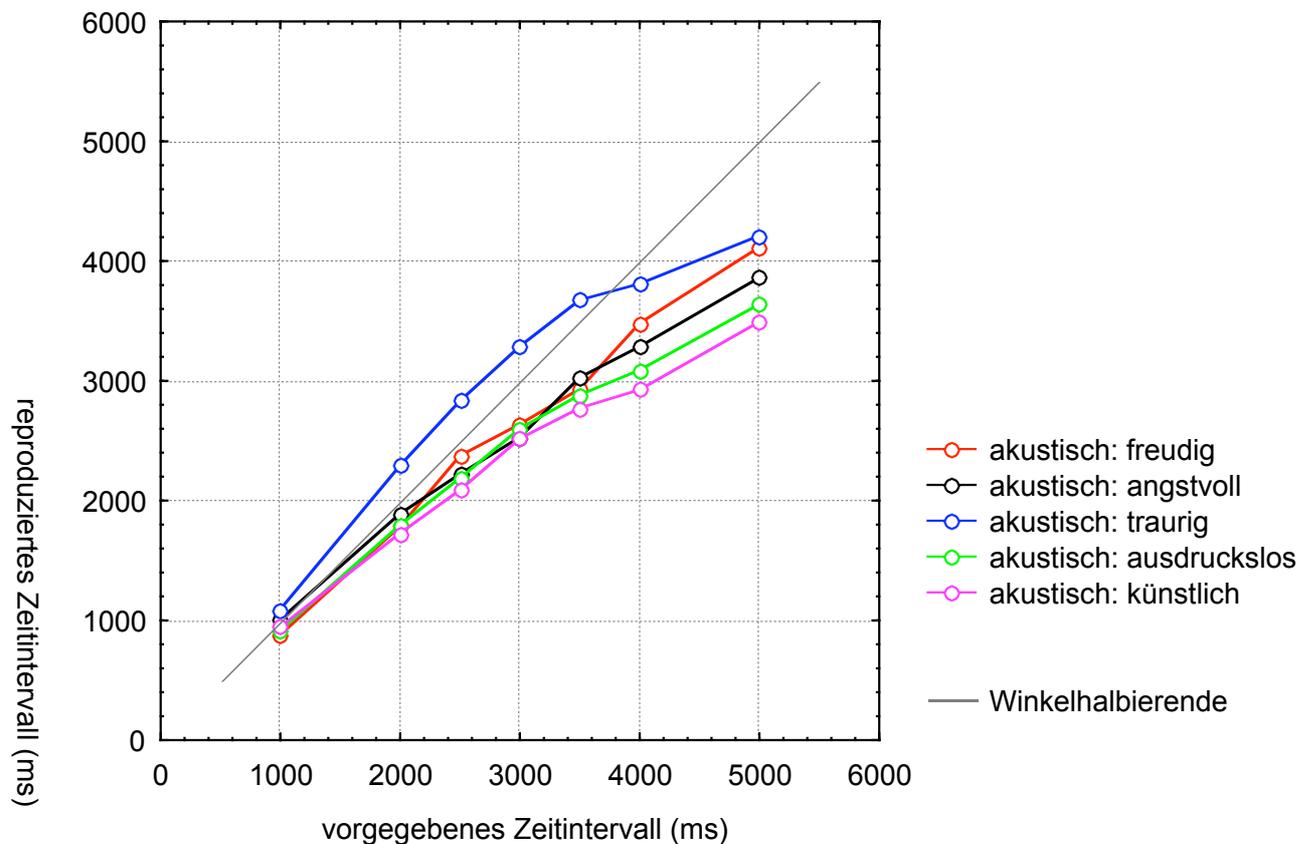


Abbildung 3.9: Kurven der akustisch dargebotenen Reizqualitäten

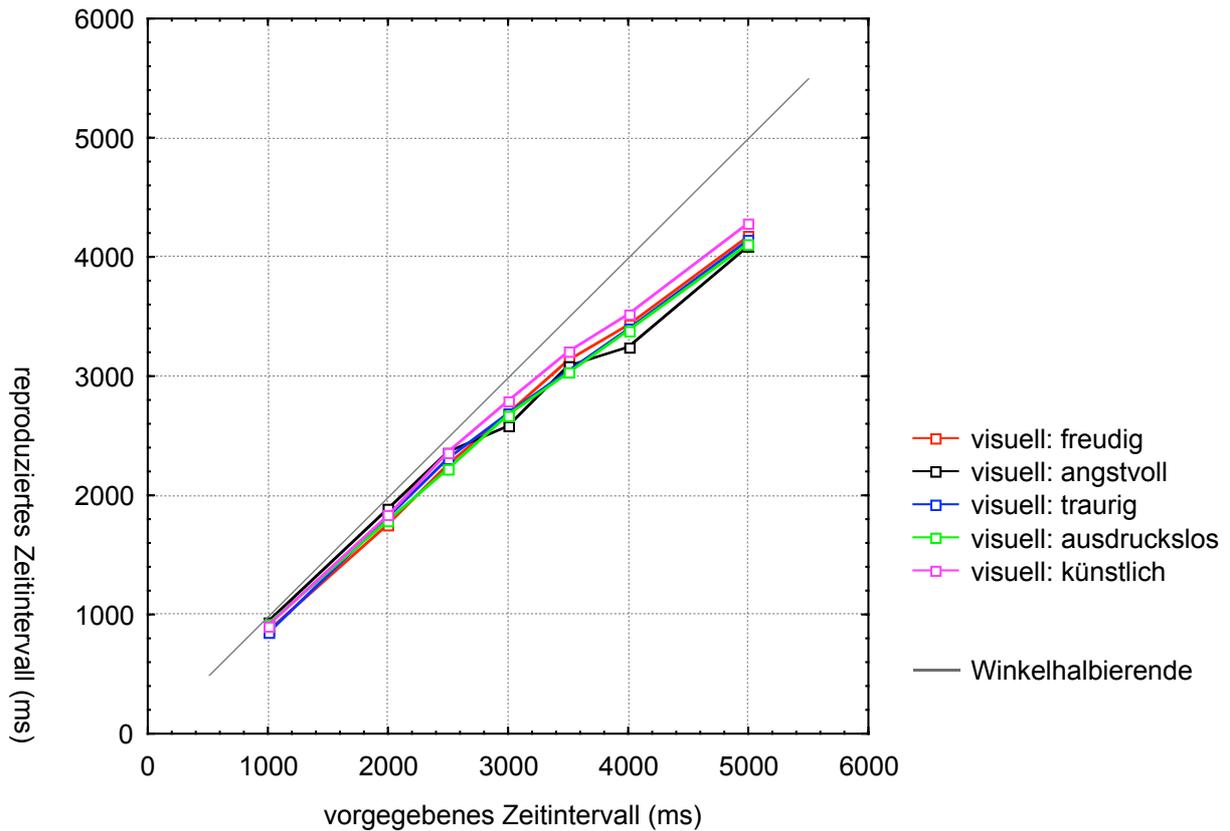


Abbildung 3.10: Kurven der visuell dargebotenen Reizqualitäten

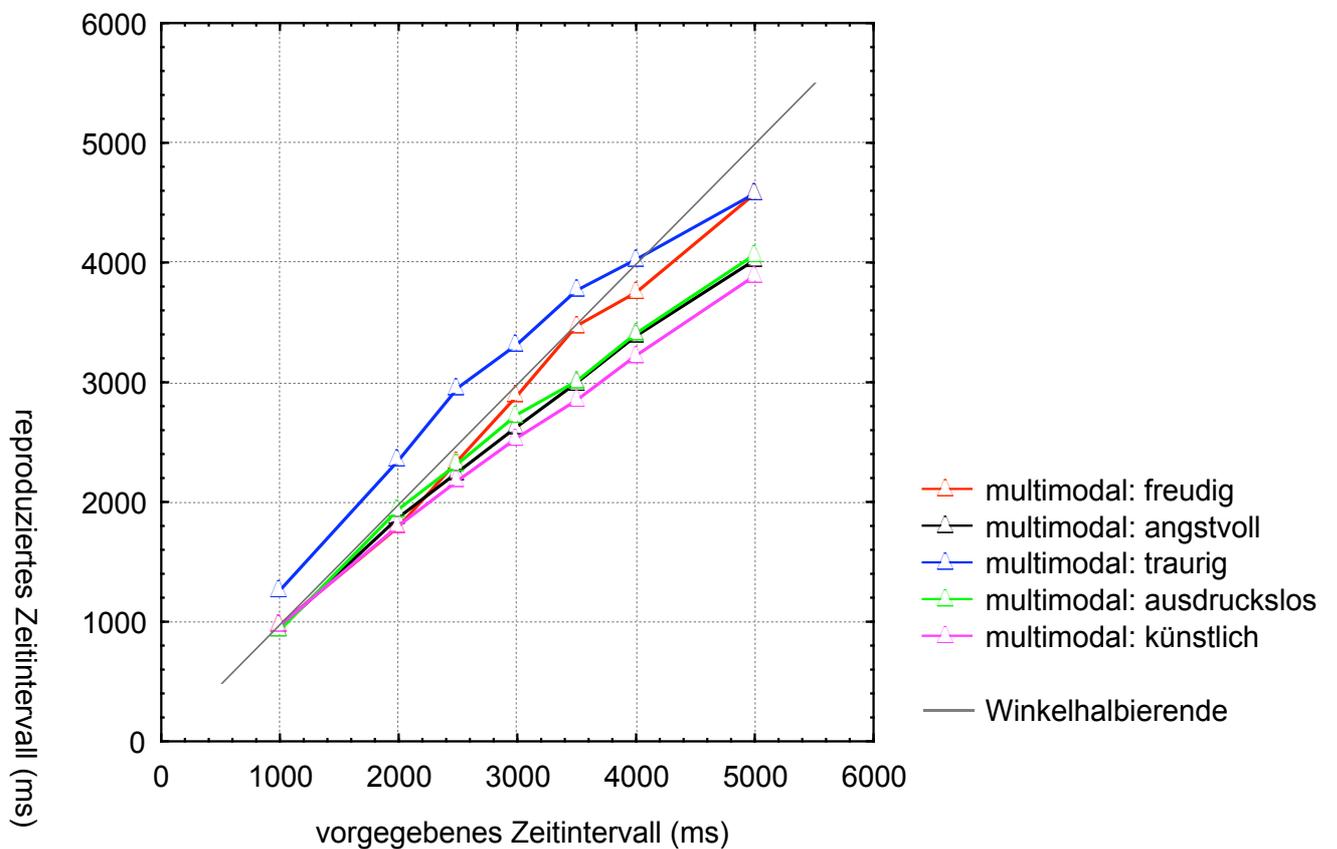


Abbildung 3.11: Kurven der multimodal dargebotenen Reizqualitäten

Abbildung 3.12 zeigt die Kurvenverläufe der 5 Reizqualitäten ohne nach Modalität zu differenzieren. (Auch hier sind die markierten Punkte die Mittelwerte der jeweils 3 Modalitäten-Mediane.)

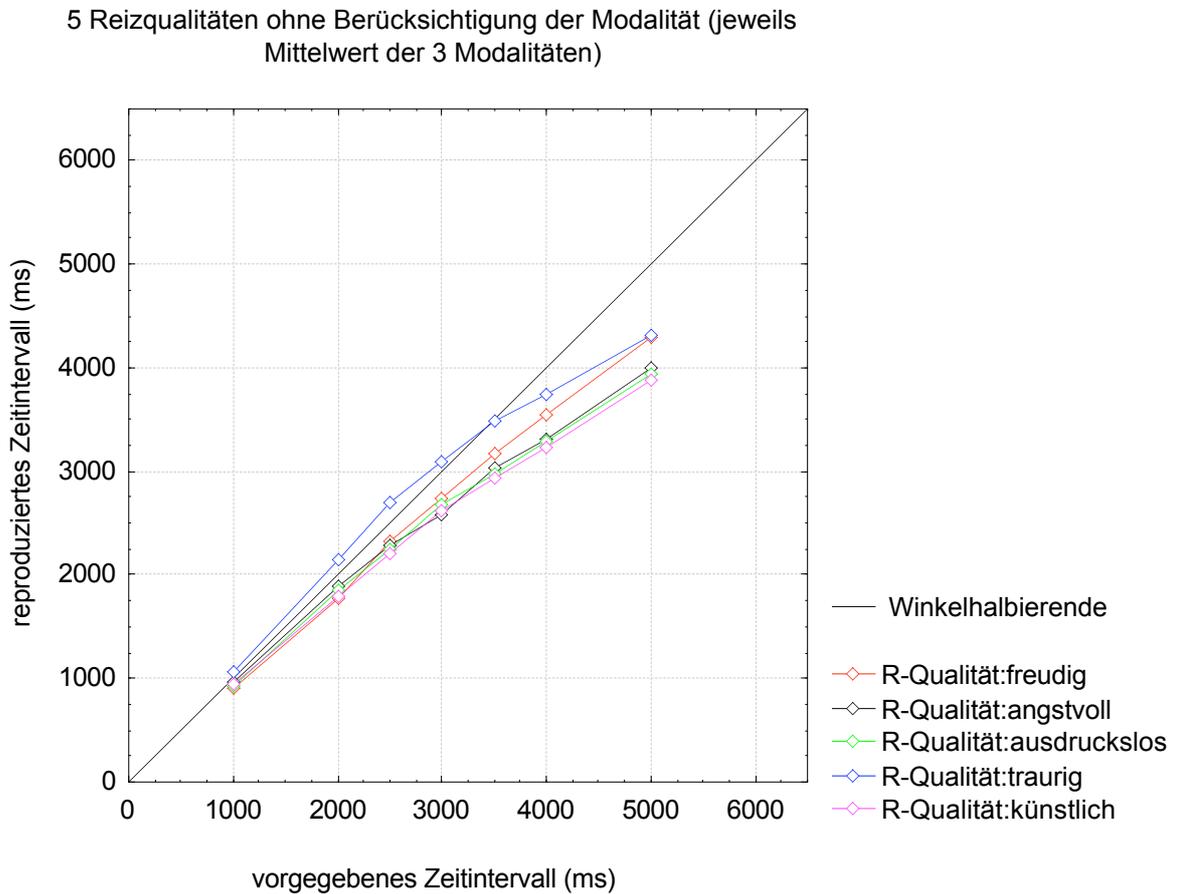


Abbildung 3.12: Kurven für die 5 Reizqualitäten

Folgendes Diagramm gibt (auf Kosten der Übersichtlichkeit) die gesamten 15 Zeitschätzungskurven (5 Reizqualitäten x 3 Modalitäten) in einer Grafik wieder.

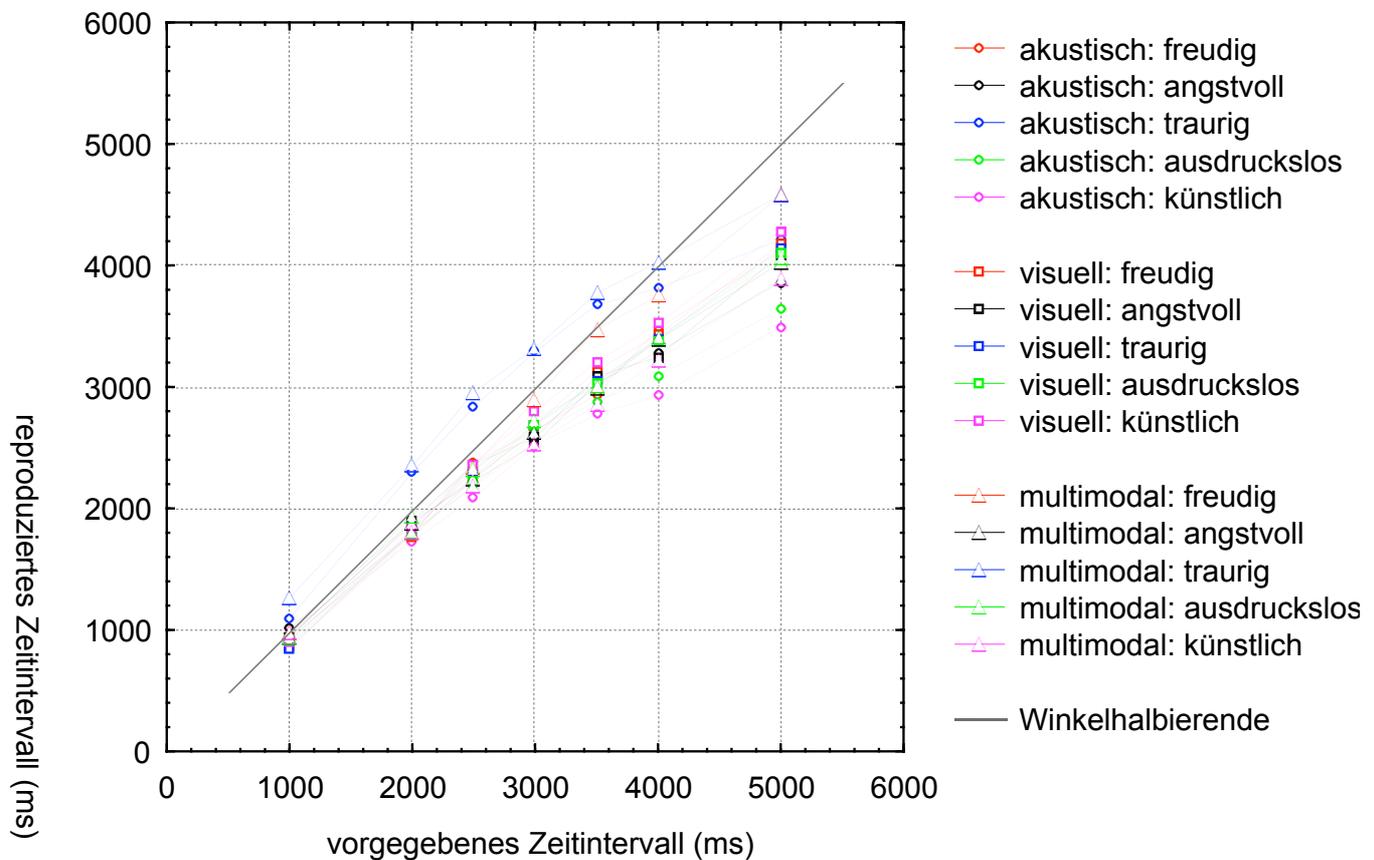


Abbildung 3.13: Kurven der 5 Reizqualitäten, getrennt nach den 3 Modalitäten

Die folgenden 10 Diagramme geben in der gleichen Reihenfolge die gleichen Modalität-Reizqualität-Kombinationen wieder wie die oben dargestellten Kurven-Diagramme (ohne Abbildung 3.13). Allerdings sind nun die 31 Vpn-Werte (für jede Modalität) nicht zu einem Wert (Median) zusammengefasst, sondern sie sind alle einzeln in der Grafik markiert. Diese Punkte wurden auch nicht durch Linien verbunden.

Abbildungen 3.14 – 3.18 zeigen jeweils eine der 5 Reizqualitäten. Um die Werte für die verschiedenen Modalitäten in derselben Grafik abzubilden, wurden die akustische und die visuelle Modalität leicht versetzt geplottet – das vorgegebene Zeitintervall war natürlich für alle Modalitäten gleich, also immer ein Vielfaches von 500 Millisekunden.

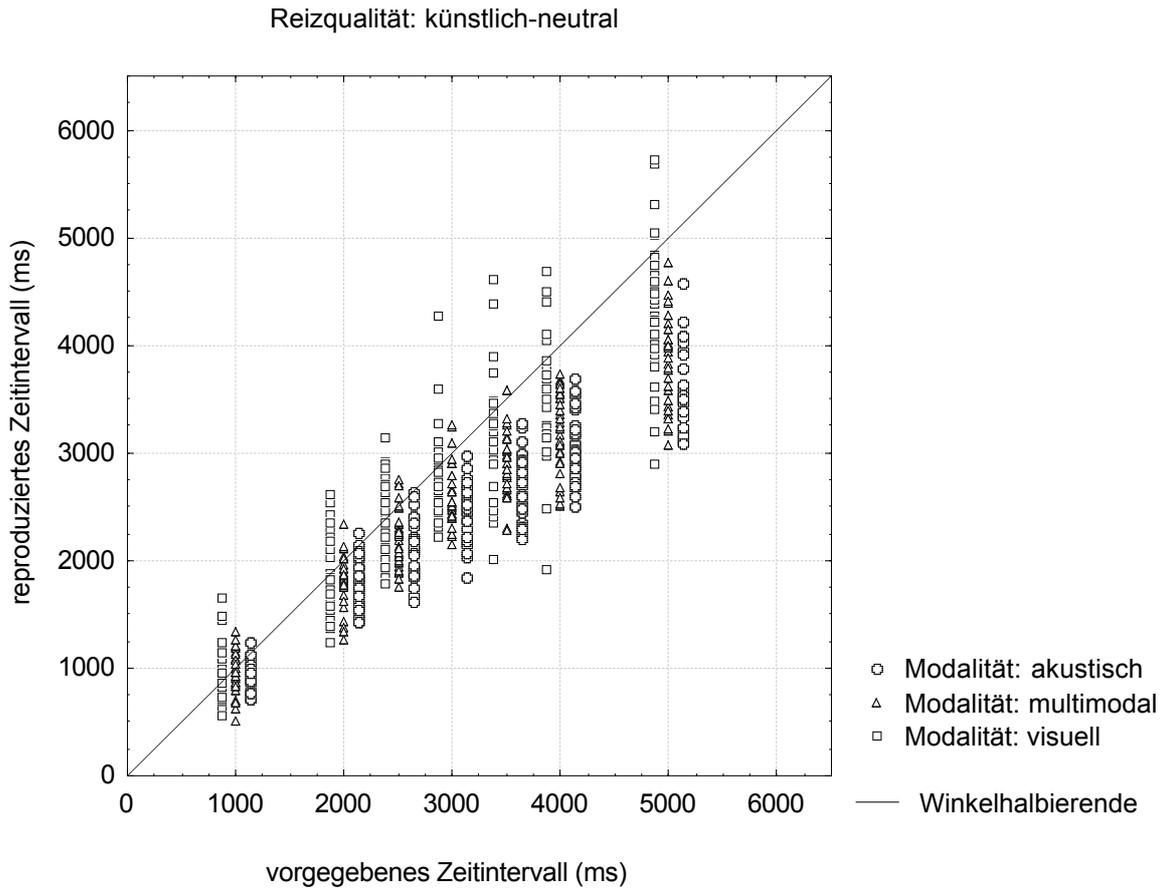


Abbildung 3.14: Schätzungen der 31 Vpn (pro Modalität) für Reizqualität *künstlich-neutral*

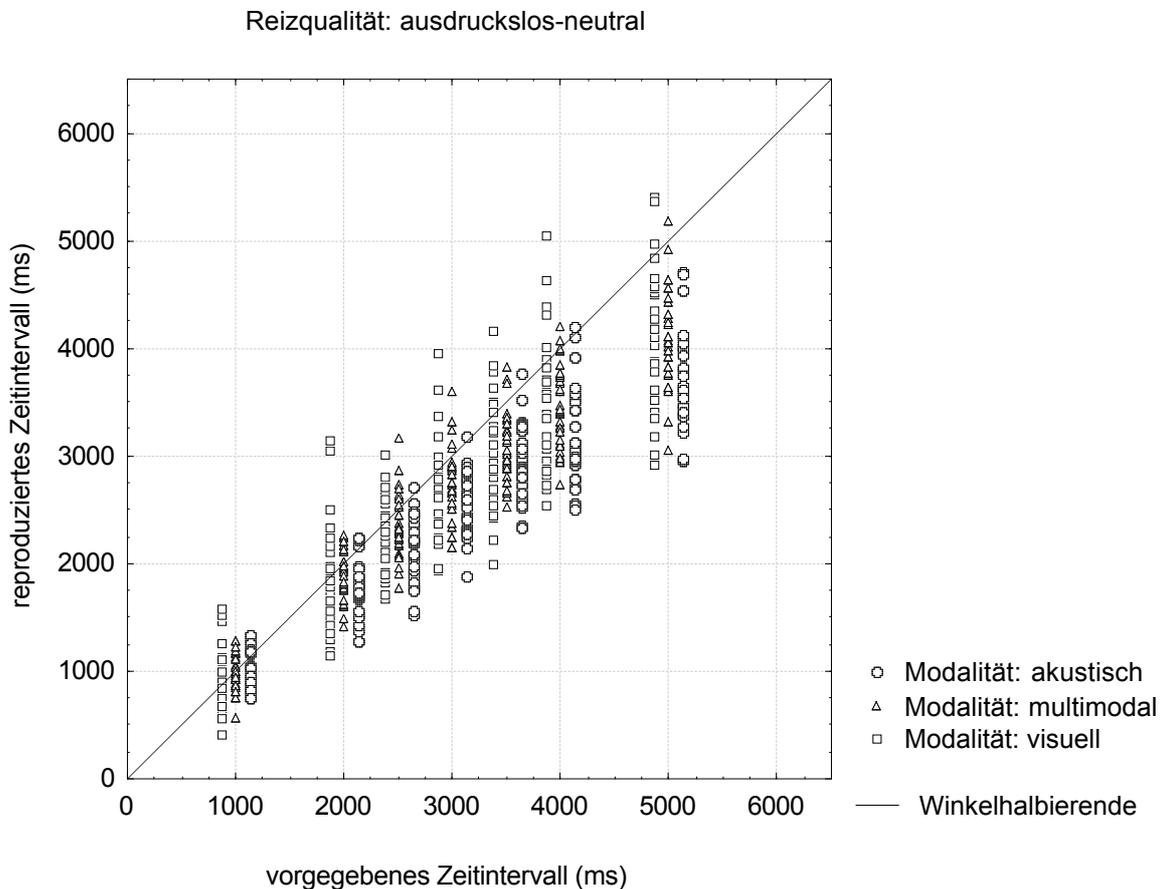


Abbildung 3.15: Zeitschätzungen der 3x 31 Vpn für Reizqualität *ausdruckslos-neutral*

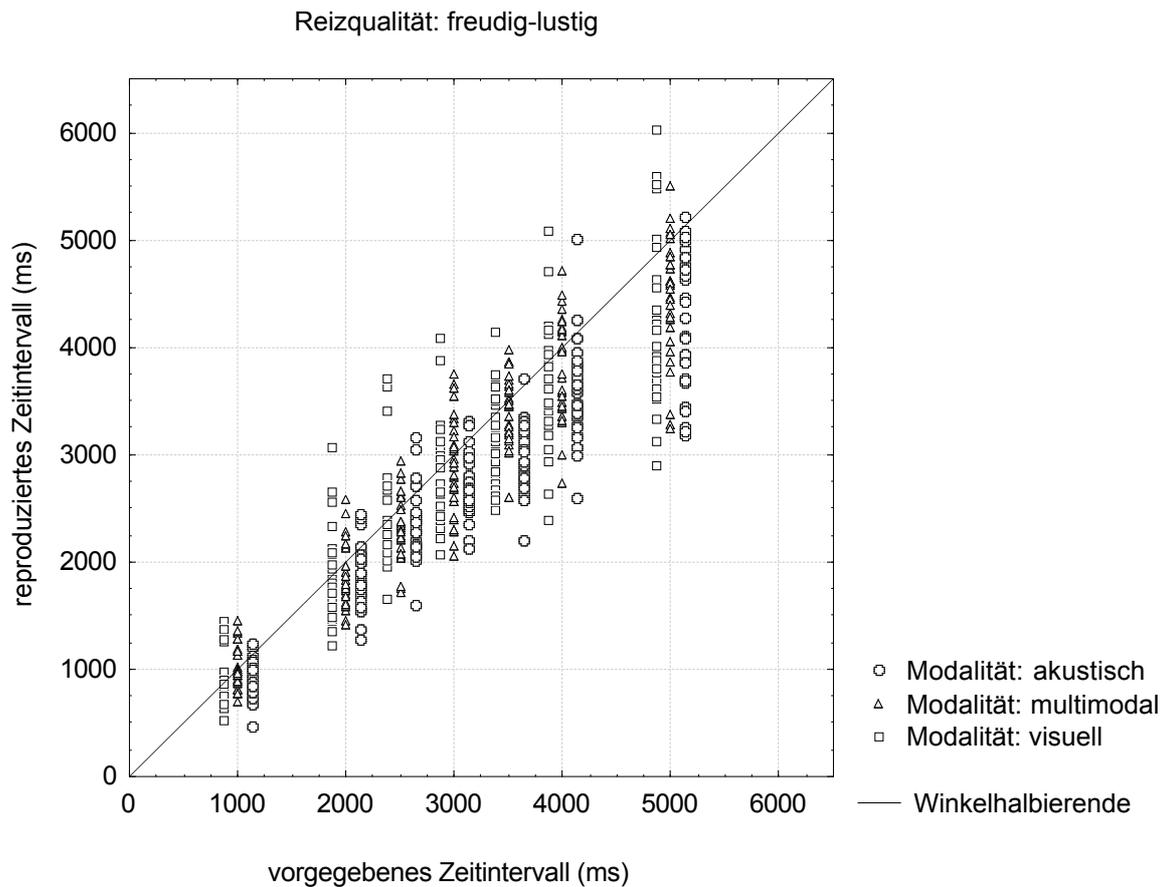


Abbildung 3.16: Zeitschätzungen der 3x 31 Vpn für Reizqualität *freudig-lustig*

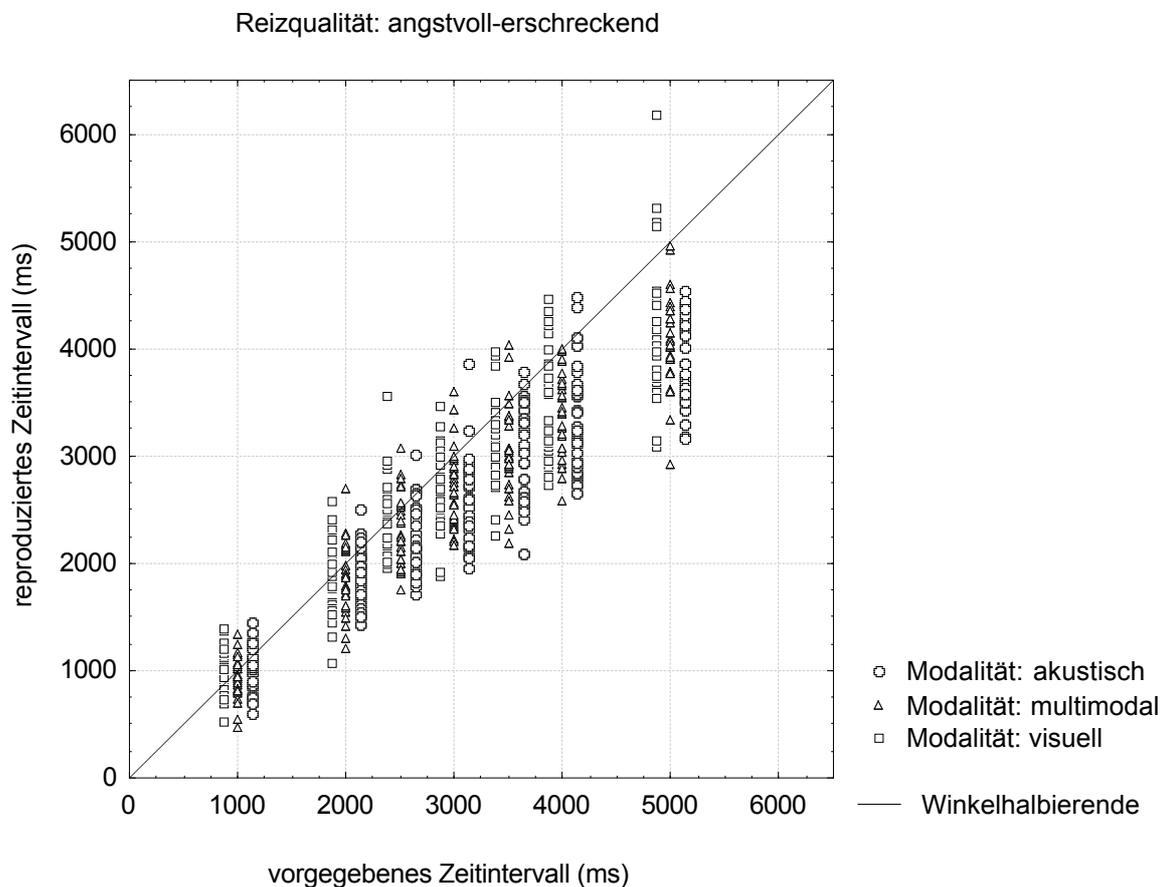


Abbildung 3.17: Zeitschätzungen der 3 x 31 Vpn für Qualität *angstvoll-erschreckend*

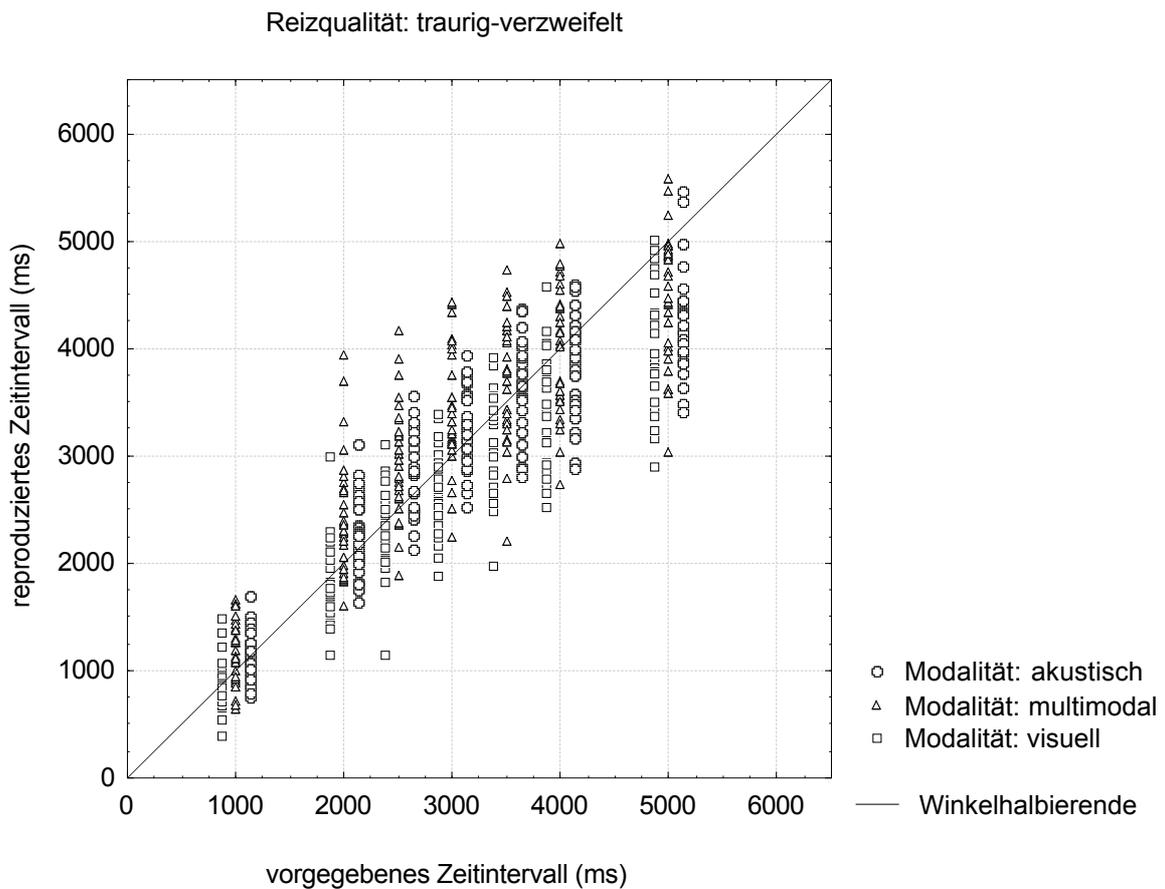


Abbildung 3.18: Zeitschätzungen der 3x 31 Vpn für Reizqualität: *traurig-verzweifelt*

Folgende Abbildung zeigt die nach Modalitäten versetzten Zeitschätzungen, ohne nach Reizqualität zu differenzieren. Für jede vorgegebene Zeitdauer und Modalität sind also 155 Punkte übereinander geplottet (31 Vpn x 5 Reizqualitäten = 155 Zeitintervalle). In Abbildung 3.19 sind also alle 3255 Messungen – genauer: Messungsmediane - dargestellt (oft aufeinander).

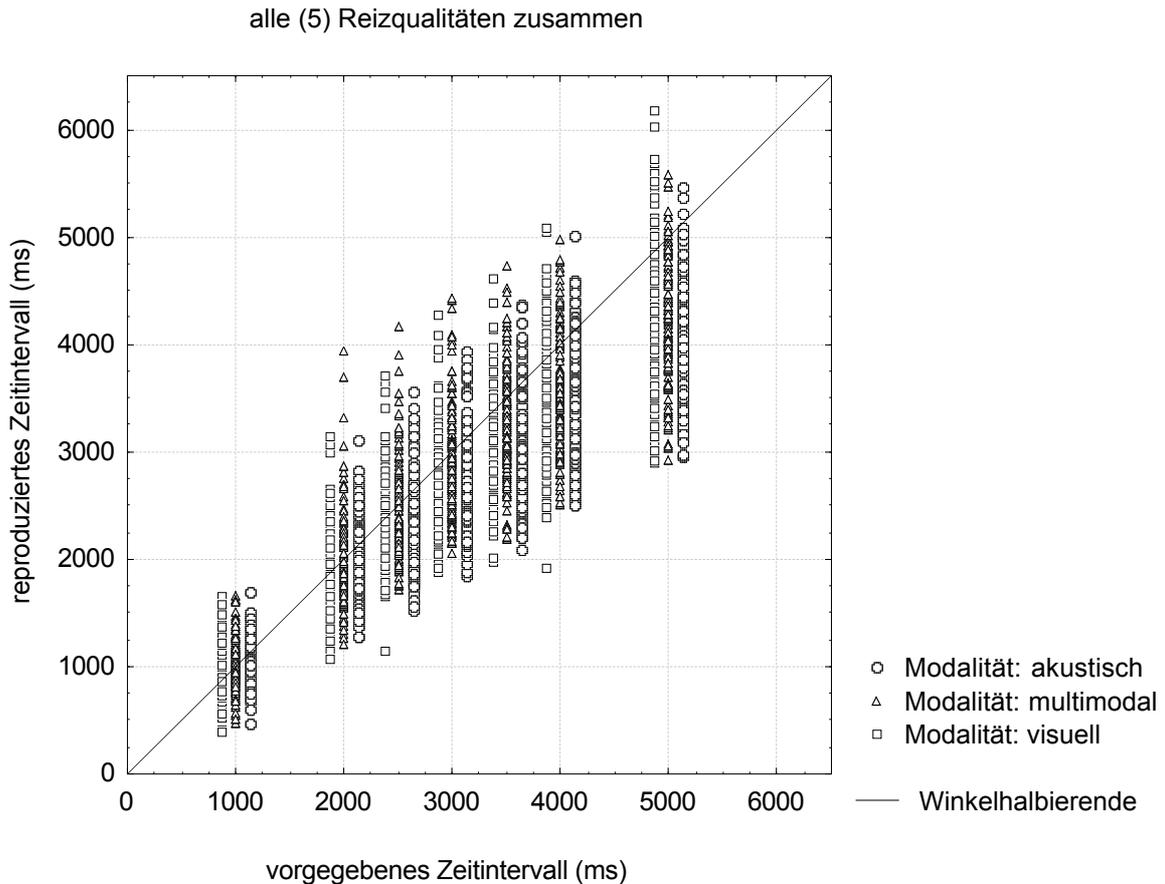


Abbildung 3.19: Scatterplot der 155 Zeitschätzungen pro Modalität und vorgegebenes Zeitintervall

Der Reihenfolge der Kurvendiagramme entsprechend zeigen Abbildung 3.20 – 3.22 nun die nach Reizqualitäten versetzten Zeitschätzungen, in 3 Grafiken für die 3 Modalitäten. Wegen der Übersichtlichkeit wurden die Punkte für die vorgegebenen Zeitintervalle 2500ms und 3500ms nicht abgebildet.

Wie bei den versetzten Modalitäten ist insbesondere bei den versetzten Reizqualitäten zu beachten: Da die nebeneinander dargestellten Reizqualitäten (bzw. ihre Symbole) eigentlich aufeinander liegen, sind ihre unterschiedlichen Schnittpunkte mit der Winkelhalbierenden (bei einem bestimmten Vorgabeintervall) ein Artefakt – die horizontale Verschiebung muss bei der Interpretation berücksichtigt werden.

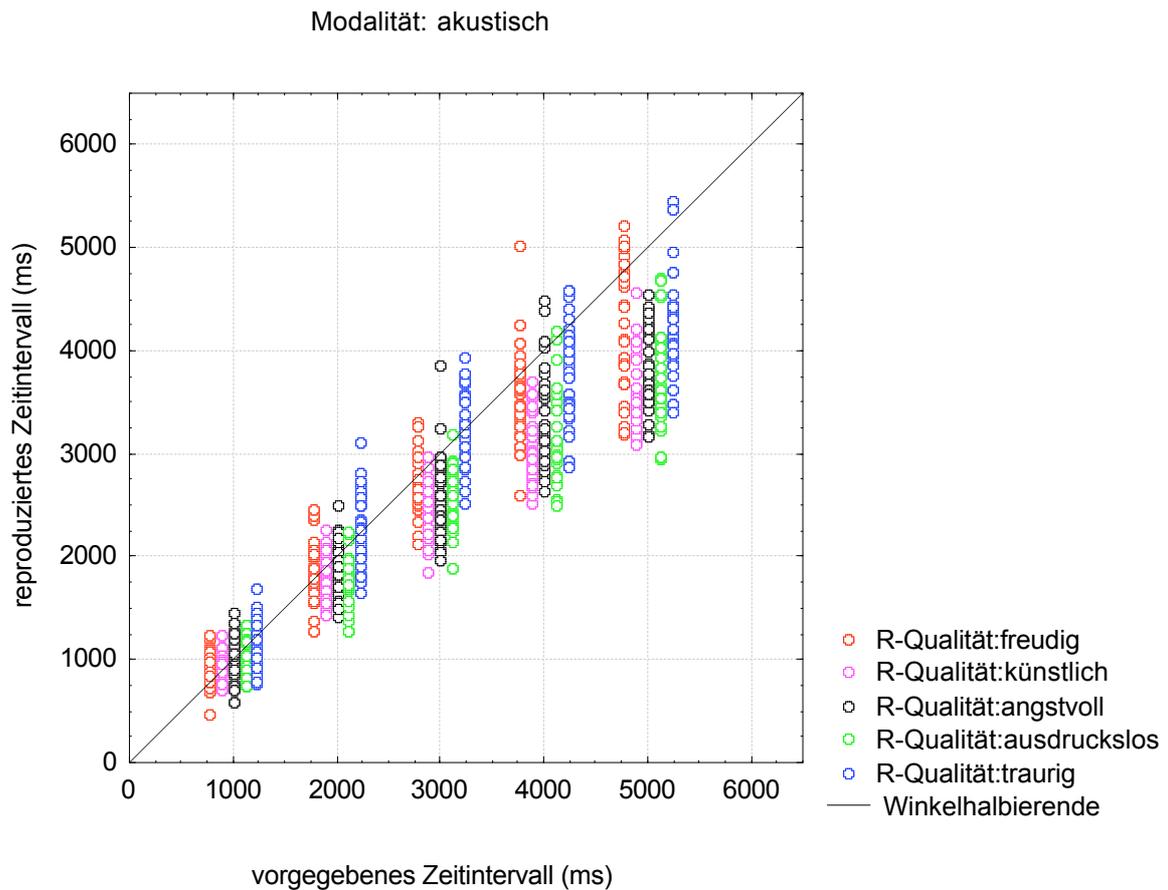


Abbildung 3.20: Zeitschätzungen der 31 Vpn bei akustisch dargebotenen Stimuli

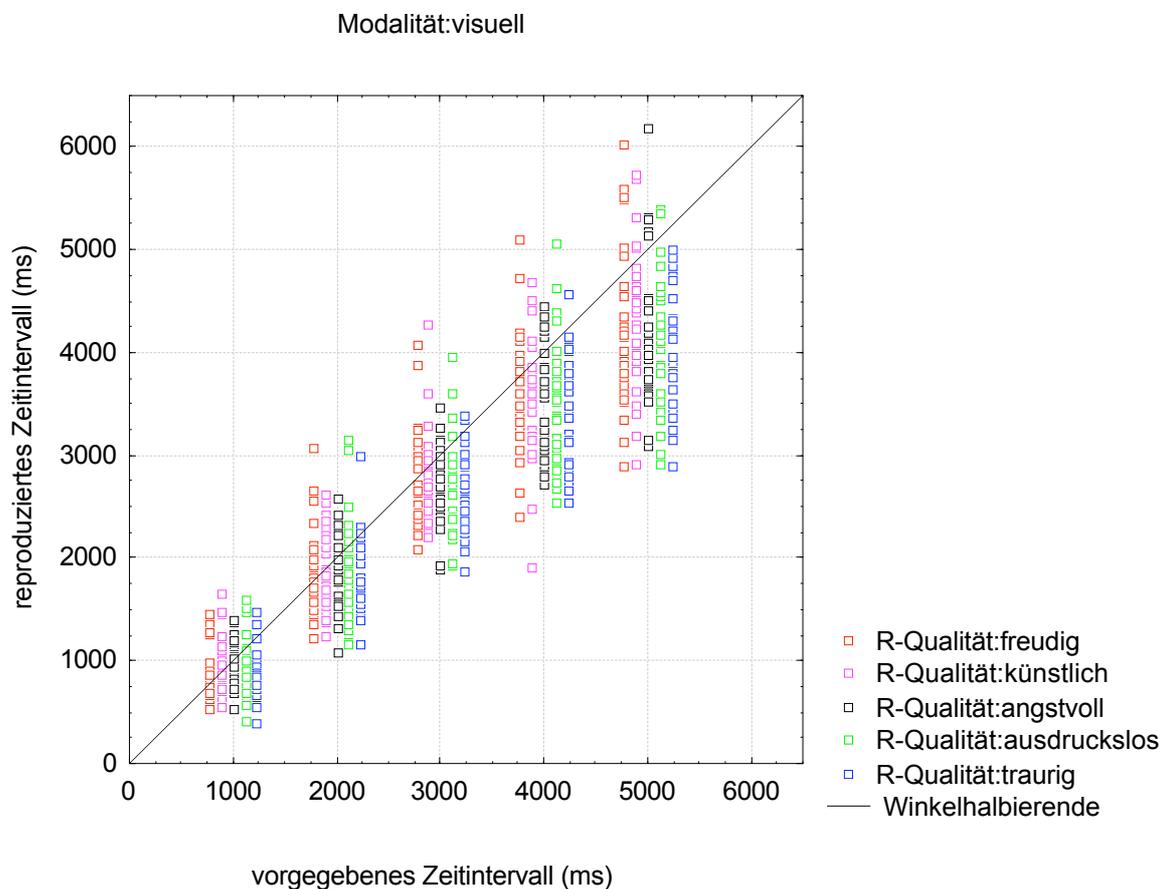


Abbildung 3.21: Zeitschätzungen der 31Vpn bei visuell dargebotenen Stimuli

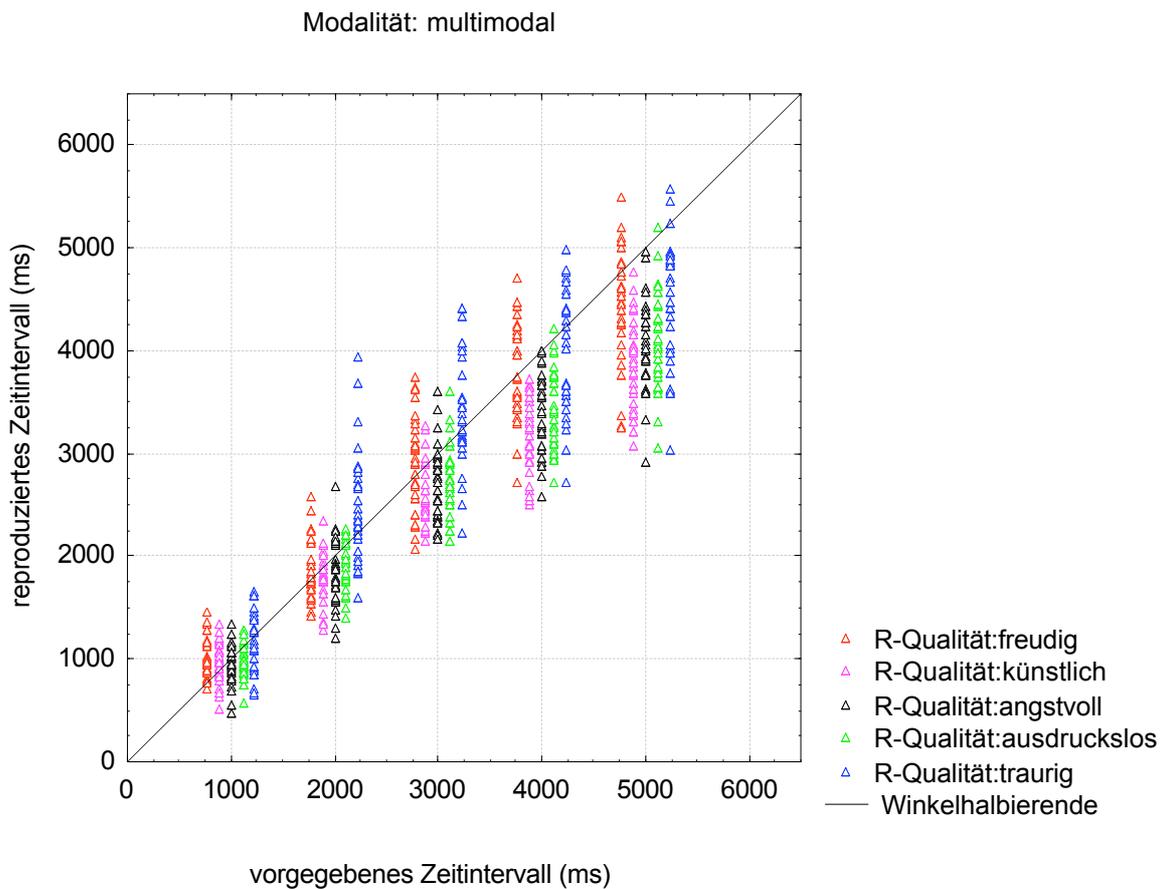


Abbildung 3.22: Zeitschätzungen der 31 Vpn bei multimodal dargebotenen Stimuli

Folgende Abbildung zeigt die nach Reizqualitäten versetzten Zeitschätzungen, ohne nach Modalität zu differenzieren. Für jede vorgegebene Zeitdauer und Reizqualität sind also 93 Punkte (Zeitschätzungen der 93 Vpn) übereinander geplottet (31 Vpn x 3 Modalitäten = 93 vorgegebene/reproduzierte Zeitintervalle).

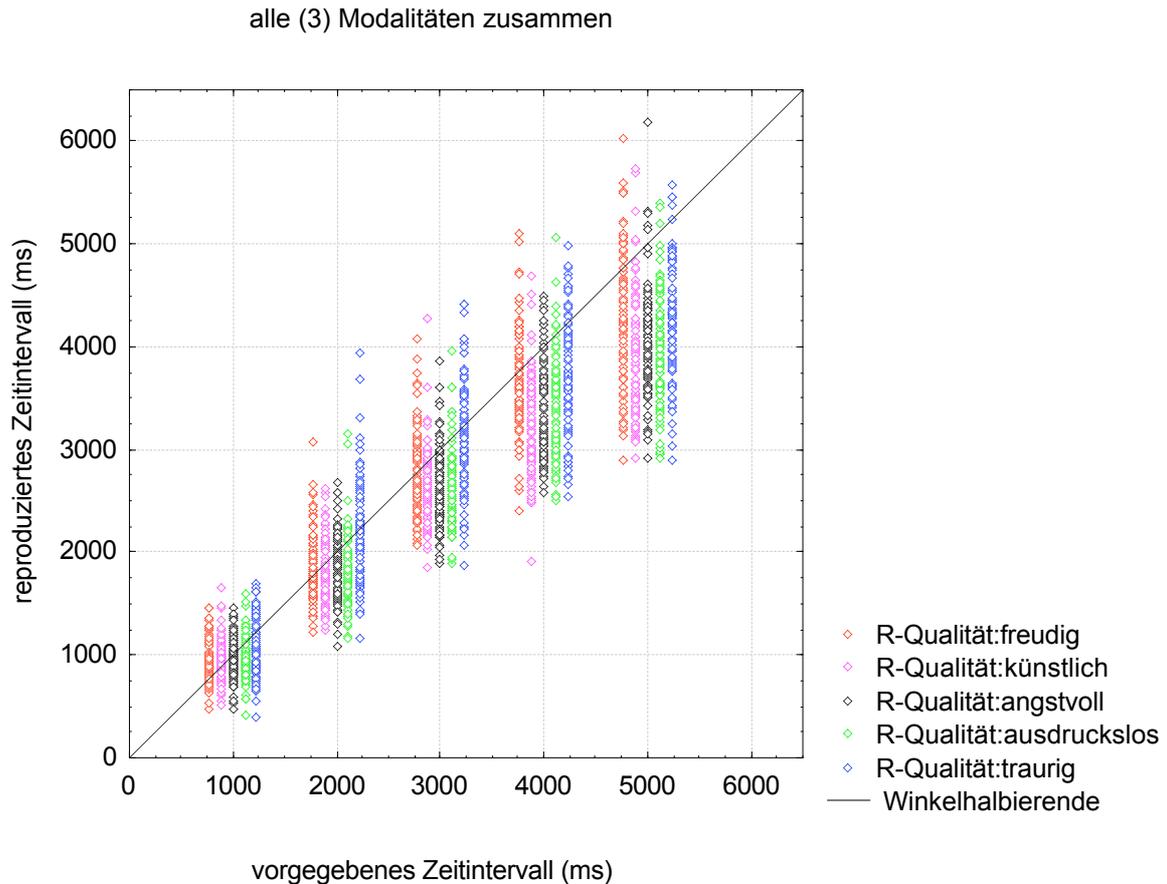


Abbildung 3.23: Zeitschätzungen der 93 Vpn, nach Reizqualität versetzt

Grafische Darstellung der Zeitschätzungen einzelner Vpn

In den (oben abgebildeten) Scatterplots liegen die Zeitschätzungen meist eng beieinander. „Ausreißer“ gibt es vor allem nach oben – aufgrund der Nulllinie bei der Zeitreproduktion (negative Zeitschätzungen sind nicht möglich) ist eine deutliche Unterschätzung „schwieriger“ und unwahrscheinlicher als eine Überschätzung, welche nach oben hin unbegrenzt ist.

Die beiden folgenden Diagramme zeigen beispielhaft, dass die äußeren Werte nicht zufällig von beliebigen Vpn stammen, sondern meistens von den gleichen (wenigen) Vpn. Fortlaufende Fallnummern beziehen sich auf dieselbe Vp und stehen jeweils oberhalb des zugehörigen (Mess-)Punktes. (Grafikdesign und Farbgebung unterscheiden sich von denen der bisherigen Grafiken.)

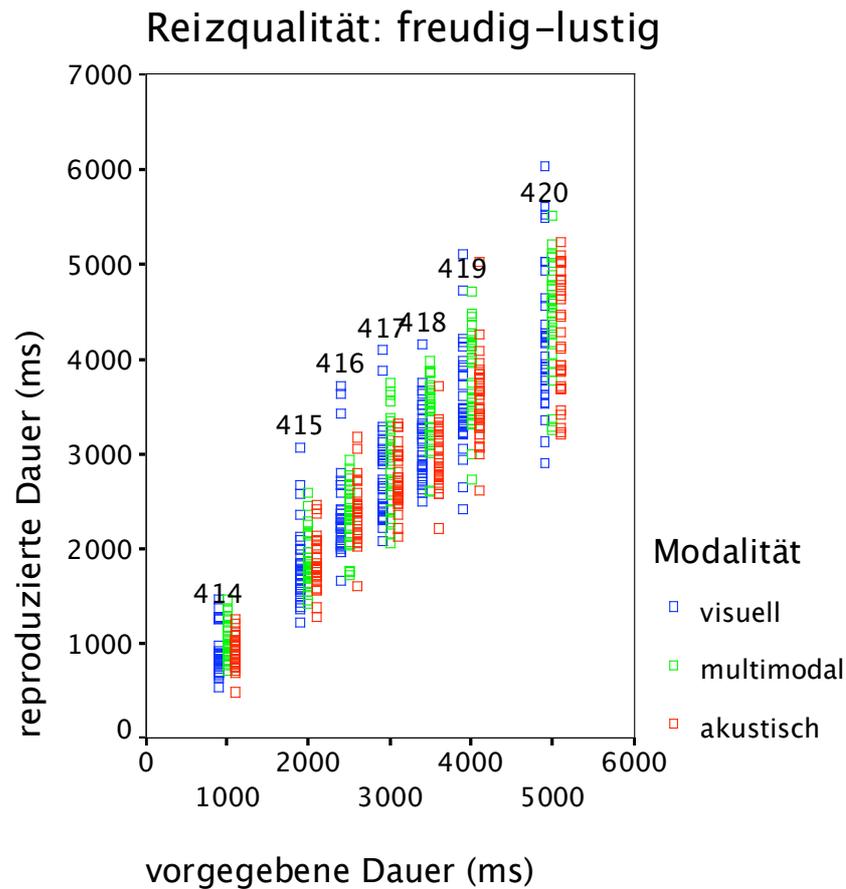


Abbildung 3.24: Fast alle Maxima stammen von derselben Vp

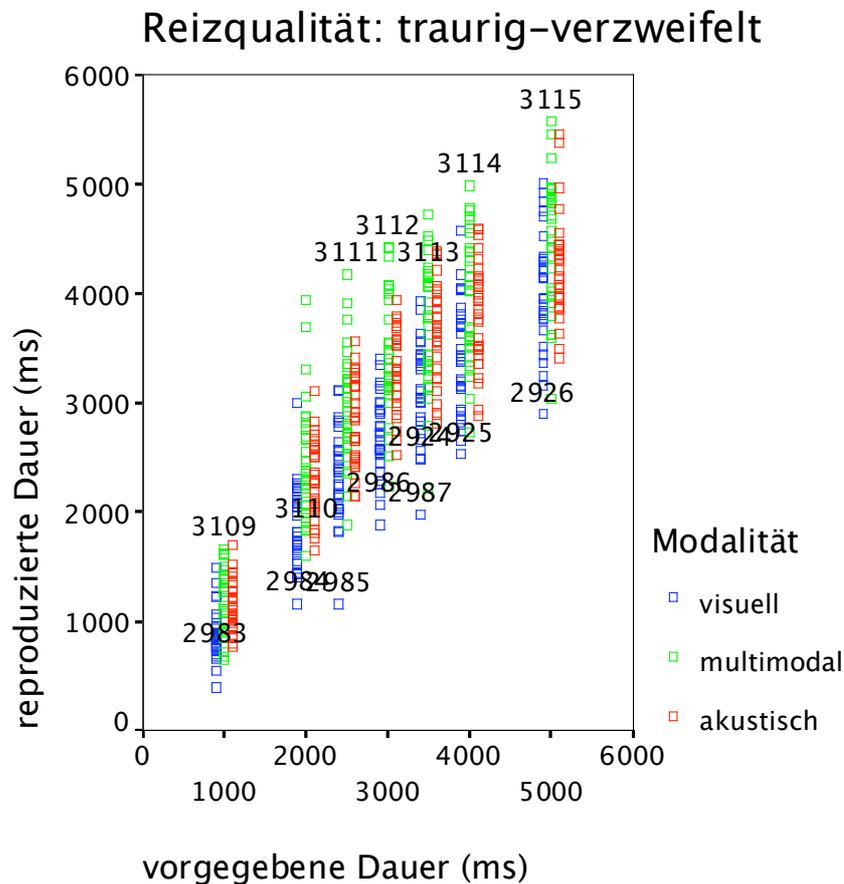


Abbildung 3.25: Auch die Minima stammen von nur 2 Vpn

3.4 Inferenzstatistik: Voraussetzungen und Modelle

In biostatistischer Literatur wird häufiger erwähnt, dass gerade biologische Forschung oftmals mit sehr komplexen Daten zu tun hat, ohne das Versuchsdesign angemessen zu berücksichtigen, u.a. feste/zufällige Effekte, „nested“ Designs (Dormann and Kühn 2004). In den folgenden Analysen wurde versucht, das Versuchsdesign möglichst differenziert abzubilden.

Voraussetzungen für varianzanalytische Verfahren

Die allgemeinen Voraussetzungen für die statistische Validität inferenzstatistischer Verfahren – Zufallsstichprobe (nur im weiteren Sinn!), Unabhängigkeit der Vpn und Intervallskalenniveau der Messungen – sind in dieser Untersuchung ohne Zweifel gegeben (siehe auch 2.1 *Die Versuchspersonen*).

Für die im Folgenden verwendeten Verfahren sind insbesondere 3 Verteilungsannahmen von Bedeutung: Normalverteilung der Kriteriumsvariablen in der Grundgesamtheit, Varianzhomogenität der Vergleichsgruppen bzw. Fehlervarianzen und Zirkularität/Sphärizität:

- Tests und Überlegungen zur Normalverteilung wurden schon oben dargestellt (siehe 2.7 *Methoden der Datenauswertung* und 3.1 *Aufbereitung der Messdaten*).

- Vor allen folgenden Analysen wurde jeweils der Levene-Test auf Gleichheit der Varianzen durchgeführt. Wie schon erläutert (2.7 *Methoden der Datenauswertung*), ist eine Varianzheterogenität bei gleicher Zellenbesetzung unerheblich. Daher wurden die Analysen nach dem Allgemeinen Linearen Modell auch bei signifikantem Levene-Test gerechnet und ausgewertet.

Für die Voraussetzung der Normalverteilung und der Varianzhomogenität „... gilt die Faustregel, dass die Varianzanalyse bei Stichproben bzw. Experimenten mit gleichen Zellenbesetzungen verhältnismäßig robust gegenüber Verletzungen der Prämissen ihres linearen Grundansatzes ist.“ (Backhaus, Erichson et al. 2003). Dieses gilt insbesondere bei Zellenbesetzungen $N > 10$ (Bortz 1999) - in der hier dargestellten Untersuchung ist $N \geq 31$.

Für die 4 Kontrollvariablen sind allerdings die Zellenbesetzungen nicht gleich. Bei ihren einfaktoriellen Varianzanalysen (ohne Messwiederholung) wurden bei möglicher Verletzung der Varianzhomogenität – wenn also eine Überschreitungswahrscheinlichkeit / Signifikanzniveau von 10% und kleiner vorlag – zusätzlich die für einen solchen Fall vorgesehenen, robusten Alternativtests Brown-Forsythe und Welch gerechnet. In allen Fällen führten diese zum gleichen Ergebnis wie die auf dem F-Test beruhenden Analysen. Was nicht weiter verwunderlich ist, da sich bei zunehmenden Stichproben-
größen die Verteilungen dieser Teststatistiken der F-Verteilung annähern.

- Für die Varianzanalyse mit Messwiederholung ist zusätzlich die Zirkularität oder Sphärizität Voraussetzung (siehe Bortz 1999; Hussy and Jain 2002). Eine Verletzung der Sphärizitätsannahme, die bei den folgenden Messwiederholungsanalysen durch den Mauchly-Test oft angezeigt wurde, führt zu progressiven Entscheidungen. Um dies zu vermeiden, müssen die Freiheitsgrade des F-Tests korrigiert werden. Für die Signifikanzentscheidungen wurden daher die Korrekturen nach Huynh-Feldt, Greenhouse-Geisser und der theoretischen Untergrenze des Korrekturfaktors Epsilon verwendet. (Führen diese Korrekturen zu gleichen Ergebnissen, so wurden nur die Ergebnisse für die maximale Abweichung von der Sphärizität – Untergrenze/lower bound – angegeben.)

Die tatsächlichen Ergebnisse der folgenden Analysen relativieren mögliche Verletzungen der Voraussetzungen nochmals - die hier untersuchten Effekte sind so deutlich signifikant ($p < 0,000$!), dass nur die Einschätzung ihrer *Relevanz* (über Eta-Quadrat bzw. partielles Eta-Quadrat) entscheidend ist!

Statistische Modellierung des Versuchsdesigns inklusive Vpn

Um die Bedeutung der wichtigsten Einflussfaktoren beurteilen zu können, wurde mit Unterstützung von Dr. Christian Hennig und Prof. Holger Drees vom Fachbereich Mathematik der Uni HH ein varianzanalytische Modell an die spezifischen Bedingungen der durchgeführten Versuchsreihen angepasst:

$$Y_{ijk} = u + a_i + b_j + c_k + dx + e_{jk} + f_jx + g_kx + h_{jk}x + (l_{ij} + m_{ik} + n_ix) + \dots + e$$

Y_{ijk} – reproduzierte Dauer; i – Vpn; j – Modalität; k – Reizqualität

u – Konstante/Intercept (Achsenabschnitt)

a_i – Vpn, Versuchsperson (zufälliger Effekt)

b_j – Modalität (fester Effekt)

c_k – Reizqualität (fester Effekt)

x – vorgegebenes Zeitintervall (Kovariate)

d – (Regressions)Steigung

e_{jk} – Wechselwirkung Modalität-Reizqualität

f_j – Modalitätsspezifische Steigung

g_k – Reizqualitätsspezifische Steigung

h_{jk} – spezifische Steigung der Modalität-Reizqualität-Kombination

$(l_{ij} + m_{ik} + n_ix)$ – Wechselwirkungen mit Vpn (zufällige Effekte)

e – Fehlerterm

Die mit „...“ angedeuteten Wechselwirkungen zwischen 3 Faktoren (Interaktionseffekte 2. Ordnung) sind eher hypothetischer Natur.

In das Modell wurde eine Konstante aufgenommen, obwohl angenommen werden kann, dass bei einem vorgegebenen Zeitintervall von 0 ms die reproduzierte Dauer auch ungefähr 0 ms betragen würde. Das Niveau aller anderen Zeitschätzungen wird jedoch nicht vollständig durch die unabhängigen Variablen erklärt. Analysen nach dem Allgemeinen Linearen Modell mit nur einer Einflussgröße/Faktor ergeben ohne die Einbeziehung einer Konstanten sogar unsinnig hohe Effektgrößen. Bei den weiter unten abgebildeten Analysen mit allen 4 Einflussgrößen und deren Wechselwirkungen ist die Varianzaufklärung der Konstante dann allerdings deutlich geringer.

Die Wechselwirkungen zwischen Faktoren und Kovariate sind in obigem Modell nicht beschrieben, wurden aber berechnet und sind in den Tabellen weiter unten angegeben.

Da sowohl feste als auch zufällige Faktoren/Effekte enthalten sind, handelt es sich um ein *gemischtes Modell* (mixed model).

Durch die Aufnahme des Faktors Vpn in das Modell kann im Unterschied zu den unten beschriebenen Messwiederholungsanalysen auch der Einfluss der unterschiedlichen Vpn-Persönlichkeiten betrachtet werden. Ob dadurch aber auch die Abhängigkeit der Messungen an derselben Vpn ausreichend berücksichtigt wird, beurteilten die befragten Statistiker unterschiedlich. (Auch wegen der mangelhaften Dokumentation der den SPSS-Analysen zugrunde liegenden Algorithmen konnte dieser Punkt nicht endgültig geklärt werden.)

Im Allgemeinen gilt aber, dass Varianzanalysen ohne Messwiederholung konservativer entscheiden als die entsprechenden Varianzanalysen mit Messwiederholung; weil bei Analysen ohne Messwiederholung interindividuelle Unterschiede Teil der Fehlervarianz sind, gegen die die Effekte getestet werden, bei Messwiederholungsanalysen dagegen nicht (Hussy and Jain 2002). Allerdings ist bei den Analysen ohne Messwiederholung die Stichprobengröße N sehr groß, da alle Messungen als Fälle gerechnet werden – die Signifikanzentscheidung fällt also progressiver aus. Bei der Interpretation der Signifikanzen der Analysen ohne Messwiederholung ist also Vorsicht geboten; Effekte bzw. Quadratsummen und Effektgrößen sind aber in jedem Fall statistisch valide.

Um obige varianzanalytische Modellanpassung mit SPSS zu berechnen ist ein Aspekt von besonderer Bedeutung: Der Untersuchung liegt ein so genanntes *nested design* (hierarchischer Versuchsplan, siehe auch (Bortz 1999; Bühl and Zöfel 2002)) zugrunde: Die akustische, visuelle und multimodale Versuchreihe wurden von 3 *verschiedenen* Gruppen mit jeweils 31 Vpn (also insgesamt 93 Vpn) absolviert. Andernfalls hätte es relevante Übungeffekte und sicherlich eine Abnutzung der Emotionsinduktion gegeben. Die (Einfluss-)Faktoren Vpn und Modalität sind also nicht in allen möglichen Faktorstufen-Kombinationen „eingesetzt“/kombiniert worden, sondern sind ineinander verschachtelt – die Stufen des Faktors Vpn sind in die Stufen des Faktors Modalität „hineingeschachtelt“ (nested).

Jede Versuchsreihe für sich hat ein *within groups design* - Faktor Reizqualität und Kovariate Reizdauer wurden in allen möglichen Faktorstufen-Kombinationen an derselben Vpn-Gruppe eingesetzt.

Da es sich beim Faktor Vpn nicht nur um einen Faktor mit zufälligen Effekten, sondern auch um eine Einflussgröße mit zufälliger Variabilität und 93 Faktorstufen handelt, ist

die *inhaltliche* Bedeutung dieser Verschachtelung wenig relevant. Die Standardverfahren von SPSS 11 können für ein solches Design jedoch keine Haupteffekte und keine Interaktionen des verschachtelten Faktors berechnen (Fehlermeldung: „Cannot compute the appropriate term using Satterthwaite’s method.“) Mittels SPSS Befehlssyntax, nämlich dem Unterbefehl /DESIGN für GLM-Univariate bzw. UNIANOVA, konnte das *nested design* berücksichtigt werden, siehe: (SPSS 2002; Cohen 2004).

Statistische Modellierung des Messwiederholungsdesigns

In der hier dargestellten Studie kann der Begriff *Messwiederholung* zu Missverständnissen führen. An jeder Vp wurden 5 identische Messungen (gleiche Reizqualität, gleiche Reizdauer) durchgeführt. Diese ‚Wiederholungsmessungen‘ wurden mittels des Medians zusammengefasst.

Aber dem aus dieser „Medianisierung“ resultierenden Datensatz liegt immer noch ein Messwiederholungsdesign (im engeren Sinne) zugrunde: Wenn verschiedene Messungen an derselben Vp genommen werden, spricht man (auch) von Messwiederholung (oder von *within-subjects design, related groups design*).

Im Rahmen der Messwiederholungsanalyse gibt es also 1 Zwischen-Subjekt-Faktor (Modalität) und 2 Innersubjekt-Faktoren (Reizqualität und Reizdauer).

Die Signifikanz und Größe des Effektes eines Faktors bei varianzanalytischen Verfahren hängt auch davon ab, ob und welche anderen Faktoren und Interaktionen gleichzeitig mittels welcher Methode berechnet werden. (Differenziertere Überlegungen dieser Art finden sich z.B. bei (Cohen 2004).) Eine Modellierung, die alle *wichtigen* Einflussgrößen und Wechselwirkungen berücksichtigt, erscheint am sinnvollsten und wurde hier versucht. Die gleichzeitige Überprüfung mehrerer Variablen auf ihren Effekt hin kontrolliert den simultanen Einfluss der Faktoren. Dies verhindert Scheinsignifikanzen und ebenso Fehlinterpretationen, die sonst bei bestehenden Wechselwirkungseffekten auftreten könnten.

Allerdings konnten nicht alle Einflussfaktoren und ihre Interaktionen in *einer* Analyse gerechnet werden: SPSS (und die Vernunft) setzten Grenzen, was die Anzahl der Faktoren, der Wechselwirkungen und den Verschachtelungsgrad angeht. Die Faktoren Alter, Händigkeit, Temperatur und Extraversion, die nur zur Kontrolle erhoben wurden,

sind nicht nur (wie auch Vpn) verschachtelt – ihre gemeinsame Analyse widerspräche auch dem varianzanalytischen Ansatz, da sie nicht unabhängig sind, sondern sich in ihrer Wirkung deutlich überlappen (Extraversion ist z.B. nur ein Aspekt von Vpn).

Zudem kann es manchmal informativer sein, einen Faktor zuerst für sich alleine bzw. die Hauptfaktoren ohne Interaktionen zu betrachten. Daher und aus systematischen Gründen wurden die Einflussfaktoren zunächst mit einfaktoriellen Varianzanalysen (siehe *Einfaktorielle Varianzanalysen*) untersucht, um sie dann sukzessive im Ensemble zu analysieren (siehe *Mehrfaktorielle Analysen*). Der Übersichtlichkeit halber wurde auf die Abbildung redundanter Ergebnisse, die also keine Mehrung *relevanter* Information bringen, verzichtet.

Übersetzung der Überschriften / Legende für alle folgenden Tabellen

GLM = General Linear Model = ALM = Allgemeines Lineares Modell

Homogeneity of Variances – Varianzhomogenität

df – degrees of freedom – Freiheitsgrad

Oneway Anova – einfaktorielle Varianzanalyse

Sig. – Signifikanz

Sum of Squares – Summe der Abweichungsquadrate

Mean Square – Mittel der Quadrate = Varianz !

Std. Deviation – Standardabweichung

Descriptives – deskriptive Statistiken

Within-Subjects Effects – Innersubjektfaktoren

Between-Subjects Effects - Zwischensubjektfaktoren

Sphericity Assumed – Sphärizität angenommen

Lower-Bound – Untergrenze

Dauer – vorgegebenes Zeitintervall

Quality – Reizqualität

Mode – Modalität

Vpn - Versuchsperson

3.5 Inferenzstatistische Analysen

Einfaktorielle Varianzanalysen (ohne Berücksichtigung der Messwiederholung)

4 Variablen/Kontrollfaktoren wurden mehr aus Gründen der Vollständigkeit / Sorgfalt als aus Gründen der möglichen Relevanz erhoben: Temperatur im Untersuchungsraum, Händigkeit, Extraversion und Alter der Vpn. Da bei diesen 4 Faktoren nicht alle Faktorstufen gleich besetzt sind – es sich also um ein unbalanciertes Design (mit Missing Values) handelt – ist die Aussagekraft dieser Analysen reduziert.

Folgende Tabellen zeigen die Homogenitätstests (nach Levene) und Varianzanalysen (F-Tests und gegebenenfalls Brown-Forsythe/Welch-Tests) für diese Faktoren. Als Schätzer der Effektgröße wurde Eta-Quadrat per Hand/Taschenrechner berechnet und hinzugefügt.

$$Eta^2 = SAQ_{zwischen} : SAQ_{total} = Sum\ of\ Squares_{between} : Sum\ of\ Squares_{total}$$

Tabelle 3.6: unabhängige Variable - TEMPERATUR

Test of Homogeneity of Variances Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1,290	12	2157	,217

ANOVA Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	42319749,857	12	3526645,821	3,010	,000	0,016
Within Groups	2527510219,692	2157	1171771,080			
Total	2569829969,548	2169				

Die Analyse des Händigkeitseinflusses hat kaum Aussagekraft, da nur 5 von den 93 Vpn Linkshänder waren.

Tabelle 3.7: unabhängige Variable - HÄNDIGKEIT

Test of Homogeneity of Variances Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5,286	1	3253	,022

ANOVA						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	4410818,694	1	4410818,694	3,923	,048	0,001
Within Groups	3657777889,276	3253	1124432,182			
Total	3662188707,969	3254				
Robust Tests of Equality of Means						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Statistic(a)	df1	df2	Sig.		
Welch	4,853	1	199,949	,029		
Brown-Forsythe	4,853	1	199,949	,029		
a Asymptotically F distributed.						

Tabelle 3.8: unabhängige Variable - EXTRAVERSION

Test of Homogeneity of Variances				
Dependent Variable: reproduzierte Dauer				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
1,275	10	2159	,239	

ANOVA						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	25938109,457	10	2593810,946	2,201	,015	0,010
Within Groups	2543891860,091	2159	1178273,210			
Total	2569829969,548	2169				

Berechnet man den Einfluss der Extraversion nach dem Allgemeinen Linearen Modell (GLM-univariate) mit Extraversion als Kovariate ergibt sich keine Signifikanz bzw. eine noch geringere Effektgröße: Partielles Eta-Quadrat < 0,000 (je nachdem welche Faktoren und Wechselwirkungen berücksichtigt werden).

Tabelle 3.9: unabhängige Variable - ALTER

Test of Homogeneity of Variances				
Dependent Variable: reproduzierte Dauer				
Levene Statistic	df1	df2	Sig.	
,528	13	3241	,909	

ANOVA						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	14504625,337	13	1115740,411	,991	,457	0,004
Within Groups	3647684082,632	3241	1125481,050			
Total	3662188707,969	3254				

Folgende Tabellen zeigen die Homogenitätstests (nach Levene) und Varianzanalysen (F-Tests und gegebenenfalls Brown-Forsythe/Welch-Tests) und Mittelwerttabellen (bzw. Mittelwertplot für Vpn) für die 4 Einflussgrößen aus dem oben dargestellten varianzanalytischen Modell. Als Schätzer der Effektgröße wurde auch hier Eta-Quadrat per Hand berechnet und hinzugefügt.

Tabelle 3.10: unabhängige Variable – MODALITÄT

Descriptives						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
akustisch	1085	2620,17	1001,463	30,403	2560,51	2679,83
multimodal	1085	2749,60	1078,539	32,743	2685,36	2813,85
visuell	1085	2660,07	1097,012	33,304	2594,73	2725,42
Total	3255	2676,62	1060,869	18,595	2640,16	2713,07

Test of Homogeneity of Variances			
Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5,074	2	3252	,006

ANOVA						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	9533832,826	2	4766916,413	4,244	,014	0,003
Within Groups	3652654875,143	3252	1123202,606			
Total	3662188707,969	3254				

Robust Tests of Equality of Means				
Dependent Variable: reproduzierte Dauer				
	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	4,319	2	2164,456	,013
Brown-Forsythe	4,244	2	3232,776	,014

a Asymptotically F distributed.

Tabelle 3.11: unabhängige Variable – REIZQUALITÄT

Descriptives Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean	
					Lower Bound	Upper Bound
Lachen	651	2723,05	1126,346	44,145	2636,36	2809,73
Sinus-Ton	651	2528,99	986,213	38,653	2453,09	2604,89
Schreien	651	2612,30	1021,008	40,016	2533,72	2690,88
gesungenes „AAA“	651	2579,01	1012,377	39,678	2501,10	2656,92
Weinen	651	2939,73	1103,855	43,263	2854,78	3024,68
Total	3255	2676,62	1060,869	18,595	2640,16	2713,07

Test of Homogeneity of Variances Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
5,662	4	3250	,000

ANOVA Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	69552336,587	4	17388084,147	15,730	,000	0,019
Within Groups	3592636371,382	3250	1105426,576			
Total	3662188707,969	3254				

Robust Tests of Equality of Means Dependent Variable: reproduzierte Dauer				
	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	15,197	4	1623,946	,000
Brown-Forsythe	15,730	4	3214,479	,000

a Asymptotically F distributed.

Tabelle 3.12: unabhängige Variable – REIZDAUER (vorgegebenes Zeitintervall)

Descriptives								
Dependent Variable: reproduzierte Dauer								
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error	95% Confidence Interval for Mean		Minimum	Maximum
					Lower Bound	Upper Bound		
1000	465	977,35	228,355	10,590	956,54	998,16	387	1697
2000	465	1916,22	386,682	17,932	1880,99	1951,46	1080	3940
2500	465	2374,00	414,937	19,242	2336,18	2411,81	1151	4172
3000	465	2769,31	455,139	21,107	2727,84	2810,79	1845	4421
3500	465	3126,80	480,235	22,270	3083,03	3170,56	1973	4723
4000	465	3469,62	530,053	24,581	3421,32	3517,92	1917	5094
5000	465	4103,02	595,139	27,599	4048,78	4157,25	2895	6182
Total	3255	2676,62	1060,869	18,595	2640,16	2713,07	387	6182

Test of Homogeneity of Variances			
Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
Levene Statistic	df1	df2	Sig.
55,234	6	3248	,000

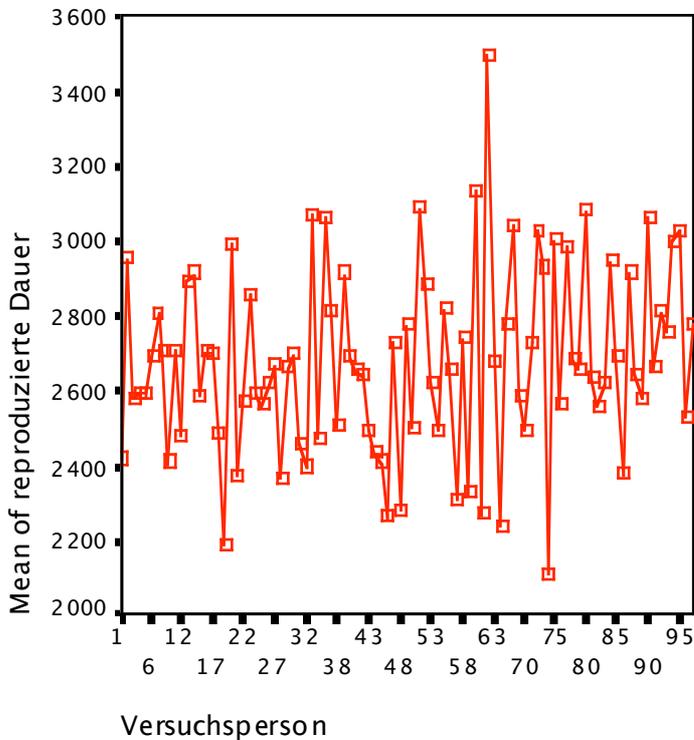
ANOVA						
Dependent Variable: reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	2990889281,952	6	498481546,992	2411,842	,000	0,817
Within Groups	671299426,017	3248	206680,858			
Total	3662188707,969	3254				

Robust Tests of Equality of Means				
Dependent Variable: reproduzierte Dauer				
	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	3818,378	6	1419,972	,000
Brown-Forsythe	2411,842	6	2734,215	,000

a Asymptotically F distributed.

Anstelle der Mittelwerttabelle für Vpn (mit 93 Spalten) wird das übersichtlichere Mittelwertplot abgebildet.

Tabelle 3.13: unabhängige Variable - VERSUCHSPERSON



Levene's Test of Equality of Error Variances(a)			
Dependent Variable: reproduzierte Dauer			
F	df1	df2	Sig.
1,258	92	3162	,051
Tests the null hypothesis that the error variance of the dependent variable is equal across groups.			
a Design: Intercept+VPN			

ANOVA						
Dependent Variable:reproduzierte Dauer						
	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Eta ²
Between Groups	197963701,055	92	2151779,359	1,964	,000	0,054
Within Groups	3464225006,914	3162	1095580,331			
Total	3662188707,969	3254				

Robust Tests of Equality of Means				
Dependent Variable:reproduzierte Dauer				
	Statistic(a)	df1	df2	Sig.
Welch	2,010	92	1076,903	,000
Brown-Forsythe	1,964	92	2965,330	,000
a Asymptotically F distributed.				

Mehrfaktorielle Analysen

Aufgrund der größeren Präzision wurden auch mit den 4 (Kontroll-)Variablen Alter, Händigkeit, Temperatur (im Untersuchungsraum) und Extraversion (der Vp) Messwiederholungsanalysen gerechnet (mit Reizqualität und Reizdauer als Innersubjektfaktoren). Da bei diesen 4 Faktoren nicht alle Faktorstufenkombinationen gleich besetzt sind – es sich also um ein unbalanciertes Design mit Missing Values handelt – ist auch die Aussagekraft dieser Analysen reduziert. Die unten abgebildeten Analyseergebnisse werden aber von Datenmustern und Interaktionsdiagrammen (die hier aus Platzgründen nicht abgebildet sind) bestätigt.

Tabelle 3.14: Analysen der Zwischensubjektfaktoren Alter, Händigkeit, Temperatur und Extraversion mittels GLM-repeated measures

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	7198640199,545	1	7198640199,545	2834,047	,000	,982
EXTRAVERSION	25938109,457	10	2593810,946	1,021	,439	,167
Error	129542873,691	51	2540056,347			

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	14340439130,422	1	14340439130,422	6175,190	,000	,987
ALTER	14504625,337	13	1115740,411	,480	,929	,073
Error	183459075,718	79	2322266,781			

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	6447498457,607	1	6447498457,607	2791,834	,000	,983
TEMPERATUR	42319749,857	12	3526645,821	1,527	,147	,272
Error	113161233,292	49	2309412,924			

Tests of Between-Subjects Effects						
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	4490643502,130	1	4490643502,130	2111,302	,000	,959
HÄNDIGKEIT	4410818,694	1	4410818,694	2,074	,153	,022
Error	193552882,361	91	2126954,751			

Tabellen 3.15 und 3.16 zeigen die Ergebnisse der Analysen nach dem ALM ohne Berücksichtigung der Messwiederholung (GLM-univariate), erst ohne und dann mit dem Zufallsfaktor Vpn. Eta-Quadrat wurde auch hier per Hand berechnet. Sowohl bei Analysen mit Zufallsfaktoren als auch bei den Messwiederholungsanalysen weiter unten gibt SPSS keine Gesamtquadratsumme aus, die für die Berechnung von Eta-Quadrat benötigt wird. Ein Tipp von Timothy Levine von der Michigan State University (per E-Mail; siehe auch (Levine and Hullett 2002)) half hier weiter – die Analysen wurden zusätzlich mit Vpn als festem Faktor gerechnet – was zwar zu unterschiedlichen Fehlertermen, F-Werten und Signifikanzen führt, aber zu identischen Quadratsummen, die zur Berechnung von Eta-Quadrat verwendet werden konnten.

Tabelle 3.15: Analyse nach dem ALM mit den festen Faktoren Modalität (mode), Reizqualität (quality) und Kovariante Reizdauer (dauer); GLM-univariate

Tests of Between-Subjects Effects							
Dependent Variable: reproduzierte Dauer							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta ²
Corrected Model	3108559541,243(a)	29	107191708,319	624,413	,000	,849	,849
Intercept	53485154,138	1	53485154,138	311,562	,000	,088	
MODE	3193981,940	2	1596990,970	9,303	,000	,006	,001
QUALITY	8177234,113	4	2044308,528	11,909	,000	,015	,002
DAUER	2964086159,956	1	2964086159,956	17266,391	,000	,843	,809
MODE * QUALITY	3011319,977	8	376414,997	2,193	,025	,005	,001
MODE * DAUER	5295775,339	2	2647887,670	15,424	,000	,009	,001
QUALITY * DAUER	7388327,549	4	1847081,887	10,760	,000	,013	,002
MODE * QUALITY * DAUER	4470304,531	8	558788,066	3,255	,001	,008	,001
Error	553629166,727	3225	171667,959				,151
Total	26981897583,000	3255					
Corrected Total	3662188707,969	3254					

a R Squared = ,849 (Adjusted R Squared = ,847)

Tabelle 3.16: Analyse nach dem ALM mit den festen Faktoren Modalität (mode), Reizqualität (quality), Reizdauer (dauer) und dem zufälligen, verschachtelten Faktor Versuchsperson (Vpn); GLM-univariate

Tests of Between-Subjects Effects								
Dependent Variable: reproduzierte Dauer								
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
Intercept	Hypothesis	23319708875,060	1	23319708875,060	11138,223	,000	,992	
	Error	188429868,229	90	2093665,203(a)				
MODE	Hypothesis	9533832,826	2	4766916,413	2,277	,108	,048	,003
	Error	188429868,229	90	2093665,203(a)				
QUALITY	Hypothesis	69552336,587	4	17388084,147	61,742	,000	,407	,019
	Error	101384363,587	360	281623,232(b)				
VPN(MODE)	Hypothesis	188429868,229	90	2093665,203	5,612	,000	,493	,051
	Error	193419815,782	518,458	373067,167(c)				
DAUER	Hypothesis	2990889281,952	6	498481546,992	3157,983	,000	,972	,817
	Error	85237973,333	540	157848,099(d)				
MODE * QUALITY	Hypothesis	48232804,455	8	6029100,557	21,408	,000	,322	,013
	Error	101384363,587	360	281623,232(b)				
MODE * DAUER	Hypothesis	6215620,029	12	517968,336	3,281	,000	,068	,002
	Error	85237973,333	540	157848,099(d)				
QUALITY * VPN(MODE)	Hypothesis	101384363,587	360	281623,232	4,241	,000	,409	,028
	Error	146620394,057	2208	66404,164(e)				
QUALITY * DAUER	Hypothesis	16092232,914	24	670509,705	10,097	,000	,099	,004
	Error	146620394,057	2208	66404,164(e)				
DAUER * VPN(MODE)	Hypothesis	85237973,333	540	157848,099	2,377	,000	,368	,023
	Error	146620394,057	2208	66404,164(e)				
a MS(VPN(MODE))								
b MS(QUALITY * VPN(MODE))								
c 1,000 MS(QUALITY * VPN(MODE)) + 1,000 MS(DAUER * VPN(MODE)) - MS(Error)								
d MS(DAUER * VPN(MODE))								
e MS(Error)								

Die Varianzaufklärung des in Tabelle 3.16 berechneten Modells (= Summe der Eta-Quadrate aller Faktoren) beträgt 96%!

Tabelle 3.17 zeigt die Varianzanalyse mit Berücksichtigung der Messwiederholung.

Tabelle 3.17: Varianzanalyse mit Messwiederholung, GLM-repeated measures

Mauchly's Test of Sphericity							
Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon(a)		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
QUALITY	,716	29,512	9	,001	,840	,896	,250
DAUER	,042	278,043	20	,000	,411	,433	,167
QUALITY * DAUER	,001	562,318	299	,000	,646	,805	4,167E-02

a May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

Tests of Within-Subjects Effects								
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
QUALITY	Sphericity Assumed	69552336,587	4	17388084,147	61,742	,000	,407	,019
	Lower-bound	69552336,587	1,000	69552336,587	61,742	,000	,407	,019
QUALITY * MODE	Sphericity Assumed	48232804,455	8	6029100,557	21,408	,000	,322	,013
	Lower-bound	48232804,455	2,000	24116402,227	21,408	,000	,322	,013
DAUER	Sphericity Assumed	2990889281,952	6	498481546,992	3157,983	,000	,972	,817
	Lower-bound	2990889281,952	1,000	2990889281,952	3157,983	,000	,972	,817
DAUER * MODE	Sphericity Assumed	6215620,029	12	517968,336	3,281	,000	,068	,002
	Greenhouse-Geisser	6215620,029	4,931	1260476,644	3,281	,007	,068	,002
	Huynh-Feldt	6215620,029	5,193	1196837,887	3,281	,006	,068	,002
	Lower-bound	6215620,029	2,000	3107810,015	3,281	,042	,068	,002
QUALITY * DAUER	Sphericity Assumed	16092232,914	24	670509,705	10,517	,000	,105	,004
	Huynh-Feldt	16092232,914	19,320	832933,771	10,517	,000	,105	,004
	Lower-bound	16092232,914	1,000	16092232,914	10,517	,002	,105	,004
QUALITY * DAUER * MODE	Sphericity Assumed	8911240,496	48	185650,844	2,912	,000	,061	,002
	Huynh-Feldt	8911240,496	38,640	230622,847	2,912	,000	,061	,002
	Lower-bound	8911240,496	2,000	4455620,248	2,912	,060	,061	,002

Tests of Between-Subjects Effects							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
Intercept	23319708875,031	1	23319708875,031	11138,223	,000	,992	
MODE	9533832,826	2	4766916,413	2,277	,108	,048	,003
Error	188429868,229	90	2093665,203				

Die Varianzaufklärung des in Tabelle 3.17 berechneten Modells (= Summe der Eta-Quadrate aller Faktoren) beträgt 86%!

Der Einfluss des Faktors Dauer, also des vorgegebenen Zeitintervalls, ist in allen Varianzanalysen hoch signifikant. Um die Hypothese zu testen, dass die Vpn die verschieden langen Zeitintervalle unterscheiden können, also dass die nächstlängere Vorgabedauer zu längeren reproduzierten Dauern führt als die vorherige Vorgabedauer, wurden als a priori Test die Innersubjektkontraste berechnet (siehe Tabelle 3.18).

Auch für die hier nicht abgebildeten Innersubjektkontraste für Dauer nach Modalitäten (akustische, visuelle, multimodale Stimuli) getrennt ergaben die Tests nur höchst signifikante Unterschiede ($p < 0,000$).

Um zu prüfen, ob die Vorgabedauer-Differenzierungsfähigkeit der Vpn auch für jede einzelne Reizqualität innerhalb der verschiedenen Modalitäten gilt, wurden Bonferroni-korrigierte Einzelvergleiche gerechnet, die hier nicht abgebildet sind. (Es wurde also für diese geplanten Vergleiche/ a priori Hypothesentestung ein post hoc Test verwendet. Dieser entscheidet im Zweifelsfall konservativer als a priori Verfahren, was aber bei den hier auftretenden Signifikanzniveaus keine Rolle spielt.) Für die visuellen Stimuli einer jeden Reizqualität unterscheidet sich die reproduzierte Dauer (Mittelwert) für jedes Vorgabeintervall von der reproduzierten Dauer von allen anderen Vorgabeintervallen höchst signifikant ($p < 0,000$). Das gleiche gilt für die multimodale Modalität ($p \leq 0,003$). Für die akustische Modalität ($p \leq 0,004$) gilt es mit einer Ausnahme: Die Mittelwerte der reproduzierten Dauern für vorgegebene 3500ms Weinen und vorgegebene 4000ms Weinen unterscheiden sich nicht signifikant ($p = 0,542$).

Tabelle 3.18: Tests der Innersubjekt-Kontraste für den Faktor vorgegebene Zeit/Dauer

Source	DAUER (ms)	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DAUER	<i>1000 vs. 2000</i>	409893225,987	1	409893225,987	2915,550	,000
	<i>2000 vs. 2500</i>	97443188,163	1	97443188,163	1025,630	,000
	<i>2500 vs. 3000</i>	72668592,105	1	72668592,105	673,736	,000
	<i>3000 vs. 3500</i>	59423828,905	1	59423828,905	460,262	,000
	<i>3500 vs. 4000</i>	54651233,110	1	54651233,110	300,751	,000
	<i>4000 vs. 5000</i>	186552135,019	1	186552135,019	682,362	,000

Um die übrigen Overall-Signifikanzen der Varianzanalysen und insbesondere die Kurvendiagramme besser deuten zu können, wurden getrennt nach Modalität und nach Vorgabeintervalldauer paarweise Einzelvergleiche zwischen den verschiedenen Reizqualitäten gerechnet (siehe Tabelle 3.19). Bei einer so großen Anzahl von Vergleichen (3 Modalitäten x 7 Reizdauern x 5 Reizqualitäten) fällt die α -Fehler Korrektur nach Bonferroni natürlich sehr konservativ aus.

Tabelle 3.19: Paarweise Vergleiche der 5 Reizqualitäten, getrennt nach Modalität + Dauer;
Codierung der ReizQUALITÄT: 1 – freudig/lustig 2 – künstlich/neutral
3 – angstvoll/erschreckend 4 – ausdruckslos/neutral 5 – traurig/verzweifelt

MODALITÄT	DAUER	(I) QUALITÄT	(J) QUALITÄT	MITTELWERT DIFFERENZ (I - J)	STD. FEHLER	SIGNIFIKANZ α
akustisch	1000ms	1	2	-27,581	36,109	1,000
			3	-99,806(*)	32,500	,028
			4	-79,806	31,653	,135
			5	-245,032(*)	41,282	,000
		2	1	27,581	36,109	1,000
			3	-72,226	37,427	,568
			4	-52,226	37,478	1,000
			5	-217,452(*)	43,992	,000
		3	1	99,806(*)	32,500	,028
			2	72,226	37,427	,568
			4	20,000	32,785	1,000
			5	-145,226(*)	42,408	,009
		4	1	79,806	31,653	,135
			2	52,226	37,478	1,000
			3	-20,000	32,785	1,000
			5	-165,226(*)	42,347	,002
		5	1	245,032(*)	41,282	,000
			2	217,452(*)	43,992	,000
			3	145,226(*)	42,408	,009
			4	165,226(*)	42,347	,002
	2000ms	1	2	101,000	57,772	,838
			3	-27,355	62,568	1,000
			4	59,129	56,917	1,000
			5	-454,290(*)	79,895	,000
		2	1	-101,000	57,772	,838
			3	-128,355	58,950	,321
			4	-41,871	61,464	1,000
			5	-555,290(*)	76,442	,000
		3	1	27,355	62,568	1,000
			2	128,355	58,950	,321
			4	86,484	65,572	1,000
			5	-426,935(*)	80,140	,000
4		1	-59,129	56,917	1,000	
		2	41,871	61,464	1,000	
		3	-86,484	65,572	1,000	
		5	-513,419(*)	85,608	,000	
5		1	454,290(*)	79,895	,000	
		2	555,290(*)	76,442	,000	
		3	426,935(*)	80,140	,000	
		4	513,419(*)	85,608	,000	

	2500ms	1	2	272,161(*)	63,772	,000
			3	108,968	75,497	1,000
			4	239,968(*)	66,293	,005
			5	-434,806(*)	84,984	,000
		2	1	-272,161(*)	63,772	,000
			3	-163,194	71,243	,243
			4	-32,194	58,150	1,000
			5	-706,968(*)	81,256	,000
		3	1	-108,968	75,497	1,000
			2	163,194	71,243	,243
			4	131,000	71,149	,689
			5	-543,774(*)	93,468	,000
		4	1	-239,968(*)	66,293	,005
			2	32,194	58,150	1,000
			3	-131,000	71,149	,689
			5	-674,774(*)	81,038	,000
		5	1	434,806(*)	84,984	,000
			2	706,968(*)	81,256	,000
			3	543,774(*)	93,468	,000
			4	674,774(*)	81,038	,000
3000ms	1	2	241,871(*)	77,294	,024	
		3	159,839	80,974	,515	
		4	134,903	75,400	,770	
		5	-586,129(*)	85,345	,000	
	2	1	-241,871(*)	77,294	,024	
		3	-82,032	72,568	1,000	
		4	-106,968	67,504	1,000	
		5	-828,000(*)	83,628	,000	
	3	1	-159,839	80,974	,515	
		2	82,032	72,568	1,000	
		4	-24,935	74,866	1,000	
		5	-745,968(*)	84,794	,000	
	4	1	-134,903	75,400	,770	
		2	106,968	67,504	1,000	
		3	24,935	74,866	1,000	
		5	-721,032(*)	87,247	,000	
	5	1	586,129(*)	85,345	,000	
		2	828,000(*)	83,628	,000	
		3	745,968(*)	84,794	,000	
		4	721,032(*)	87,247	,000	
3500ms	1	2	235,452(*)	66,740	,007	
		3	-31,839	77,785	1,000	
		4	47,290	64,012	1,000	
		5	-677,581(*)	85,317	,000	

	4000ms	2	1	-235,452(*)	66,740	,007
			3	-267,290(*)	75,003	,006
			4	-188,161	67,218	,063
			5	-913,032(*)	90,285	,000
		3	1	31,839	77,785	1,000
			2	267,290(*)	75,003	,006
			4	79,129	83,609	1,000
			5	-645,742(*)	95,569	,000
		4	1	-47,290	64,012	1,000
			2	188,161	67,218	,063
			3	-79,129	83,609	1,000
			5	-724,871(*)	97,163	,000
		5	1	677,581(*)	85,317	,000
			2	913,032(*)	90,285	,000
			3	645,742(*)	95,569	,000
	4		724,871(*)	97,163	,000	
	5000ms	1	2	545,968(*)	85,083	,000
			3	175,645	94,437	,662
			4	392,677(*)	94,520	,001
			5	-241,871	87,993	,072
2		1	-545,968(*)	85,083	,000	
		3	-370,323(*)	79,681	,000	
		4	-153,290	81,652	,637	
		5	-787,839(*)	96,083	,000	
3		1	-175,645	94,437	,662	
		2	370,323(*)	79,681	,000	
		4	217,032(*)	75,109	,048	
		5	-417,516(*)	95,323	,000	
4		1	-392,677(*)	94,520	,001	
		2	153,290	81,652	,637	
		3	-217,032(*)	75,109	,048	
	5	-634,548(*)	96,901	,000		
5	1	241,871	87,993	,072		
	2	787,839(*)	96,083	,000		
	3	417,516(*)	95,323	,000		
	4	634,548(*)	96,901	,000		
	1	2	653,161(*)	111,552	,000	
		3	317,710(*)	98,579	,018	
		4	487,355(*)	109,479	,000	
		5	-19,258	113,200	1,000	
	2	1	-653,161(*)	111,552	,000	
		3	-335,452(*)	98,783	,010	
		4	-165,806	87,641	,617	
		5	-672,419(*)	94,765	,000	

	2500ms	4	1	35,226	56,917	1,000		
			2	100,516	61,464	1,000		
			3	57,226	65,572	1,000		
			5	-545,065(*)	85,608	,000		
		5	1	580,290(*)	79,895	,000		
			2	645,581(*)	76,442	,000		
			3	602,290(*)	80,140	,000		
			4	545,065(*)	85,608	,000		
		3000ms	1	2	2	140,355	63,772	,303
					3	45,194	75,497	1,000
					4	-31,710	66,293	1,000
					5	-636,194(*)	84,984	,000
			2	1	1	-140,355	63,772	,303
					3	-95,161	71,243	1,000
					4	-172,065(*)	58,150	,039
					5	-776,548(*)	81,256	,000
	3		1	1	-45,194	75,497	1,000	
				2	95,161	71,243	1,000	
				4	-76,903	71,149	1,000	
				5	-681,387(*)	93,468	,000	
	4		1	1	31,710	66,293	1,000	
				2	172,065(*)	58,150	,039	
				3	76,903	71,149	1,000	
				5	-604,484(*)	81,038	,000	
	5		1	1	636,194(*)	84,984	,000	
				2	776,548(*)	81,256	,000	
				3	681,387(*)	93,468	,000	
				4	604,484(*)	81,038	,000	
	3000ms	1	2	2	272,516(*)	77,294	,007	
				3	203,516	80,974	,137	
				4	148,903	75,400	,514	
				5	-533,774(*)	85,345	,000	
		2	1	1	-272,516(*)	77,294	,007	
				3	-69,000	72,568	1,000	
				4	-123,613	67,504	,704	
				5	-806,290(*)	83,628	,000	
		3	1	1	-203,516	80,974	,137	
				2	69,000	72,568	1,000	
				4	-54,613	74,866	1,000	
				5	-737,290(*)	84,794	,000	
		4	1	1	-148,903	75,400	,514	
				2	123,613	67,504	,704	
				3	54,613	74,866	1,000	
				5	-682,677(*)	87,247	,000	

		5	1	533,774(*)	85,345	,000	
			2	806,290(*)	83,628	,000	
			3	737,290(*)	84,794	,000	
			4	682,677(*)	87,247	,000	
	3500ms	1		2	503,194(*)	66,740	,000
				3	383,032(*)	77,785	,000
				4	353,968(*)	64,012	,000
				5	-288,774(*)	85,317	,011
		2		1	-503,194(*)	66,740	,000
				3	-120,161	75,003	1,000
				4	-149,226	67,218	,289
				5	-791,968(*)	90,285	,000
		3		1	-383,032(*)	77,785	,000
				2	120,161	75,003	1,000
				4	-29,065	83,609	1,000
				5	-671,806(*)	95,569	,000
		4		1	-353,968(*)	64,012	,000
				2	149,226	67,218	,289
				3	29,065	83,609	1,000
				5	-642,742(*)	97,163	,000
		5		1	288,774(*)	85,317	,011
				2	791,968(*)	90,285	,000
				3	671,806(*)	95,569	,000
				4	642,742(*)	97,163	,000
	4000ms	1		2	613,387(*)	85,083	,000
				3	411,258(*)	94,437	,000
				4	360,774(*)	94,520	,002
				5	-166,548	87,993	,616
2			1	-613,387(*)	85,083	,000	
			3	-202,129	79,681	,129	
			4	-252,613(*)	81,652	,026	
			5	-779,935(*)	96,083	,000	
3			1	-411,258(*)	94,437	,000	
			2	202,129	79,681	,129	
			4	-50,484	75,109	1,000	
			5	-577,806(*)	95,323	,000	
4			1	-360,774(*)	94,520	,002	
			2	252,613(*)	81,652	,026	
			3	50,484	75,109	1,000	
			5	-527,323(*)	96,901	,000	
5			1	166,548	87,993	,616	
			2	779,935(*)	96,083	,000	
			3	577,806(*)	95,323	,000	
			4	527,323(*)	96,901	,000	

	5000ms	1	2	618,258(*)	111,552	,000
			3	417,258(*)	98,579	,001
			4	368,968(*)	109,479	,011
			5	-8,129	113,200	1,000
		2	1	-618,258(*)	111,552	,000
			3	-201,000	98,783	,448
			4	-249,290	87,641	,055
			5	-626,387(*)	94,765	,000
		3	1	-417,258(*)	98,579	,001
			2	201,000	98,783	,448
			4	-48,290	90,656	1,000
			5	-425,387(*)	105,208	,001
		4	1	-368,968(*)	109,479	,011
			2	249,290	87,641	,055
			3	48,290	90,656	1,000
			5	-377,097(*)	94,052	,001
		5	1	8,129	113,200	1,000
			2	626,387(*)	94,765	,000
			3	425,387(*)	105,208	,001
			4	377,097(*)	94,052	,001
visuell	1000ms	1	2	-36,065	36,109	1,000
			3	-37,935	32,500	1,000
			4	-7,677	31,653	1,000
			5	40,935	41,282	1,000
		2	1	36,065	36,109	1,000
			3	-1,871	37,427	1,000
			4	28,387	37,478	1,000
			5	77,000	43,992	,835
		3	1	37,935	32,500	1,000
			2	1,871	37,427	1,000
			4	30,258	32,785	1,000
			5	78,871	42,408	,662
		4	1	7,677	31,653	1,000
			2	-28,387	37,478	1,000
			3	-30,258	32,785	1,000
			5	48,613	42,347	1,000
		5	1	-40,935	41,282	1,000
			2	-77,000	43,992	,835
			3	-78,871	42,408	,662
			4	-48,613	42,347	1,000
2000ms	1	2	-56,677	57,772	1,000	
		3	-40,935	62,568	1,000	
		4	3,387	56,917	1,000	
		5	-57,129	79,895	1,000	

		2	1	56,677	57,772	1,000	
			3	15,742	58,950	1,000	
			4	60,065	61,464	1,000	
			5	-,452	76,442	1,000	
		3	1	40,935	62,568	1,000	
			2	-15,742	58,950	1,000	
			4	44,323	65,572	1,000	
			5	-16,194	80,140	1,000	
		4	1	-3,387	56,917	1,000	
			2	-60,065	61,464	1,000	
			3	-44,323	65,572	1,000	
			5	-60,516	85,608	1,000	
		5	1	57,129	79,895	1,000	
			2	,452	76,442	1,000	
			3	16,194	80,140	1,000	
			4	60,516	85,608	1,000	
		2500ms	1	2	,419	63,772	1,000
				3	-6,419	75,497	1,000
				4	131,613	66,293	,502
				5	56,968	84,984	1,000
	2		1	-,419	63,772	1,000	
			3	-6,839	71,243	1,000	
			4	131,194	58,150	,265	
			5	56,548	81,256	1,000	
	3		1	6,419	75,497	1,000	
			2	6,839	71,243	1,000	
			4	138,032	71,149	,555	
			5	63,387	93,468	1,000	
	4		1	-131,613	66,293	,502	
			2	-131,194	58,150	,265	
			3	-138,032	71,149	,555	
			5	-74,645	81,038	1,000	
	5		1	-56,968	84,984	1,000	
			2	-56,548	81,256	1,000	
			3	-63,387	93,468	1,000	
			4	74,645	81,038	1,000	
	3000ms	1	2	-30,548	77,294	1,000	
			3	101,419	80,974	1,000	
			4	92,194	75,400	1,000	
			5	74,290	85,345	1,000	
2		1	30,548	77,294	1,000		
		3	131,968	72,568	,723		
		4	122,742	67,504	,723		
		5	104,839	83,628	1,000		

	3500ms	3	1	-101,419	80,974	1,000		
			2	-131,968	72,568	,723		
			4	-9,226	74,866	1,000		
			5	-27,129	84,794	1,000		
		4	1	-92,194	75,400	1,000		
			2	-122,742	67,504	,723		
			3	9,226	74,866	1,000		
			5	-17,903	87,247	1,000		
		5	1	-74,290	85,345	1,000		
			2	-104,839	83,628	1,000		
			3	27,129	84,794	1,000		
			4	17,903	87,247	1,000		
		4000ms	1	1	2	-47,935	66,740	1,000
					3	5,387	77,785	1,000
					4	108,355	64,012	,940
	5				40,903	85,317	1,000	
	2				1	47,935	66,740	1,000
			3	53,323	75,003	1,000		
			4	156,290	67,218	,223		
			5	88,839	90,285	1,000		
	3		1	-5,387	77,785	1,000		
			2	-53,323	75,003	1,000		
			4	102,968	83,609	1,000		
			5	35,516	95,569	1,000		
	4		1	-108,355	64,012	,940		
			2	-156,290	67,218	,223		
			3	-102,968	83,609	1,000		
			5	-67,452	97,163	1,000		
	5		1	-40,903	85,317	1,000		
			2	-88,839	90,285	1,000		
3			-35,516	95,569	1,000			
4			67,452	97,163	1,000			
3	1	2	57,258	85,083	1,000			
		3	108,419	94,437	1,000			
		4	99,129	94,520	1,000			
		5	147,161	87,993	,979			
	2	1	-57,258	85,083	1,000			
		3	51,161	79,681	1,000			
		4	41,871	81,652	1,000			
		5	89,903	96,083	1,000			
	3	1	-108,419	94,437	1,000			
		2	-51,161	79,681	1,000			
		4	-9,290	75,109	1,000			
5	38,742	95,323	1,000					

		4	1	-99,129	94,520	1,000		
			2	-41,871	81,652	1,000		
			3	9,290	75,109	1,000		
			5	48,032	96,901	1,000		
		5	1	-147,161	87,993	,979		
			2	-89,903	96,083	1,000		
			3	-38,742	95,323	1,000		
			4	-48,032	96,901	1,000		
		5000ms	1	2	2	-92,516	111,552	1,000
					3	42,097	98,579	1,000
	4				91,194	109,479	1,000	
	5				199,484	113,200	,814	
	2			1	92,516	111,552	1,000	
				3	134,613	98,783	1,000	
				4	183,710	87,641	,389	
				5	292,000(*)	94,765	,027	
	3		1	-42,097	98,579	1,000		
			2	-134,613	98,783	1,000		
			4	49,097	90,656	1,000		
			5	157,387	105,208	1,000		
4	1		-91,194	109,479	1,000			
	2		-183,710	87,641	,389			
	3		-49,097	90,656	1,000			
	5		108,290	94,052	1,000			
5	1		-199,484	113,200	,814			
	2		-292,000(*)	94,765	,027			
	3		-157,387	105,208	1,000			
	4		-108,290	94,052	1,000			

* The mean difference is significant at the ,05 level.

a Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Auch die 3 Modalitäten wurden, nach Vorgabedauern getrennt, auf signifikante Differenzen zwischen einander geprüft:

Tabelle 3.20: Paarweise Vergleiche der Modalitäten, nach Vorgabedauer getrennt

DAUER	(I) MODALITÄT	(J) MODALITÄT	MITTELWERT DIFFERENZ (I-J)	STD. FEHLER	SIGNIFIKANZ ^a
1000ms	akustisch	multimodal	-22,484	42,923	1,000
		visuell	68,168	42,923	,347
	multimodal	akustisch	22,484	42,923	1,000
		visuell	90,652	42,923	,112
	visuell	akustisch	-68,168	42,923	,347
		multimodal	-90,652	42,923	,112
2000ms	akustisch	multimodal	-62,084	61,289	,941
		visuell	60,871	61,289	,970
	multimodal	akustisch	62,084	61,289	,941
		visuell	122,955	61,289	,144
	visuell	akustisch	-60,871	61,289	,970
		multimodal	-122,955	61,289	,144
2500ms	akustisch	multimodal	-89,568	59,968	,416
		visuell	-7,097	59,968	1,000
	multimodal	akustisch	89,568	59,968	,416
		visuell	82,471	59,968	,517
	visuell	akustisch	7,097	59,968	1,000
		multimodal	-82,471	59,968	,517
3000ms	akustisch	multimodal	-140,542	67,566	,121
		visuell	-4,013	67,566	1,000
	multimodal	akustisch	140,542	67,566	,121
		visuell	136,529	67,566	,139
	visuell	akustisch	4,013	67,566	1,000
		multimodal	-136,529	67,566	,139
3500ms	akustisch	multimodal	-168,671	75,185	,082
		visuell	-53,452	75,185	1,000
	multimodal	akustisch	168,671	75,185	,082
		visuell	115,219	75,185	,387
	visuell	akustisch	53,452	75,185	1,000
		multimodal	-115,219	75,185	,387
4000ms	akustisch	multimodal	-174,065	91,791	,183
		visuell	-91,606	91,791	,963
	multimodal	akustisch	174,065	91,791	,183
		visuell	82,458	91,791	1,000
	visuell	akustisch	91,606	91,791	,963
		multimodal	-82,458	91,791	1,000
5000ms	akustisch	multimodal	-248,619	106,757	,066
		visuell	-252,194	106,757	,061
	multimodal	akustisch	248,619	106,757	,066
		visuell	-3,574	106,757	1,000
	visuell	akustisch	252,194	106,757	,061
		multimodal	3,574	106,757	1,000

^a Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Analyse der Zeitfehler

Der Zeitfehler ist die (am vorgegebenen Zeitintervall) standardisierte Abweichung des reproduzierten Zeitintervalls vom vorgegebenen Zeitintervall:

$$\text{Zeitfehler}(\%) = \frac{\text{reproduzierteZeit} - \text{vorgegebeneZeit}}{\text{vorgegebeneZeit}} \times 100.$$

Schon Vierordt (1868) beschreibt die Berechnung des Zeitfehlers, welche auch in aktuellen Untersuchungen üblich ist. Dieser gibt sowohl Auskunft über die Größe als auch die Richtung der subjektiven Zeit(ver)schätzung.

Der Zeitfehler als standardisierte, prozentuale Abweichung ermöglicht es insbesondere, die Zeitschätzungen der Vpn auch bei verschiedenen Vorgaben (z.B. 1000ms und 5000ms) direkt zu vergleichen. Die Berechnung des Zeitfehlers aus den absoluten reproduzierten Intervallen ist bei gleichem Vorgabeintervall eine Lineartransformation – so bleibt das Verhältnis der Zeitschätzungen bei verschiedenen Reizqualitäten gleich (bei gleicher Vorgabedauer).

Für alle 3255 Messungen (genauer: Mediane der 5 Wiederholungsmessungen) des in Kapitel 3.1 *Aufbereitung der Messdaten* beschriebenen Datensatzes wurde der Zeitfehler nach obiger Formel berechnet. Wie die Tabellen 3.3 - 3.5 für die absoluten reproduzierten Zeitintervalle zeigen die Tabellen 3.21 - 3.23 die statistischen Maßzahlen für diesen Zeitfehler-Datensatz (getrennt nach Modalität).

Tabelle 3.21: Die Kennwerte des Zeitfehler-Datensatzes, akustische Versuchsreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	ZEITFEHLER (%), AKUSTISCH								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	-11,90	-9,79	2,99	16,66	-52,20	25,10	-21,60	1,70	31
	2000 ms	-10,70	-7,42	2,44	13,59	-36,15	22,80	-15,05	1,45	31
	2500 ms	-4,96	-4,84	2,25	12,52	-36,16	26,68	-13,48	-1,28	31
	3000 ms	-12,03	-9,63	1,79	9,94	-29,20	10,37	-15,70	-1,03	31
	3500 ms	-16,20	-15,22	1,55	8,64	-36,83	6,09	-21,29	-7,86	31
	4000 ms	-12,95	-11,11	1,99	11,06	-34,80	25,48	-18,15	-4,93	31
	5000 ms	-17,66	-15,52	2,26	12,57	-36,20	4,52	-26,22	-3,26	31
künstlich-neutral	1000 ms	-5,40	-7,03	2,40	13,36	-29,00	23,80	-21,40	1,00	31
	2000 ms	-13,55	-12,47	2,05	11,43	-28,40	13,20	-21,80	-2,90	31
	2500 ms	-16,44	-15,73	1,89	10,51	-35,20	5,56	-24,12	-7,36	31
	3000 ms	-16,03	-17,69	1,57	8,76	-38,50	-,60	-25,83	-10,80	31
	3500 ms	-20,77	-21,94	1,52	8,49	-36,80	-6,46	-28,09	-16,77	31
	4000 ms	-26,83	-24,76	1,40	7,81	-37,10	-7,63	-30,68	-19,23	31
	5000 ms	-30,12	-28,59	1,31	7,27	-38,04	-8,42	-33,32	-24,18	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	1,00	,19	3,88	21,59	-40,00	45,50	-22,90	13,70	31
	2000 ms	-5,40	-6,06	2,35	13,10	-28,80	25,00	-16,85	3,25	31
	2500 ms	-11,08	-9,20	2,33	12,98	-31,08	20,28	-19,32	,68	31
	3000 ms	-15,67	-14,95	2,42	13,46	-34,40	28,47	-27,50	-5,50	31
	3500 ms	-13,46	-14,31	2,23	12,41	-40,23	8,06	-25,94	-4,00	31
	4000 ms	-17,83	-15,50	2,15	11,96	-33,75	12,30	-25,87	-9,28	31
	5000 ms	-22,76	-21,88	1,45	8,07	-36,60	-9,14	-28,42	-14,72	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	-8,50	-1,81	3,33	18,53	-25,20	33,50	-16,20	16,20	31
	2000 ms	-10,15	-10,38	2,37	13,22	-35,85	12,45	-16,10	-2,00	31
	2500 ms	-12,44	-14,44	2,22	12,36	-38,88	8,48	-24,36	-2,96	31
	3000 ms	-13,23	-14,12	1,62	9,01	-37,20	6,33	-21,93	-7,57	31
	3500 ms	-17,63	-16,57	1,69	9,41	-33,46	7,83	-23,83	-10,66	31
	4000 ms	-22,73	-20,93	1,92	10,69	-37,55	5,05	-27,03	-14,18	31
	5000 ms	-27,20	-25,27	1,70	9,45	-40,86	-5,90	-31,82	-19,64	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	9,40	14,72	3,96	22,06	-23,70	69,70	1,40	27,00	31
	2000 ms	14,75	15,29	3,11	17,31	-17,55	55,45	1,95	29,50	31
	2500 ms	13,32	12,55	2,84	15,81	-14,52	42,36	-,88	26,24	31
	3000 ms	9,63	9,91	2,14	11,90	-15,97	31,47	2,33	18,83	31
	3500 ms	5,00	4,14	2,25	12,55	-19,74	25,14	-5,11	12,34	31
	4000 ms	-4,72	-5,06	2,09	11,65	-28,03	14,77	-13,03	3,45	31
	5000 ms	-15,74	-15,14	1,67	9,31	-31,88	9,10	-20,88	-11,08	31

Tabelle 3.22: Die Kennwerte des Zeitfehler-Datensatzes, visuelle Versuchsreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	ZEITFEHLER (%), VISUELL								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	-13,80	-8,37	4,27	23,76	-47,50	45,10	-20,20	-2,00	31
	2000 ms	-12,10	-8,77	3,58	19,93	-39,15	53,20	-21,80	-,70	31
	2500 ms	-9,60	-4,58	3,40	18,91	-33,60	48,64	-17,16	3,44	31
	3000 ms	-10,40	-7,58	2,75	15,30	-30,60	36,20	-19,23	-,07	31
	3500 ms	-10,46	-10,64	1,99	11,07	-28,94	18,34	-19,09	-4,03	31
	4000 ms	-14,27	-11,12	2,47	13,76	-39,92	27,35	-18,10	-2,35	31
	5000 ms	-16,52	-15,27	2,70	15,03	-42,08	20,60	-26,16	-7,20	31
künstlich-neutral	1000 ms	-9,20	-4,77	4,73	26,35	-44,30	65,40	-26,80	8,30	31
	2000 ms	-8,40	-5,93	3,38	18,84	-37,80	31,05	-20,40	9,55	31
	2500 ms	-5,40	-4,60	2,57	14,33	-28,44	26,04	-17,12	7,64	31
	3000 ms	-6,87	-6,56	2,45	13,63	-26,17	42,80	-15,00	-1,20	31
	3500 ms	-8,43	-9,27	2,78	15,46	-42,31	32,09	-16,03	-2,97	31
	4000 ms	-12,00	-12,55	2,62	14,61	-52,08	17,22	-20,25	-4,90	31
	5000 ms	-14,32	-13,42	2,41	13,41	-41,84	14,72	-21,70	-3,50	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	-6,00	-4,58	3,67	20,45	-47,10	39,60	-19,30	6,00	31
	2000 ms	-5,55	-6,72	3,28	18,28	-46,00	29,20	-20,95	5,70	31
	2500 ms	-5,36	-4,33	2,60	14,48	-21,88	42,68	-15,88	4,16	31
	3000 ms	-13,93	-10,96	2,22	12,35	-37,23	15,73	-18,77	,07	31
	3500 ms	-11,83	-10,80	2,07	11,53	-35,29	13,51	-19,34	-3,60	31
	4000 ms	-18,88	-13,83	2,34	13,05	-31,85	11,45	-25,15	-3,25	31
	5000 ms	-18,16	-16,12	2,44	13,59	-38,22	23,64	-25,34	-10,54	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	-7,90	-7,61	4,85	27,02	-57,70	58,70	-25,50	1,50	31
	2000 ms	-10,45	-8,94	4,31	23,98	-42,35	57,25	-26,35	-,95	31
	2500 ms	-11,08	-9,85	2,32	12,89	-32,56	20,60	-17,88	-1,64	31
	3000 ms	-10,73	-10,65	2,79	15,54	-35,57	31,67	-20,57	-4,67	31
	3500 ms	-13,51	-13,74	2,54	14,12	-43,03	19,00	-23,69	-2,66	31
	4000 ms	-15,40	-13,60	2,68	14,91	-36,60	26,48	-25,83	-7,12	31
	5000 ms	-17,76	-17,10	2,26	12,61	-41,50	8,08	-27,74	-8,30	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	-15,50	-12,47	4,00	22,28	-61,30	48,70	-24,10	-4,80	31
	2000 ms	-9,10	-5,91	3,29	18,34	-42,05	49,95	-17,45	9,35	31
	2500 ms	-7,60	-6,86	2,96	16,48	-53,96	24,72	-18,92	3,04	31
	3000 ms	-10,37	-10,06	2,18	12,13	-37,47	13,20	-15,83	-2,20	31
	3500 ms	-13,06	-11,81	2,28	12,72	-43,63	12,14	-19,40	-2,00	31
	4000 ms	-15,13	-14,80	2,24	12,48	-36,70	14,37	-26,63	-6,15	31
	5000 ms	-17,14	-19,26	1,88	10,49	-42,10	,14	-24,80	-13,84	31

Tabelle 3.23: Die Kennwerte des Zeitfehler-Datensatzes, multimodale Versuchsreihe

REIZQUALITÄT	VORGEGEBENE DAUER	ZEITFEHLER (%), MULTIMODAL								
		Median	Mittelwert	Standardfehler des Mittelwertes	Standardabweichung	Minimum	Maximum	Perzentil 25	Perzentil 75	Gültige N
freudig-lustig	1000 ms	-2,50	1,37	3,42	19,03	-29,40	45,30	-11,90	16,10	31
	2000 ms	-10,30	-6,39	2,53	14,10	-29,45	29,20	-15,05	6,60	31
	2500 ms	-6,08	-6,61	2,17	12,07	-31,52	17,40	-14,84	,76	31
	3000 ms	-3,67	-4,00	2,76	15,34	-31,37	24,87	-14,63	7,47	31
	3500 ms	-,83	-2,52	1,77	9,84	-25,91	13,46	-8,94	4,66	31
	4000 ms	-6,25	-5,03	2,10	11,71	-31,87	17,68	-13,78	4,13	31
	5000 ms	-8,50	-10,72	2,00	11,13	-35,16	10,06	-16,50	-3,14	31
künstlich-neutral	1000 ms	-3,10	-3,24	3,50	19,51	-48,50	33,50	-15,20	8,60	31
	2000 ms	-9,90	-9,65	2,16	12,03	-36,40	17,25	-12,70	-2,40	31
	2500 ms	-12,80	-12,22	1,92	10,70	-29,76	10,44	-20,20	-6,16	31
	3000 ms	-15,43	-13,09	1,73	9,64	-28,20	8,73	-19,53	-6,73	31
	3500 ms	-18,57	-16,90	1,63	9,06	-34,80	2,46	-23,46	-10,51	31
	4000 ms	-19,40	-20,36	1,64	9,12	-37,35	-6,75	-26,78	-12,18	31
	5000 ms	-22,20	-23,09	1,59	8,85	-38,38	-4,54	-31,32	-17,00	31
angstvoll-erschreckend	1000 ms	-5,30	-5,45	3,39	18,87	-53,40	33,50	-17,40	6,50	31
	2000 ms	-6,40	-7,49	2,84	15,82	-39,60	34,45	-19,90	6,45	31
	2500 ms	-9,96	-8,41	2,37	13,19	-30,12	23,16	-19,72	1,84	31
	3000 ms	-12,30	-10,79	2,16	12,03	-27,93	20,23	-20,80	-3,13	31
	3500 ms	-14,40	-13,47	2,10	11,67	-37,63	14,97	-18,77	-4,54	31
	4000 ms	-15,33	-15,31	1,73	9,65	-35,30	-,08	-23,10	-7,35	31
	5000 ms	-19,58	-19,07	1,54	8,57	-41,50	-,72	-24,48	-13,08	31
ausdruckslos-neutral	1000 ms	-6,90	-4,56	3,17	17,63	-43,40	27,50	-19,00	10,90	31
	2000 ms	-2,95	-4,63	2,05	11,40	-29,55	12,95	-11,80	5,70	31
	2500 ms	-7,12	-5,34	2,10	11,72	-29,24	26,52	-12,28	3,80	31
	3000 ms	-8,97	-8,97	2,04	11,38	-28,33	19,90	-16,47	-2,93	31
	3500 ms	-14,03	-12,64	1,68	9,37	-27,91	9,54	-19,60	-7,11	31
	4000 ms	-14,77	-14,05	1,73	9,61	-31,83	5,20	-22,55	-6,35	31
	5000 ms	-18,68	-18,10	1,66	9,23	-39,08	3,82	-24,46	-11,36	31
traurig-verzweifelt	1000 ms	26,20	19,40	5,42	30,18	-35,30	66,20	-7,60	42,70	31
	2000 ms	17,50	22,63	4,86	27,08	-20,00	97,00	2,45	37,75	31
	2500 ms	18,20	18,84	3,63	20,20	-24,88	66,88	4,68	28,56	31
	3000 ms	10,60	13,79	3,27	18,22	-25,47	47,37	3,93	31,23	31
	3500 ms	7,66	5,73	2,93	16,31	-36,94	34,94	-5,86	19,00	31
	4000 ms	,65	-,86	2,61	14,55	-31,85	24,53	-12,10	10,25	31
	5000 ms	-8,46	-10,56	2,15	11,96	-39,26	11,48	-20,42	-2,18	31

Folgende Balkendiagramme veranschaulichen die Änderung des Zeitfehlers über die vorgegebenen Zeitintervalle hinweg. So zeigt sich der von den Unterschieden in der Vorgabe bereinigte Verlauf der Zeitschätzungen. Für eine gleichmäßige Darstellung wurden die Vorgabe-Intervalle 2500ms und 3500ms weggelassen.

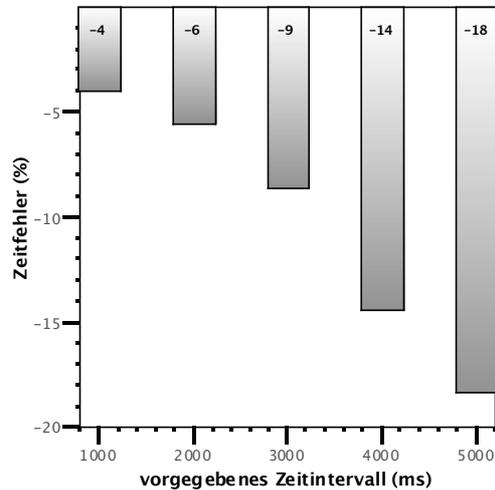


Abbildung 3.26: Balkendiagramm der Zeitfehler - jeweils Median der 31 Vpn (siehe Tabellen 3.21-23) gemittelt (arithmetisches Mittel) über Modalität und Reizqualität

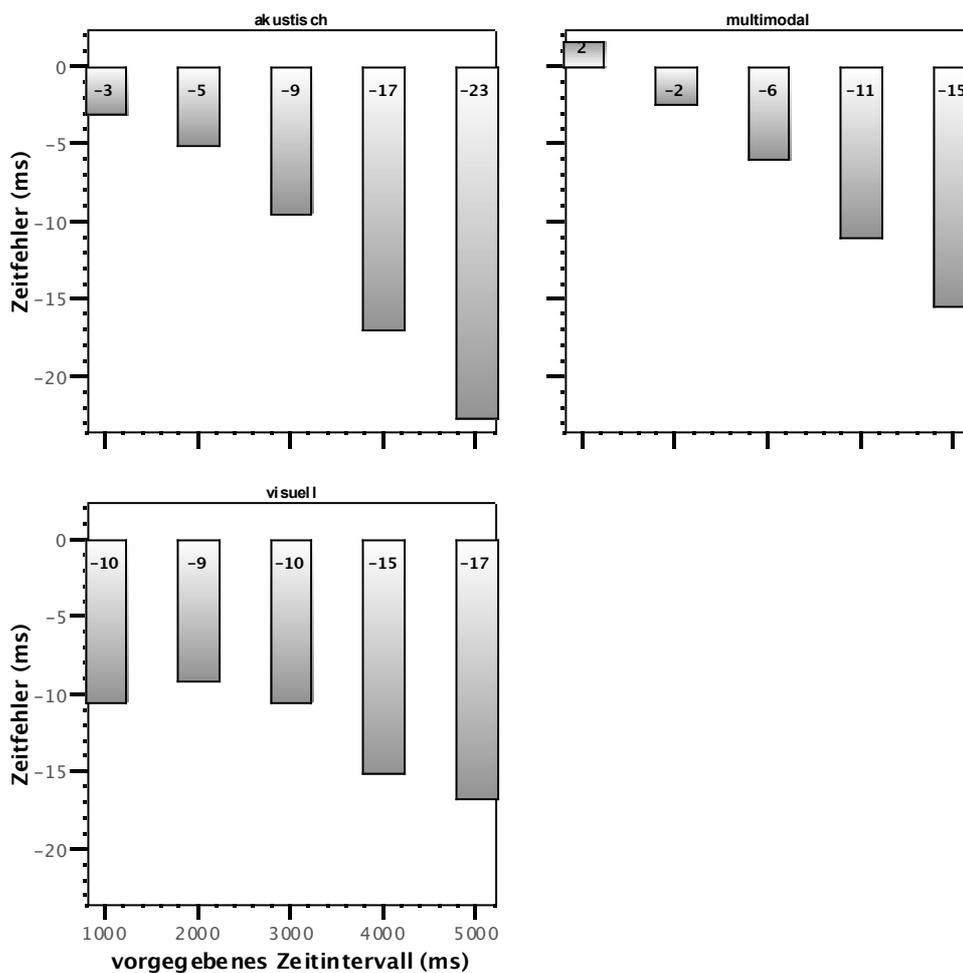


Abbildung 3.27: Balkendiagramm der Zeitfehler - jeweils Median der 31 Vpn (siehe Tabellen 3.21-23) gemittelt (arithmetisches Mittel) über die Reizqualität

In der nächsten Abbildung 3.28 sind die Zeitfehler der einzelnen Reizqualitäten zusammen in einem Diagramm dargestellt (getrennt nach Modalität).

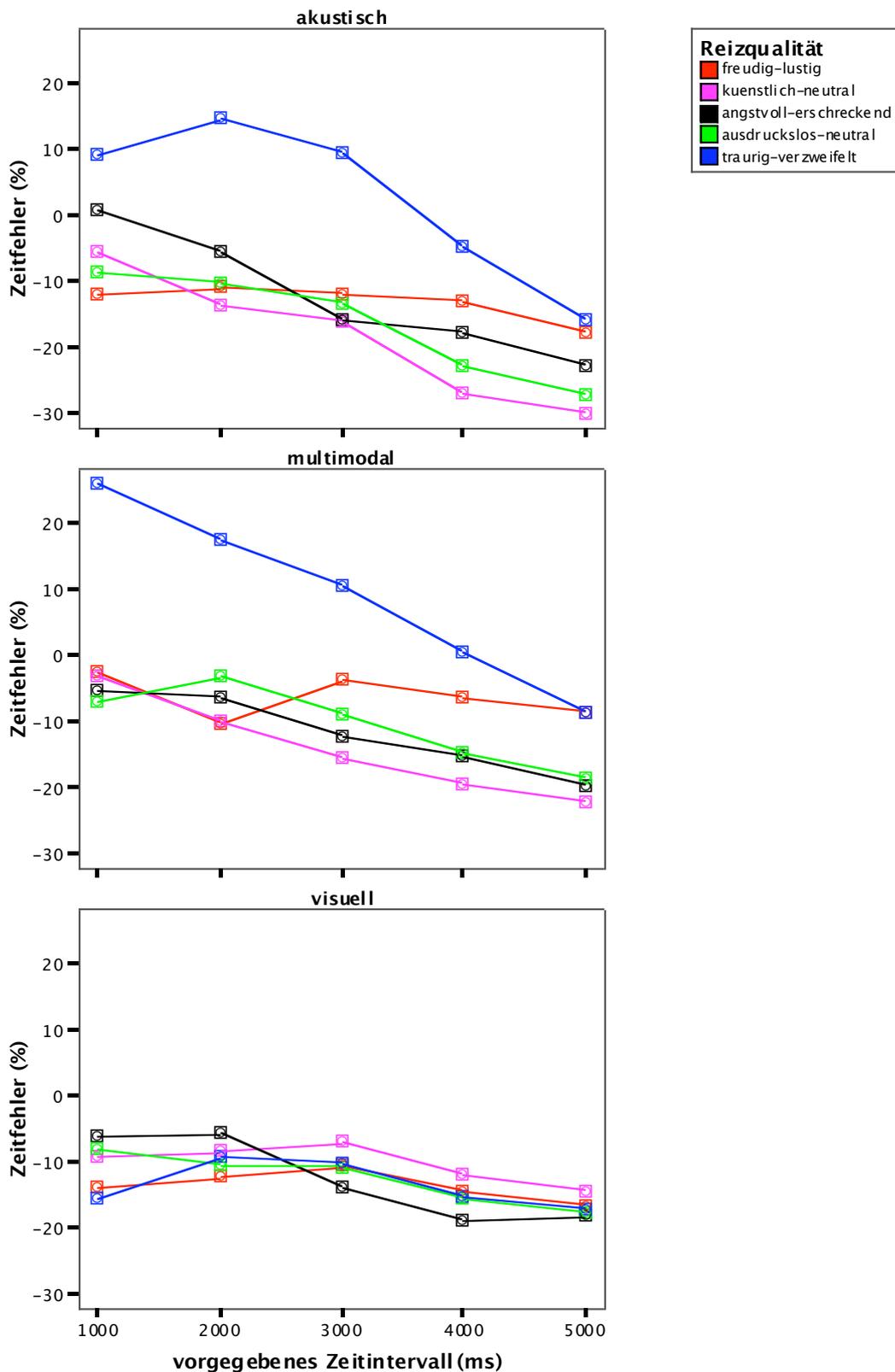


Abbildung 3.28: Zeitfehler - jeweils Median der 31 Vpn (siehe Tabellen 3.21-23) der einzelnen Reizqualitäten, getrennt nach Modalität

Da die einheitliche Skalierung der obigen Diagramme die Zeitfehlerkurven der visuellen Versuchsreihe kaum differenziert, zeigt Abbildung 3.29 ein feiner skaliertes Diagramm.

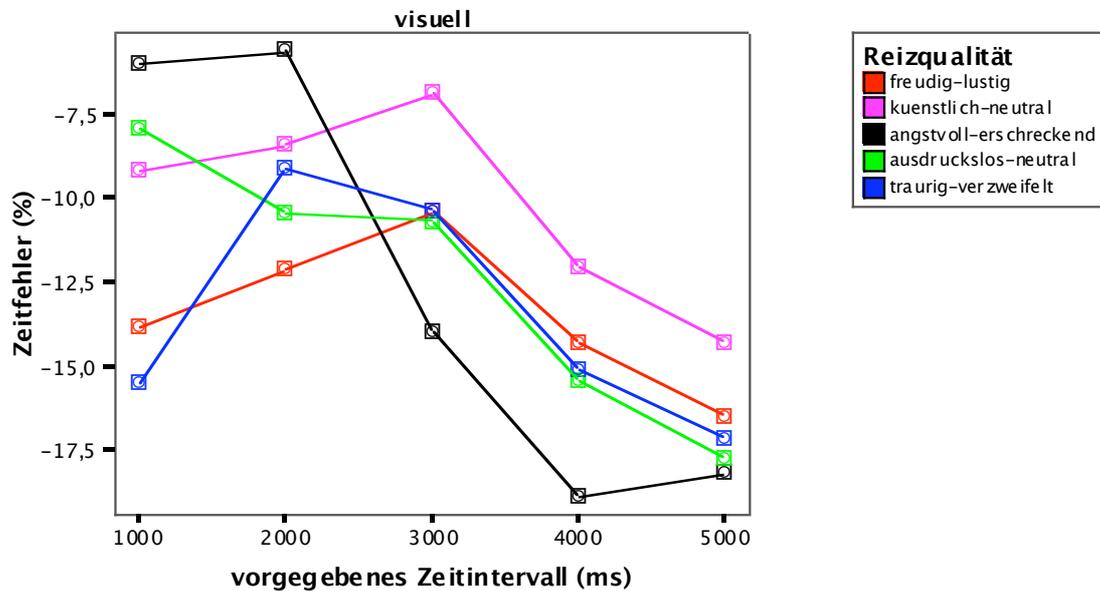


Abbildung 3.29: Zeitfehler - jeweils Median der 31 Vpn (siehe Tabelle 3.21-23) der einzelnen Reizqualitäten in der visuellen Versuchsreihe

Tabelle 3.24 zeigt die Ergebnisse der Analyse nach dem ALM ohne Berücksichtigung der Messwiederholung und Tabelle 3.25 die Ergebnisse der Messwiederholungsanalyse. Eta-Quadrat wurde auch hier per Hand berechnet.

Nach Modalität getrennte Messwiederholungsanalysen zeigt Tabelle 3.26.

Bei den Varianzanalysen mit Messwiederholung wurden (wie schon oben) bei Verletzung der Sphärizitätsannahme (siehe jeweils den Mauchly-Test) für die Signifikanzentscheidungen die Freiheitsgrad- Korrekturen des F-Tests nach Huynh-Feldt, Greenhouse-Geisser und der theoretischen Untergrenze des Korrekturfaktors Epsilon verwendet. Führten diese Korrekturen zu gleichen Ergebnissen, so wurden nur die Ergebnisse für die maximale Abweichung von der Sphärizität - Untergrenze/lower bound - angegeben.

Tabelle 3.24: Zeitfehler-Analyse nach dem ALM mit den festen Faktoren Modalität (mode), Reizqualität (quality), Reizdauer (dauer) und dem zufälligen, verschachtelten Faktor Versuchsperson (Vpn); GLM-univariate

Tests of Between-Subjects Effects DEPENDENT VARIABLE: ZEITFEHLER								
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
Intercept	Hypothesis	247553,984	1	247553,984	91,443	,000	,504	
	Error	243648,436	90	2707,205(a)				
MODE	Hypothesis	11621,698	2	5810,849	2,146	,123	,046	,012
	Error	243648,436	90	2707,205(a)				
QUALITY	Hypothesis	88935,885	4	22233,971	60,085	,000	,400	,092
	Error	133215,939	360	370,044(b)				
VPN(MODE)	Hypothesis	243648,436	90	2707,205	5,240	,000	,462	,251
	Error	283936,131	549,598	516,625(c)				
DAUER	Hypothesis	86574,403	6	14429,067	61,551	,000	,406	,089
	Error	126588,874	540	234,424(d)				
MODE * QUALITY	Hypothesis	62224,089	8	7778,011	21,019	,000	,318	,064
	Error	133215,939	360	370,044(b)				
MODE * DAUER	Hypothesis	7591,304	12	632,609	2,699	,002	,057	,008
	Error	126588,874	540	234,424(d)				
QUALITY * VPN(MODE)	Hypothesis	133215,939	360	370,044	4,213	,000	,407	,137
	Error	193956,755	2208	87,843(e)				
QUALITY * DAUER	Hypothesis	16811,014	24	700,459	7,974	,000	,080	,017
	Error	193956,755	2208	87,843(e)				
DAUER * VPN(MODE)	Hypothesis	126588,874	540	234,424	2,669	,000	,395	,130
	Error	193956,755	2208	87,843(e)				
a MS(VPN(MODE))								
b MS(QUALITY * VPN(MODE))								
c 1,000 MS(QUALITY * VPN(MODE)) + 1,000 MS(DAUER * VPN(MODE)) - MS(Error)								
d MS(DAUER * VPN(MODE))								
e MS(Error)								

Die Varianzaufklärung des in Tabelle 3.24 berechneten Modells (= Summe der Eta-Quadrate aller Faktoren) beträgt 80%.

Tabelle 3.25: Zeitfehler-Varianzanalyse mit Messwiederholung, GLM-repeated measures

Mauchly's Test of Sphericity							
Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon(a)		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
QUALITY	,670	35,349	9	,000	,817	,870	,250
DAUER	,016	360,362	20	,000	,370	,388	,167
QUALITY * DAUER	,000	634,435	299	,000	,618	,764	4,167E-02

a May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

Tests of Within-Subjects Effects								
Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
QUALITY	Sphericity Assumed	88935,885	4	22233,971	60,085	,000	,400	,092
	Lower-bound	88935,885	1,000	88935,885	60,085	,000	,400	,092
QUALITY * MODE	Sphericity Assumed	62224,089	8	7778,011	21,019	,000	,318	,064
	Lower-bound	62224,089	2,000	31112,044	21,019	,000	,318	,064
DAUER	Sphericity Assumed	86574,403	6	14429,067	61,551	,000	,406	,089
	Lower-bound	86574,403	1,000	86574,403	61,551	,000	,406	,089
DAUER * MODE	Sphericity Assumed	7591,304	12	632,609	2,699	,002	,057	,008
	Greenhouse-Geisser	7591,304	4,442	1708,932	2,699	,027	,057	,008
	Huynh-Feldt	7591,304	4,661	1628,762	2,699	,025	,057	,008
	Lower-bound	7591,304	2,000	3795,652	2,699	,073	,057	,008
QUALITY * DAUER	Sphericity Assumed	16811,014	24	700,459	8,206	,000	,084	,017
	Huynh-Feldt	16811,014	18,325	917,367	8,206	,000	,084	,017
	Lower-bound	16811,014	1,000	16811,014	8,206	,005	,084	,017
QUALITY * DAUER * MODE	Sphericity Assumed	9587,136	48	199,732	2,340	,000	,049	,010
	Huynh-Feldt	9587,136	36,651	261,582	2,340	,000	,049	,010
	Lower-bound	9587,136	2,000	4793,568	2,340	,102	,049	,010

Tests of Between-Subjects Effects							
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared	Eta Squared
Intercept	247553,984	1	247553,984	91,443	,000	,504	
MODE	11621,698	2	5810,849	2,146	,123	,046	,012
Error	243648,436	90	2707,205				

Tabelle 3.26: Zeitfehler-Varianzanalyse mit Messwiederholung, getrennt nach Modalität

Mauchly's Test of Sphericity								
Modalität	Within Subjects Effect	Mauchly's W	Approx. Chi-Square	df	Sig.	Epsilon(a)		
						Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Lower-bound
akustisch	QUALITY	,623	13,455	9	,144	,832	,949	,250
	DAUER	,015	116,832	20	,000	,401	,438	,167
	QUALITY * DAUER	,000	442,157	299	,000	,438	,692	4,167E-02
multimodal	QUALITY	,271	37,146	9	,000	,589	,642	,250
	DAUER	,015	117,498	20	,000	,391	,426	,167
	QUALITY * DAUER	,000	463,562	299	,000	,393	,587	4,167E-02
visuell	QUALITY	,437	23,528	9	,005	,748	,840	,250
	DAUER	,007	137,417	20	,000	,334	,358	,167
	QUALITY * DAUER	,000	389,054	299	,002	,462	,753	4,167E-02

a May be used to adjust the degrees of freedom for the averaged tests of significance. Corrected tests are displayed in the Tests of Within-Subjects Effects table.

Tests of Within-Subjects Effects								
Modalität	Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
akustisch	QUALITY	Sphericity Assumed	70786,556	4	17696,639	51,006	,000	,630
		Lower-bound	70786,556	1,000	70786,556	51,006	,000	,630
	DAUER	Sphericity Assumed	46203,434	6	7700,572	50,793	,000	,629
		Lower-bound	46203,434	1,000	46203,434	50,793	,000	,629
	QUALITY * DAUER	Sphericity Assumed	11530,131	24	480,422	6,805	,000	,185
		Huynh-Feldt	11530,131	16,611	694,124	6,805	,000	,185
Lower-bound		11530,131	1,000	11530,131	6,805	,014	,185	
multimodal	QUALITY	Sphericity Assumed	78421,211	4	19605,303	38,926	,000	,565
		Lower-bound	78421,211	1,000	78421,211	38,926	,000	,565
	DAUER	Sphericity Assumed	35508,169	6	5918,028	33,951	,000	,531
		Lower-bound	35508,169	1,000	35508,169	33,951	,000	,531
	QUALITY * DAUER	Sphericity Assumed	12919,981	24	538,333	6,434	,000	,177
		Huynh-Feldt	12919,981	14,096	916,563	6,434	,000	,177
Lower-bound		12919,981	1,000	12919,981	6,434	,017	,177	

visuell	QUALITY	Sphericity Assumed	1952,207	4	488,052	1,881	,118	,059
		Greenhouse-Geisser	1952,207	2,991	652,758	1,881	,139	,059
		Huynh-Feldt	1952,207	3,359	581,266	1,881	,131	,059
		Lower-bound	1952,207	1,000	1952,207	1,881	,180	,059
	DAUER	Sphericity Assumed	12454,104	6	2075,684	5,501	,000	,155
		Greenhouse-Geisser	12454,104	2,003	6219,176	5,501	,006	,155
		Huynh-Feldt	12454,104	2,146	5803,794	5,501	,005	,155
		Lower-bound	12454,104	1,000	12454,104	5,501	,026	,155
	QUALITY * DAUER	Sphericity Assumed	1948,037	24	81,168	,797	,743	,026
		Greenhouse-Geisser	1948,037	11,090	175,653	,797	,644	,026
		Huynh-Feldt	1948,037	18,075	107,773	,797	,705	,026
		Lower-bound	1948,037	1,000	1948,037	,797	,379	,026

Mittels a-priori Kontrasten wurde (wie schon bei den absoluten reproduzierten Zeitintervallen - siehe Tabelle 3.18) auch für die Zeitfehler untersucht, ob sich die Zeitfehler aufeinander folgender Vorgabedauern signifikant unterscheiden. Die Ergebnisse zeigt Tabelle 3.27, die nach Modalitäten getrennten Kontraste zeigt Tabelle 3.28.

Tabelle 3.27: Tests der Innersubjekt-Kontraste für den Faktor vorgegebene Zeit/Dauer

Source	DAUER (ms)	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
DAUER	<i>1000 vs. 2000</i>	1720,326	1	1720,326	2,496	,118
	<i>2000 vs. 2500</i>	337,034	1	337,034	1,504	,223
	<i>2500 vs. 3000</i>	3263,890	1	3263,890	23,395	,000
	<i>3000 vs. 3500</i>	4111,242	1	4111,242	34,399	,000
	<i>3500 vs. 4000</i>	3134,900	1	3134,900	26,979	,000
	<i>4000 vs. 5000</i>	10185,646	1	10185,646	78,356	,000

Tabelle 3.28: Tests der Innersubjekt-Kontraste für den Faktor vorgegebene Zeit/Dauer

MODALITÄT	DAUER (ms)	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
akustisch	<i>1000 vs. 2000</i>	1862,524	1	1862,524	4,318	,046
	<i>2000 vs. 2500</i>	696,632	1	696,632	5,038	,032
	<i>2500 vs. 3000</i>	1364,172	1	1364,172	12,534	,001
	<i>3000 vs. 3500</i>	1880,063	1	1880,063	24,611	,000
	<i>3500 vs. 4000</i>	1125,730	1	1125,730	9,929	,004
	<i>4000 vs. 5000</i>	5223,310	1	5223,310	59,382	,000
multimodal	<i>1000 vs. 2000</i>	1056,398	1	1056,398	1,713	,200
	<i>2000 vs. 2500</i>	417,643	1	417,643	2,693	,111
	<i>2500 vs. 3000</i>	538,920	1	538,920	5,756	,023
	<i>3000 vs. 3500</i>	1737,717	1	1737,717	16,855	,000
	<i>3500 vs. 4000</i>	1550,229	1	1550,229	31,493	,000
	<i>4000 vs. 5000</i>	4165,914	1	4165,914	27,056	,000
visuell	<i>1000 vs. 2000</i>	14,587	1	14,587	,014	,906
	<i>2000 vs. 2500</i>	225,969	1	225,969	,596	,446
	<i>2500 vs. 3000</i>	1505,714	1	1505,714	6,969	,013
	<i>3000 vs. 3500</i>	676,608	1	676,608	3,779	,061
	<i>3500 vs. 4000</i>	578,546	1	578,546	3,111	,088
	<i>4000 vs. 5000</i>	1443,169	1	1443,169	9,749	,004

Die paarweisen Einzelvergleiche der Zeitfehler der verschiedenen Reizqualitäten (über alle Zeiten gemittelt) zeigt Tabelle 3.29.

Sie unterscheiden sich nur geringfügig von den Reiz-Einzelvergleichen der absoluten Zeitschätzungen, weshalb letztere hier nicht aufgeführt sind. Bei diesen werden nämlich

Unterschiede in der Reproduktionsdauer der verschiedenen Reize in Abhängigkeit vom Vorgabeintervall unterschiedlich gewichtet. Unterscheiden sich z.B. die reproduzierten Intervalle zweier Reize um 10%, so geht der gleiche prozentuale Unterschied bei einer Vorgabedauer von 1000ms mit etwa 100ms Differenz in den Mittelwert ein, bei einer Vorgabedauer von 5000ms aber mit etwa 400ms. Bei den absoluten Zeitschätzungen werden Unterschiede in der Reproduktionsdauer bei kürzeren Vorgabeintervallen weniger berücksichtigt als bei längeren Vorgabeintervallen, der Zeitfehler passt für diese Analyse im Durchschnitt besser.

Werden die paarweisen Einzelvergleiche der Reizqualitäten für jedes Vorgabeintervall einzeln berechnet, so stimmen die Ergebnisse für die Zeitfehler und die absoluten reproduzierten Intervalle (siehe Tabelle 3.19) überein, da es sich dann um eine Lineartransformation handelt.

Tabelle 3.29: Paarweise Vergleiche der 5 Reizqualitäten, getrennt nach Modalität;

Codierung der ReizQUALITÄT:

1 – freudig/lustig

2 – künstlich/neutral

3 – angstvoll/erschreckend

4 – ausdruckslos/neutral

5 – traurig/verzweifelt

MODALITÄT	(I) QUALITÄT	(J) QUALITÄT	MITTELWERT DIFFERENZ (I - J)	STD. FEHLER	SIGNIFIKANZ <i>a</i>
akustisch	1	2	7,811(*)	1,545	,000
		3	1,168	1,721	1,000
		4	4,284(*)	1,472	,045
		5	-15,706(*)	1,965	,000
	2	1	-7,811(*)	1,545	,000
		3	-6,644(*)	1,667	,001
		4	-3,528	1,491	,201
		5	-23,517(*)	2,133	,000
	3	1	-1,168	1,721	1,000
		2	6,644(*)	1,667	,001
		4	3,116	1,728	,747
		5	-16,873(*)	2,236	,000
	4	1	-4,284(*)	1,472	,045
		2	3,528	1,491	,201
		3	-3,116	1,728	,747
		5	-19,989(*)	2,279	,000
	5	1	15,706(*)	1,965	,000
		2	23,517(*)	2,133	,000
		3	16,873(*)	2,236	,000
		4	19,989(*)	2,279	,000

multimodal	1	2	9,236(*)	1,545	,000
		3	6,583(*)	1,721	,002
		4	4,912(*)	1,472	,012
		5	-14,694(*)	1,965	,000
	2	1	-9,236(*)	1,545	,000
		3	-2,653	1,667	1,000
		4	-4,324(*)	1,491	,047
		5	-23,930(*)	2,133	,000
	3	1	-6,583(*)	1,721	,002
		2	2,653	1,667	1,000
		4	-1,671	1,728	1,000
		5	-21,277(*)	2,236	,000
	4	1	-4,912(*)	1,472	,012
		2	4,324(*)	1,491	,047
		3	1,671	1,728	1,000
		5	-19,606(*)	2,279	,000
	5	1	14,694(*)	1,965	,000
		2	23,930(*)	2,133	,000
		3	21,277(*)	2,236	,000
		4	19,606(*)	2,279	,000
visuell	1	2	-1,319	1,545	1,000
		3	,141	1,721	1,000
		4	2,162	1,472	1,000
		5	2,119	1,965	1,000
	2	1	1,319	1,545	1,000
		3	1,460	1,667	1,000
		4	3,481	1,491	,218
		5	3,437	2,133	1,000
	3	1	-,141	1,721	1,000
		2	-1,460	1,667	1,000
		4	2,021	1,728	1,000
		5	1,977	2,236	1,000
	4	1	-2,162	1,472	1,000
		2	-3,481	1,491	,218
		3	-2,021	1,728	1,000
		5	-4,395E-02	2,279	1,000
	5	1	-2,119	1,965	1,000
		2	-3,437	2,133	1,000
		3	-1,977	2,236	1,000
		4	4,395E-02	2,279	1,000

* The mean difference is significant at the ,05 level.

a Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

4. Diskussion

*You must remember this
A kiss is still a kiss
A sigh is just a sigh
The fundamental things apply
As time goes by*

aus „As time goes by“ (Hupfeld/Steiner)

Dass *Zeit* („a measured or measurable period, a continuum that lacks spatial dimensions“- Encyclopaedia Britannica 2003), *Zeitwahrnehmung* und *Gegenwart* zu den am schwierigsten zu erklärenden Begriffen gehören, erläuterte schon Augustinus (354-430) in seinen *Confessiones*: „Was also ist die Zeit? Solange mich niemand danach fragt, ist mir's als wüsste ich es; doch fragt man mich und soll ich es erklären, so weiß ich es nicht ...“

Dieser Themenbereich und seine Untersuchung muten aufgrund ihrer Abstraktheit und philosophischen Konnotationen oftmals geradezu „unbiologisch“ an. Die ungegenständliche Komponente wird noch dadurch verstärkt, dass es kein *einzelnes* Organ, biologische Uhr oder Wahrnehmungssystem gibt, welches Lebewesen Zeit verfügbar macht. (Bisher wurde auch kein systematischer Zusammenhang zwischen verschiedenen biologischen Rhythmen/Zyklen und der Zeitverarbeitung bis zu einer Stunde Dauer gefunden (siehe Zakay and Block 1996; Wittmann 1999; Lewis and Walsh 2002).)

Nichtsdestotrotz ist Zeitwahrnehmung insbesondere für höhere Organismen eine überlebenswichtige Fähigkeit. Gerade die Wahrnehmung kurzer Zeitspannen (Millisekunden, Sekunden und Minuten) ist für die verlässliche Repräsentation der unmittelbaren Umgebung und für die Verarbeitung von Umweltreizen essentiell.

„Animal behaviors rely upon the integration of information from a number of sources of sensory information. The assembly of this information into a coherent and useful “gestalt” upon which appropriate behavioral responses can be generated is a fundamental role of the brain.“ (Coombs and New 2001, S. 5)

4.1 Die Zeitschätzungen der Versuchspersonen

Fehlschätzungen

Wie in 2. *Material und Methode* beschrieben, konnten die Versuchspersonen (Vpn) nach jeder ihrer Zeitschätzungen/Intervallreproduktionen mit einem Drücken der Leertaste markieren, ob sie meinten, sich deutlich verschätzt zu haben. Tatsächlich markierten sie aber nur die seltenen technischen Bedienungsfehler relativ zuverlässig. Der übrige, weitaus größte Teil der markierten Zeitschätzungen war nicht ungenauer als die unmarkierten Schätzungen. Einerseits gibt es einen Zusammenhang mit dem Faktor „Unsicherheit“, der sicherlich mit der Vpn-Persönlichkeit zusammenhängt: Die meisten Vpn drückten die Leertaste gar nicht oder 1-2 mal - einige wenige Vpn bis zu 22 mal, ohne aber schlechter zu schätzen als die übrigen Vpn. Andererseits wurden sehr ungenaue Intervallreproduktionen, die keine Messfehler sind, nicht häufiger markiert als genaue Schätzungen. Ohne Übungsdurchgänge mit Feedback ist es offensichtlich sehr schwer, die Genauigkeit von eigenen Zeitintervallreproduktionen einzuschätzen.

Abnutzung der Reizqualität

Ein (nicht selbstverständliches) Ergebnis der Datenanalyse ist, dass es keine Abnutzung der Emotionswirkung/-induktion über die 5 Wiederholungsmessungen eines Reizqualität-Zeitintervalls hinweg gab; und aufgrund der zufälligen Reihenfolge der 7 Intervalldauern also auch keine Abnutzung über die 35 Darbietungen/Zeitschätzungen (7 Zeitintervalle x 5 Wiederholungen) einer Reizqualität (siehe 3.1 *Exkurs: Abnutzung der Reizqualität*).

Dies ist nicht überraschend, wenn man bedenkt, dass die Anzahl der Reproduktionsdurchgänge pro Reizqualität in Vorversuchen und Probandenbefragungen gerade auf diesen Aspekt hin bestimmt wurde.

Die kritischste Interpretation dieses Ergebnisses wäre die Annahme, dass die verschiedenen Stimuli überhaupt keine unterschiedliche Wirkung auf die Vpn bzw. ihre Zeitschätzungen haben und somit auch keine Abnutzungserscheinungen möglich sind. Wie weiter unten erläutert, kann dies aber (zumindest für die akustische und die multi-modale Versuchsreihe) ausgeschlossen werden.

Die Zeitwahrnehmung in Abhängigkeit von der vorgegebenen Dauer

Wie in den Ergebniskapiteln 3.1-3.3 dargestellt, gibt es bei den reproduzierten Dauern (als Reaktion auf ein bestimmtes Vorgabeintervall) eine deutliche Streuung sowohl innerhalb als auch zwischen den Vpn.

Die Zeitintervallreproduktionen sind aber nicht zufällig und die Mediane (Mittelwerte) kein statistisches Artefakt, sondern es gibt für jede der 105 Modalität-Reizqualität-Reizdauer – Kombinationen eine zentrale Tendenz der Zeitschätzungen: Die 105 Stichproben bzw. die 105 Kombinationen in der Grundgesamtheit sind normalverteilt. Außerdem zeigen alle Varianzanalysen, dass die vorgegebene Dauer einen höchst signifikanten Einfluss auf die reproduzierte Dauer hat. Aber nicht nur diese eher banale Annahme, auch die weitergehendere (siehe 1.7 Die Hypothesen - a)) wurde durch die Tests der Innersubjektkontraste und paarweisen Einzelvergleiche (siehe u.a. Tabelle 3.18) bestätigt:

Die Zeitwahrnehmung der Vpn ist genau genug, um alle Vorgabeintervalle (1000, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000, 5000 ms) zu differenzieren und längere Vorgaben (bei teilweise nur 500ms Unterschied) auch signifikant länger zu reproduzieren.

Dies gilt sowohl gemittelt über alle anderen Faktoren als auch getrennt nach Modalität und sogar für jede einzelne Reizqualität innerhalb einer bestimmten Modalität (mit Ausnahme des akustischen Stimulus *Weinen* zwischen vorgegebenen 3500ms und 4000ms).

Diese Differenzierungsfähigkeit der Vpn ist umso bemerkenswerter, als es (wie unten erläutert wird) eine zunehmende Unterschätzung der vorgegebenen Intervalle gibt, welche die Unterschiede zwischen den reproduzierten Dauern etwas nivelliert - die reproduzierten Dauern/Millisekunden-Werte „rutschen“ (mit zunehmendem Vorgabeintervall) zusammen; bezogen auf die Grafiken: die Steigung der Zeitkurven nimmt ab.

Mit zunehmender Dauer der vorgegebenen Zeitintervalle werden diese auch zunehmend unterschätzt. Mit länger werdender Vorgabedauer nimmt nämlich nicht nur die absolute Unterschätzung in Millisekunden zu, sondern auch die prozentuale Verschätzung bzw. Unterschätzung – der sog. Zeitfehler - siehe 3.5 Analyse der Zeitfehler. (Da sich der Zeitfehler im negativen Bereich bewegt, nimmt er - genau genommen - natürlich ab.)

Wie die Diagramme (Abbildungen 3.26-28) zeigen, nimmt die Verschätzung/der Zeitfehler (über Modalität und Reizqualität gemittelt) *kontinuierlich* zu. Dies gilt auch für die

akustischen und multimodalen Stimuli; bei den visuellen Reizen und den einzelnen Reizqualitäten nach Modalität getrennt gibt es kleine Ausreißer nach oben. Bemerkenswerterweise kommen diese kurzen Unterbrechungen der generellen Tendenz zu größer werdender Unterschätzung vor allem bei Vorgabedauern kleiner als 3000ms vor. Auch beim Test der Innersubjektkontraste des Zeitfehlers, der prüft ob sich die Zeitfehler aufeinander folgender Vorgabedauern unterscheiden, findet sich dieses Muster – ab 2500ms sind die Unterschiede signifikant bzw. werden zunehmend „signifikanter“ (siehe Tabellen 3.27-28). Dieses Muster ist ein Hinweis auf einen Änderung der Zeitverarbeitung bei ca. 3 Sekunden.

Streuung der Zeitschätzungen

Die Kennwert-Tabellen der absoluten Zeitschätzungen (Tabellen 3.3 – 3.5) und die Scatterplots (Abbildungen 3.14 - 3.23) zeigen: Mit zunehmender VorgabeDauer nimmt die Standardabweichung der reproduzierten Dauern deutlich und (fast völlig) kontinuierlich zu; und zwar gemittelt über alle Modalitäten bzw. Reizqualitäten, aber auch für jede einzelne Reizqualität – Modalität Kombination.

Sowohl die absolute Größenordnung der Standardabweichungen als auch der Grad und Verlauf ihrer Zunahme ist bei allen Modalitäten und Reizqualitäten sehr ähnlich.

(Bei der visuellen Versuchsreihe ist die Streuung am größten und die Unterschiede zwischen den Reizqualitäten am geringsten. Tendenziell ist die Streuung bei den freudigen und traurigen Stimuli etwas größer als bei den übrigen Reizqualitäten.)

Der Standardfehler des Mittelwertes (Tabellen 3.3-3.5) - also die Standardabweichung der Mittelwerte von Zufallstichproben aus der Population - gibt wie das Konfidenzintervall den Bereich an, in dem der „wahre“ Mittelwert der Grundgesamtheit liegt. Er ist proportional zur Standardabweichung, sagt darüber hinaus aber auch noch aus, wie präzise der errechnete Mittelwert den Populationsparameter schätzt. Bei einer Vorgabedauer von 1000ms liegt der Standardfehler etwa zwischen 30 und 50, bei einer Vorgabedauer von 5000ms nicht über 135 – die errechneten Mittelwerte der reproduzierten Zeitintervalle sind also relativ präzise Schätzungen.

Bei obigen Überlegungen zu den Streuungsmaßen ist natürlich zu berücksichtigen, dass es bei absoluten Zeitschätzungen sehr nahe liegend ist, dass mit zunehmender

vorgegebener Dauer (immerhin eine Verfünffachung – 1000 bis 5000 ms) auch die Standardabweichung zunimmt. In Zeitwahrnehmungsstudien wird oft das *Weber'sche Gesetz* auf die Standardabweichung bezogen (siehe: Allan 1979) – danach müsste die Standardabweichung der reproduzierten Intervalle linear mit der Dauer der Vorgabeintervalle (oft alternativ: Mittelwert der reproduzierten Intervalle) zunehmen. Allan (1979) folgert aus seiner Analyse dieser Studien, dass das Weber'sche Gesetz in seiner einfachen Form für die Zeitwahrnehmung nicht gültig ist. Auch die hier dargestellte Untersuchung kommt zu dem Ergebnis, dass weder der Quotient aus Standardabweichung und Vorgabedauer eine Konstante ist, noch der Variationskoeffizient, der die Standardabweichung am Mittelwert der reproduzierten Intervalle relativiert.

Die Variabilität der Zeitschätzungen wird wohl nicht von einer einzelnen, bei jeder Vorgabedauer identisch wirkenden Quelle verursacht.

Auch die Standardabweichung des Zeitfehlers (also der prozentualen Zeitverschätzung) ist keine Konstante, siehe Tabellen 3.21-23. Interessanterweise bleibt die Standardabweichung des Zeitfehlers mit zunehmendem Vorgabeintervall nicht gleich, sondern nimmt sogar fast kontinuierlich ab. Je länger also das vorgegebene Zeitintervall desto weniger (prozentual gesehen) streuen die Zeitschätzungen der verschiedenen Vpn.

Hier könnte man über eine Art „Deckelungs“-Effekt spekulieren. Vielleicht gäbe es entsprechend dem Weberschen Gesetz eine prozentual konstante Streuung über die verschiedenen Vorgabeintervalle hinweg, aber diese wird durch die zunehmende Unterschätzung der Zeitintervalle (das Abflachen der Zeitkurven) von oben „gedeckelt“ (und von unten aufgrund der Nulllinie bzw. einem gewissen Mindest-abstand zu ihr begrenzt). Dem „Deckelungs“-Effekt läge also der Übergang von der sensorischen zur kognitiven Verarbeitung von Zeitinformation zugrunde.

Wie die statistischen Kennwerte der absoluten Zeitschätzungen, zeigen auch die Kennwerte der Zeitfehler (Tabellen 3.21-23) die *relativ* deutliche Streuung der Zeitschätzungen und damit indirekt die „Schwierigkeit“ der Reproduktionsaufgabe. Wichtig ist, dass - wie bei den absoluten Schätzungen – auch für die Zeitfehler gilt:

Sowohl die absolute Größenordnung der Standardabweichungen als auch der Grad und Verlauf ihrer Zunahme ist bei allen Modalitäten und Reizqualitäten sehr ähnlich.

(Diese Übereinstimmung bei absoluten Schätzungen und Zeitfehlern überrascht nicht, wenn man bedenkt, dass - bei gleichem Vorgabeintervall - der Zeitfehler eine Lineartransformation des absoluten reproduzierten Intervalls ist.)

4.2 Gegenwartsfenster, Vierordts Regel und die Scalar Timing Theory

Die Dauer der Gegenwart

Wie in 1.3 *Die Methode der Reproduktion* erläutert, besagt Vierordts Regel, dass bei der Reproduktion von Zeitspannen im Sekundenbereich kurze Intervalle überschätzt und längere Intervalle unterschätzt werden und es dazwischen zu Indifferenzpunkten, also exakten Zeitschätzungen, kommt. Die Zeitschätzungskurven, die sich aus den Messdaten ergeben (siehe Abbildungen 3.3-3.13), verlaufen aber fast alle unterhalb der Winkelhalbierenden (welche die exakten Intervallreproduktionen markiert). Es gibt folglich keine Schnittpunkte bzw. Indifferenzpunkte; außer für die Reizqualität *traurig* in der akustischen Versuchsreihe bei 3800ms und in der multimodalen bei 4000ms (also im erwarteten Zeitbereich).

Die (meisten) vorgegebenen Zeitintervalle werden von Anfang an unterschätzt. Und diese (prozentuale) Unterschätzung wird mit zunehmendem Vorgabeintervall deutlich größer; siehe Tests der Innersubjektkontraste - Tabellen 3.27-28. Diese Tests zeigen, woher der höchst signifikante Einfluss des Faktors (vorgegebene) Dauer bei den Varianzanalysen des Zeitfehlers rührt.

Dass der Faktor vorgegebene Dauer bei den Varianzanalysen der absoluten reproduzierten Zeitintervalle (Tabelle 3.15-3.17) höchst signifikant ist und fast 82 % der Variabilität aufklärt, leuchtet sofort ein. Nicht selbstverständlich ist aber, dass bei den Varianzanalysen des prozentualen Zeitfehlers (bei dem die absoluten Unterschiede der Zeitintervalle rausgerechnet sind) der Einfluss der vorgegebenen Intervalldauer immer noch höchst signifikant ist und 9% der Variabilität erklärt.

Die Vorgabedauer hat neben ihrem Einfluss aufgrund ihrer absoluten Dauer noch eine zweite, deutliche Wirkung auf die reproduzierte Dauer, d.h. auf Zeitwahrnehmung der Vpn – dies spricht für einen Wechsel des Zeitverarbeitungsmechanismus.

Das Fehlen von Indifferenzpunkten, also des Wechsels vom Über- zum Unterschätzen, widerspricht nicht der Existenz bzw. dem Wirken eines Gegenwarts-Zeitfenstermechanismus. Auch in anderen aktuellen Zeitforschungsstudien - Vierordt konforme Ergebnisse finden sich vor allem in älteren Untersuchungen (Vierordt 1868; Woodrow 1951) - wurden die vorgegebenen Zeitintervalle von Anfang an unterschätzt (u.a. Elbert, Ulrich et al. 1991; Maase 2001; Kagerer, Wittmann et al. 2002).

Die elektrophysiologische Studie von Elbert et al. (1991) belegt die qualitative Änderung der Zeitverarbeitung eindrucksvoll. Die Qualität langsamer kortikaler Potentiale von Vpn, die visuell dargebotene Zeitintervalle reproduzierten, ist bei Intervallen bis ungefähr 3 Sekunden eine andere als bei längeren Zeitstrecken. Ein negatives Potential (contingent negative variation) zeigt sich stärker oder sogar überhaupt nur bei Reproduktionsdauern von bis zu 3 Sekunden: „The ERP results (event-related potentials, d. Verf.) suggest that intervals shorter than 3-4 s may evoke a processing mode that is qualitatively different from the one dominating when periods in the range of several seconds have to be processed.“ (Elbert, Ulrich et al. 1991, S.648)

Eine qualitative Änderung der Zeitwahrnehmung könnte sich auch in einem „Abknicken“ der Zeitschätzungskurven zeigen. Wie in Kapitel 3.3 *Grafische Darstellung der Versuchsergebnisse* erläutert, war eine Kurvenanpassung an die vorhandenen Daten über mathematische Modelle nicht möglich, sodass sich ein etwaiger Wendepunkt der Zeitschätzungskurven nicht berechnen ließ.

Es wäre zwar möglich, mittels einer bi-linearen Regression (also der Berechnung zweier Regressionsgeraden, die die Daten besser beschreiben als eine einzelne Regressionsgerade) bzw. mittels deren Schnittpunkt über einen Wechsellpunkt zu spekulieren (Kagerer, Wittmann et al. 2002). Die hier durchgeführten Analysen zeigen aber, dass der Zeitfehler kontinuierlich zunimmt, die „Steigung“ also immer geringer wird, eine abflachende Kurve offensichtlich eine genauere Beschreibung darstellt – also würden 3 Regressionsgeraden wiederum besser passen als 2 Geraden (und 4 besser als 3 ...) - daher wurde dieser Ansatz verworfen.

Die qualitative Änderung der Zeitverarbeitung bzw. der „Wechselbereich“ des Zeitverarbeitungsmechanismus würde sich aber auch in einer überdurchschnittlichen Zunahme der Unterschätzung zeigen. Sieht man sich den über Modalitäten und Reiz-

qualitäten gemittelten Zeitfehler für jedes Vorgabeintervall an (siehe unten und Abbildung 3.26), so ist die größte Zunahme der Unterschätzung zwischen 3000 und 4000 ms zu finden (genauer: zwischen 3500 und 4000 ms):

Vorgegebene Dauer:	1000 ms	Zeitfehler (%):	-3,96
	2000 ms		-5,51
	(2500 ms		-5,89)
	3000 ms		-8,63
	(3500 ms		-10,70)
	4000 ms		-14,39
	5000 ms		-18,32

Auch für jede der 3 Modalitäten liegt die über 5 Reizqualitäten gemittelte, maximale Zeitfehler-Differenz zwischen 3000 und 4000 ms (genauer: wiederum zwischen 3500 und 4000 ms).

Entsprechend wurde bei den nach Reizqualität und Modalität getrennten Reproduktionen untersucht, zwischen welchen vorgegebenen Zeitintervallen die *Zunahme der prozentualen Unterschätzung* am größten ist (siehe Zeitfehler-Tabellen 3.21-3.23) → die „Wechselpunkte“ liegen danach bei:

<u>Versuchsreihe bzw. Stimuli:</u>	<u>akustisch</u>	<u>visuell</u>	<u>multimodal</u>
<i>freudig-lustige</i> Reizqualität:	4500ms	3500ms	1500ms
<i>künstlich-neutrale</i> Reizqualität:	3500ms	3500ms	2000ms
<i>angstvoll-erschreckende</i> Reizqualität:	2500ms	2500ms	2500ms
<i>ausdruckslos-neutrale</i> Reizqualität:	3500ms	3500ms	3000ms
<i>traurig-verzweifelte</i> Reizqualität:	3500ms	3500ms	3500ms

(Mittelwert = 3100 ms)

Nachdem sich nur beim *Weinen* ein Indifferenzpunkt fand, der die Grenze des Zeitfensters angibt, lässt sich der Wechselpunkt für die Zeitintervallreproduktionen dieser Untersuchung nicht eindeutig bestimmen. Dass es aber einen Zeitfenstermechanismus gibt, ist aufgrund der Zeitkurvenverläufe und Entwicklung der Zeitfehler mehr als plausibel.

Nimmt man die oben dargestellten Ergebnisse der Datenanalyse, die Zunahme des Zeitfehlers und die Muster in den Diagrammen und Innersubjektkontrasten (siehe 4.1 *Die Zeitwahrnehmung in Abhängigkeit von der vorgegebenen Dauer*) zusammen, dann liegt eine Änderung/Wechsel der Zeitverarbeitung bzw. die Grenze des Gegenwartsfensters zwischen 3 – 4 Sekunden (in Übereinstimmung mit den bereits dargestellten Annahmen und Untersuchungsergebnissen anderer Forscher).

Womit die Fragen zu 1.7 *Die Hypothesen: b*) beantwortet sind.

Obige Überlegungen erscheinen weniger spekulativ, wenn man berücksichtigt, dass es auch bei den Zeitkurven mit Indifferenzpunkt kein wirkliches Abknicken, sondern eben einen *Kurven*-Verlauf gibt.

Es wäre ohnehin sehr ungewöhnlich, geradezu „unorganisch“, wenn es bei einem biologisch-neuropsychologischen Prozess wie der Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich zu einem abrupten Wechsel käme (von der ganzheitlichen Verarbeitung kurzer Wahrnehmungseinheiten zur kognitiv gesteuerten Erinnerung längerer Intervalle). Dann nähme die Genauigkeit der Zeitwahrnehmung *nicht kontinuierlich* ab und das subjektive Zeitempfinden bliebe plötzlich gegenüber dem gleichmäßigen Fluss der Geschehnisse der Außenwelt zurück. Dies widerspricht nicht nur dem menschlichen Zeiterleben – auch wenn man von evolutionären Entwicklungen bekanntermaßen keine optimalen Ergebnisse erwarten darf, ein solch gewichtiges, Fitness-reduzierendes Defizit ist bei wahrnehmungstechnisch hoch entwickelten Lebewesen sehr unwahrscheinlich.

Scalar Timing Theory und Range-Effekt

Die (fast kontinuierliche) Zunahme der Unterschätzung bzw. das Wachsen des Zeitfehlers führt noch zu weiteren Schlussfolgerungen. Auf den ersten Blick ließe sich der Verlauf der Zeitkurven (Abbildungen 3.3-3.13) nämlich (annähernd) als Gerade interpretieren. Tatsächlich kommen mehrere Studien (z.B. Adam, Castro et al. 1974; Überblick in: Allan 1979; Staddon and Higa 1999; Wearden 2003) zu dem Schluss, die Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich ließe sich durch eine lineare Funktion beschreiben. Der zunehmende Abstand der Zeitschätzungskurven von der Winkelhalbierenden müsste sich dann allein dadurch erklären lassen, dass mit zunehmender Vorgabedauer bei konstanter Steigung (der Geraden) die absolute Unterschätzung immer

größer wird. Die Steigung nimmt aber ab bzw. die prozentuale Unterschätzung, der Zeitfehler bleibt über die verschiedenen Vorgabeintervalle hinweg nicht konstant, sondern nimmt deutlich zu; (wie die Varianzanalysen und Innersubjektkontraste belegen - siehe 3.5 *Analyse der Zeitfehler* und 4.1 *Die Zeitwahrnehmung in Abhängigkeit von der vorgegebenen Dauer*).

Folglich lässt sich die Reproduktion von Zeitintervallen (im Sekundenbereich), also die Transformation von objektiver Zeit in subjektive, nicht als linearer Prozess beschreiben. Damit widersprechen die Ergebnisse dieser Untersuchung, wie auch die der Pilotstudie (Maase 2000; Christiansen and Maase 2001) und einer neuropsychologischen Untersuchung (Kagerer, Wittmann et al. 2002), dem vorherrschenden Paradigma der Scalar Timing Theory; (und dies für akustische, visuelle und audiovisuelle Stimuli).

Die Scalar Timing Theory (auch Scalar Expectancy Theory) beschreibt nämlich die subjektiv wahrgenommene Zeit als lineare Funktion der physikalischen Zeit und die Variabilität der subjektiven Schätzungen als lineare Funktion der gemittelten subjektiven Schätzungen (-> Webers Gesetz bzw. der Variationskoeffizient als Konstante); wobei Ersteres eben nicht mit dem Wirken eines Gegenwartsfenster-Mechanismus vereinbar ist und ebenso wie Letzteres (siehe: 4.1 *Streuung der Zeitschätzungen*) in vorliegender Studie und anderen Untersuchungen (Allan 1979; Kagerer, Wittmann et al. 2002) nicht gefunden wurde.

Auch wenn manche Verfechter der Scalar Timing Theory diese Widersprüche diskutieren (z.B.: Wearden 2003), ist das Hauptproblem nach Meinung des Autors die schon erwähnte (siehe 1.1 *Die Blickrichtung dieser Arbeit*) Konfusion der Methoden und der untersuchten Zeitbereiche. Insbesondere der in dieser Arbeit analysierte Zeitbereich wurde kaum betrachtet - typischerweise untersucht auch Wearden (2003) nur Intervalle bis 1200ms.

Auf einen beliebten Einwand von „Gegnern“ des Zeitfensterkonzepts bzw. der Vierordtschen Regel - deren exaktes Zutreffen (wie oben erläutert) keine Voraussetzung des Gegenwartsfenstermechanismus ist - sei hier kurz eingegangen: Der Wechsel der Zeitverarbeitung sei ein Artefakt, da bei Untersuchung eines jeden beliebigen Zeitbereichs lange Zeitintervalle unterschätzt, kurze überschätzt und mittlere Dauern genau geschätzt würden. Dies wird als *Range-Effekt* bezeichnet (manchmal auch Time Order Error bzw. Adaptation Level Theorie).

Schon die generelle Wirksamkeit des Range-Effekts wird in der Zeitpsychologie kontrovers diskutiert (Übersicht in: Allan 1979; Staddon and Higa 1999). Die Relevanz bzw. mögliche Artefakte des Range-Effekts für die Methode der Reproduktion (im Sekundenbereich) wurde aber bereits eindeutig widerlegt (Pöppel 1978; Pöppel 1996; Steinbüchel, Wittmann et al. 1996). So wurden Experimente durchgeführt, bei denen die Vpn jeweils nur *ein* Vorgabeintervall reproduzierten; und zwar in verschiedenen Zeitbereichen, zwischen 500 - 5000 ms und zwischen 10500 - 15000 ms. Dabei wurde für den ersten Zeitbereich ein deutlicher, interindividueller Indifferenzpunkt bei etwa 3000 ms gefunden, für den zweiten Zeitbereich nicht. Eine ähnliche Untersuchung mit dem gleichen Ergebnis führten Szelag et al. (2004) durch.

Auch die schon erwähnten Studien (Elbert, Ulrich et al. 1991; Maase 2001; Kagerer, Wittmann et al. 2002) und natürlich die hier dargestellte Untersuchung zeigten keine Range-Effekte, z.B. wurden kürzere Zeitintervalle nicht überschätzt, sondern fast exakt reproduziert.

4.3 Der Einfluss der Reizqualität

Vergleichbarkeit und Wirkung der Stimulusqualität

Ein für diese Untersuchung und die Interpretation der Daten zentraler Punkt ist die Vergleichbarkeit der verschiedenen Reizqualitäten. Zwar ist es ein Ziel dieser Studie zu untersuchen, ob (und wie) die Komplexität und emotionale Valenz eines Reizes auf seine zeitliche Verarbeitung einen Einfluss haben. Würde sich aber herausstellen, dass die verschiedenen Reizqualitäten auf prinzipiell unterschiedliche Weise/von verschiedenen Mechanismen verarbeitet werden, so wäre dies ein interessantes Ergebnis - jedoch ein direkter Vergleich der Reizqualitäten (auch und gerade in Bezug auf das Gegenwartsfenster) wäre nicht möglich. Zum Beispiel kann die Stimulusform (etwa die Klangstruktur eines akustischen Reizes) eine kontinuierliche Reproduktion verhindern; gesprochener Text würde höchstwahrscheinlich schon bei Zeitspannen unter 3 Sekunden kognitiv verarbeitet; Reize mit Klang-Pause oder Bewegung-Stillstand Wechseln würden den Wahrnehmungsprozess zerteilen und aufgrund ihrer diskontinuierlichen Struktur eine ganzheitlich-„gestaltähnliche“ Verarbeitung von vornherein sehr erschweren. Deshalb

wurden die Stimuli, wie in 2.3 *Die Lautreize* und 2.4 *Die Bildreize* beschrieben, spezifisch ausgewählt und modifiziert.

Dass die „Homogenisierung“ der Lautreize erfolgreich war und ein direkter Vergleich der verschiedenen Reizqualitäten erlaubt ist, zeigen die 3. *Ergebnisse*: Die Zeitschätzungs-Kurven der verschiedenen Reizqualitäten haben die gleiche Form bzw. verlaufen sehr ähnlich – siehe Abbildungen 3.9-3.13. Bei den visuellen Stimuli liegen die Kurven sogar fast aufeinander. Abbildungen 3.20-3.23 zeigen einprägsam, wie die verschiedenen Reizqualitäten gemeinsam, gewissermaßen als „Blöcke“, mit zunehmendem Vorgabeintervall unter die Winkelhalbierende rutschen. Zudem ist sowohl die Größe der Standardabweichung als auch der Grad und Verlauf ihrer Zunahme gleichartig (siehe 4.1 *Streuung der Zeitschätzungen*).

Die komplexen, emotionalen Stimuli konnten also von den Vpn nicht nur (gleichmäßig) reproduziert werden, sondern sie wurden auch auf prinzipiell gleiche Weise verarbeitet wie die einfachen Reize (z.B. der Sinuston oder die geometrische Figur). Und dies gilt für alle Versuchsreihen (akustisch, visuell, multimodal) bzw. die 3 Sinnesmodalitäten gleichermaßen.

Was die Fragen zu 1.7 *Die Hypothesen: c1)* und *c2)* beantwortet.

Die verschiedenen Reizqualitäten wurden also höchstwahrscheinlich vom gleichen Zeitwahrnehmungsmechanismus verarbeitet und ein direkter Vergleich ist sinnvoll.

Sowohl die Varianzanalysen der absoluten reproduzierten Intervalle (Tabellen 3.15-3.17) als auch die Varianzanalysen der Zeitfehler (Tabellen 3.24 und 3.25) belegen eine höchst signifikante Wirkung der Qualität.

Die Qualität eines Stimulus - d.h. seine Komplexität und/oder sein emotionaler Gehalt bzw. die durch ihn ausgelöste Stimmung - hat einen Einfluss auf seine zeitliche Verarbeitung, also auf die Dauer der reproduzierten Intervalle. Allerdings gilt dies nicht für die visuellen Stimuli; wie Abbildung 3.10 andeutet und die nach Modalitäten getrennte Varianzanalyse der Zeitfehler (Tabelle 3.26) belegt, hat die Reizqualität bei der visuellen Versuchsreihe keinen signifikanten Effekt.

Damit ist die Frage zu 1.7 *Die Hypothesen: d)* beantwortet.

Die Zeitschätzungskurven und die Varianzanalysen zusammen mit der Effektgröße *Eta-Quadrat* geben auch Auskunft über die Größe des Reizqualität-Einflusses:

Bei den absoluten Zeitschätzungen (siehe Abbildungen 3.9-3.13) gibt es oft einen deutlichen und signifikanten Abstand zwischen den Reizkurvenpunkten; wo ein signifikanter Unterschied besteht - siehe paarweise Vergleiche: Tabelle 3.19 (Achtung: Tabelle zeigt Mittelwerte, die Zeitschätzungskurven zeigen Mediane). Diese Abstände/Differenzen sind aber im Vergleich zu den Abständen, die von den unterschiedlichen Vorgabeintervallen herrühren, eher klein. Das zeigen auch die Varianzanalysen bzw. Effektgrößen der absoluten Zeitschätzungen (z.B. Tabellen 3.16 und 3.17) – von der beobachteten Variation können fast 82% auf den Einfluss der vorgegebenen Dauer zurückgeführt werden und „nur“ 2% auf den Einfluss der Reizqualität.

Anders sieht das Verhältnis der beiden Einflussfaktoren aus, wenn die „banale“ Wirkung der Vorgabedauer, dass nämlich längere Vorgabeintervalle zu längeren Reproduktionen führen, rausgerechnet wird. Die Diagramme und Varianzanalysen der Zeitfehler (Abbildungen 3.28, 3.29 und Tabellen 3.24-3.26) zeigen, dass nun die Wirkung der Reizqualität sogar geringfügig größer als die der Vorgabedauer ist. Beide Einflussgrößen verursachen jeweils ca. 9% der Variabilität.

Die Wirkung der visuellen Stimuli

Dass die Unterschiedlichkeit der visuellen Stimuli keinen signifikanten Einfluss auf die reproduzierte Dauer hat, war nicht erwartet worden und wirft natürlich weitere Fragen auf. *Wirkten die verschiedenen visuellen Reizqualitäten auf die Vpn tatsächlich gleich, oder fand zwar eine Emotionsinduktion statt, die aber keinen Einfluss auf die zeitliche Verarbeitung hatte?*

(Was die Komplexität der Reize angeht, gilt sicherlich, dass der *künstlich-neutrale* Stimulus, die geometrische Figur, einfacher bzw. weniger informationsreich als die übrigen visuellen Stimuli ist. Ab 3000ms verläuft dessen Zeitschätzungskurve auch oberhalb der anderen Kurven, aber nur bei 5000ms findet sich post hoc ein signifikanter Unterschied, siehe Abbildung 3.10 und Tabelle 3.19.)

Die emotionsinduzierende Wirkung von Fotos menschlicher Gesichtsausdrücke ist schon vielfältig bestätigt worden (z.B. Sokolowski 1992; Morris, Frith et al. 1996; Lang,

Bradley et al. 1998; Phillips, Young et al. 1998; Whalen and et al. 1998; Winkielman, Berridge et al. 2005), Überblick in: (Zald 2003).

“Ohne dass man sich dessen so recht bewusst ist, beeinflusst beispielsweise der Anblick eines traurigen und ängstlichen Menschengesichtes das limbische System, insbesondere den Mandelkern (Amygdala), der die Emotionen steuert. Dabei wird die neuronale Aktivität und damit die Durchblutung dieses in der Tiefe des Schläfenlappens gelegenen Kerngebietes gesteigert ..., und dies ändert wiederum die Mimik. Auf diese Weise können wohl Angst oder Trübsal nonverbal und ohne Zutun des Willens von einem Menschen auf den anderen übertragen werden und so Mitgefühl und Empathie hervorrufen.“ (Rüegg 2001, S.18)

Die Studien mit bildgebenden Verfahren zeigten außerdem eine unterschiedliche neuronale Aktivierung (besonders der Amygdala) in Abhängigkeit davon, ob es sich um neutrale, ängstliche, freudige, sich ekelnde oder wütende Gesichtsausdrücke (oder auch nichtmenschliche Stimuli) handelt (Phillips, Young et al. 1998; Whalen and et al. 1998; Kilts, Egan et al. 2003; Zald 2003). (Ein Großteil der Forschung, die sich mit der neuronalen Verarbeitung von Emotionen befasst, konzentriert sich auf die Amygdala, welche als Teil des limbischen Systems tatsächlich bei den meisten emotionalen Verarbeitungsprozessen involviert zu sein scheint.)

Wie schon in 2. *Material und Methode* erwähnt, wurde das bezüglich Validität und Reliabilität bereits erfolgreich getestete Bilderset von Matsumoto und Ekman (1988) verwendet, obwohl der emotionale Ausdruck auf den verwendeten Portraits nicht ganz so intensiv wie gewünscht war und weniger beeindruckend als die akustischen Lautreize empfunden wurde. (Letzteres wird wahrscheinlich von der größeren Unmittelbarkeit akustischer Reize verursacht, die - anders als distanziert wahrnehmbare Bilder - nicht leicht „gefiltert“ werden können.)

Allerdings benutzten die oben genannten Studien meist sehr ähnliche Fotos - in der Studie von Winkielman und Berridge (2003; 2004) wurde sogar dasselbe Bilderset wie in der hier dargestellten Untersuchung verwendet. Und obwohl die Bilder nur subliminal (16ms lang) darboten wurden und die Probanden keine Stimmungsänderung an sich wahrnahmen, hatte der dargebotene Gesichtsausdruck (freudig, neutral oder wütend) einen signifikanten Einfluss darauf, wie viel von einem Getränk getrunken und wie es bewertet wurde.

Obige Erläuterungen lassen es also wenig wahrscheinlich erscheinen, dass die Vpn in der visuellen Versuchsreihe unbeeinflusst von den Stimuli/Fotos blieben. Zudem gibt es wohl keine prinzipiellen Unterschiede bei emotionalen Reaktionen auf akustische oder visuelle Stimuli (Bradley and Lang 2000).

Darüber, warum dennoch im Unterschied zur akustischen und multimodalen Versuchsreihe kein Einfluss auf die reproduzierten Intervalle nachzuweisen war, lässt sich nur spekulieren:

- Womöglich war die Emotionsinduktion bei den visuellen Stimuli schwächer.
- Der emotionale Gehalt der Bilder bzw. die vielleicht sogar bewusst wahrgenommene eigene Stimmungsänderung wurde von den Vpn eventuell ausgeblendet. Vor Bildern kann man innerlich „die Augen verschließen“ (für die dargestellte Untersuchung gilt dies nur im übertragenen Sinne!), nicht aber die Ohren vor Klängen. (Hinweise auf die verschiedenen Verarbeitungsmöglichkeiten visueller Stimuli geben Sander und Scheich (2001, S.195f) und Zald (2003, S.24f).)
- Die neuronale Verarbeitung statischer (z.B. Fotos) und dynamischer (z.B. Videos) Gesichtsausdrücke ist unterschiedlich (Kilts, Egan et al. 2003) - vielleicht haben statische visuelle Reize eine andere Wirkung als dynamische akustische. Auch Sander et al. spekulieren darüber, ob die Aktivierung der Amygdala durch emotionale Laute womöglich auf die Struktur der akustischen Stimuli zurückzuführen ist (Sander, Brechmann et al. 2003). Zudem ist denkbar, dass die Struktur- bzw. Verlaufswechsel der dynamischen Lautreize entsprechend dem *contextual-change* Modell von Block (u.a.1985) die erinnerte Dauer beeinflussen/verlängern (siehe auch Brown (2002) zum Parameter *event structure*).
- Die signifikanten Unterschiede zwischen den akustischen Stimuli sind möglicherweise nicht auf ihre emotionale Valenz zurückzuführen, sondern darauf, dass sie unterschiedlich viel zum Erinnern bieten und die Vpn über die erinnerte Informationsmenge die Dauer der Zeitintervalle schätzen – siehe Ornsteins (1969) *storage size hypothesis* und 4.3 *Exkurs: Kognitionspsychologische Aspekte*. Die Fotos hingegen werden vielleicht als Informationseinheiten/“chunks“ mit gleicher Erinnerungsmenge verarbeitet (siehe auch weiter unten: *Wechselwirkung von Vorgabedauer und Reizqualität*).

Im Rahmen der 3 Versuchsreihen wurden keine Fragebögen oder sonstigen Verfahren zur Selbsteinschätzung des emotionalen Zustandes bzw. einer Stimmungsänderung der Vpn eingesetzt, da die Emotionsinduktion/Stimmungsübertragung unbewusst und unwillentlich wirken kann; (im Englischen: emotion/mood -induction, -contagion, -transfer; zur evolutionären Funktion des Emotionstransfers siehe (Preston and DeWaal 2002)). Voraussetzung für eine unbewusste emotionale Induktion ist, dass das Versuchsdesign „demand characteristics“ bezüglich der Stimmungsänderung vermeidet, d.h. keine aktive und bewusste Mithilfe der Probanden voraussetzt, wie z.B. die Imagination emotionaler Erlebnisse, Posing von Mimik u.a. (Sokolowski 1993). Mehrere Untersuchungen zeigten bereits, dass die Präsentation emotionaler Stimuli *automatisch* signifikante Stimmungs- und Verhaltensänderungen bewirken kann, ohne dass die Probanden die emotionale Valenz der Stimuli oder ihre eigene Stimmungsänderung bewusst wahrnehmen (Sokolowski 1992; Whalen and et al. 1998; Neumann and Strack 2000; Öhman 2002; Zald 2003; Winkielman, Berridge et al. 2005).

Die Wirkung der akustischen und der multimodalen Stimuli

Während der Gefühlsausdruck im Gesicht (facial expression of emotion) seit Jahrzehnten systematisch untersucht wird (für einen Überblick siehe: Ekman 1988; Ekman 1999), ist der nicht-sprachliche Ausdruck von Emotionen über Laute erst seit wenigen Jahren Forschungsgegenstand; (auch im Unterschied zur emotionalen Prosodie, also der emotional unterschiedlichen Intonation von Worten oder Sätzen, bei der es vorkommen kann, dass Semantik und Intonation konfundiert sind).

Allerdings wurden schon mehrere Studien durchgeführt, die zeigen, *dass passives Hören affektiver nonverbaler Vokalisationen (ANVOCs) emotionsinduzierend wirkt*, also emotionsverarbeitende Strukturen, insbesondere die Amygdala aktiviert (Phillips, Young et al. 1998; Sander, Brechmann et al. 1999; Sander and Scheich 2001; Sander, Brechmann et al. 2003).

„The results ... show that the human amygdala is indeed strongly activated during the simple perception of Laughing and Crying. Thus ... the amygdala is also involved in the processing of socially relevant acoustic stimuli, not only of socially relevant visual stimuli ...“ (Sander and Scheich 2001, S. 192)

Außerdem: „From these results the conclusion may be drawn that amygdala activation by such biologically fundamental expressions of emotion is a robust phenomenon which is not weakened by a non-emotional distracting task. Thus, not only the emotional stimulus which is in the focus of attention activates the amygdala, but also the unattended ‘emotional background’ is assessed by the amygdala. The relative independence of amygdala activation from attention to the ANVOCs is supported by the emotion model of LeDoux (1996) via the fast thalamic way of acoustic information to the amygdala, and by the observation of automatic processing of facial emotion expressions in the amygdala (Whalen et al. 1998).“ (Sander and Scheich 2001, S. 194)

Wie die oben angeführten Studien belegen, findet die Emotionsinduktion durch visuelle und akustische Stimuli tatsächlich automatisch und unabhängig davon statt, wie *aufmerksam* bzw. *bewusst* die Stimuli verarbeitet werden; (zumindest unter den Versuchsbedingungen der hier dargestellten Untersuchung, siehe auch Zald 2003). Das heißt, *selbst wenn die Aufmerksamkeit der Vpn auf die Zeitreproduktionsaufgabe gerichtet war, haben die Stimuli eine emotionale Wirkung entfaltet.*

Der Aufmerksamkeitsaspekt ist in der kognitionspsychologischen Zeitforschung von großer Bedeutung und wird unten (*Exkurs: Kognitionspsychologische Aspekte*) noch weitergehend diskutiert.

Wie schon in *1. Die Fragestellung* erläutert, lässt sich mit dem explorativen Versuchsdesign dieser Arbeit der Einfluss von emotionaler Valenz und Komplexität/ Informationsgehalt und menschlicher vs. nichtmenschlicher Stimuli (zu Letzterem siehe auch Kilner, Paulignan et al. 2003; Blakemore and Frith 2004) nicht eindeutig trennen. Die unterschiedliche Verarbeitung der verschiedenen Reizqualitäten jenseits von 3 Sekunden ließe sich (wie weiter unten noch ausgeführt wird) neben einer differentiellen emotionalen Wirkung auch auf die unterschiedliche Erinnerungsmenge - welche die Stimuli bieten und über welche vielleicht die Dauer geschätzt wird (Ornstein 1969) - zurückführen. Zudem ist bekannt, dass emotional erregende Informationen besser erinnert werden als neutrale (Bradley and Lang 2000; Zald 2003).

Für die besondere zeitliche Wahrnehmung der Reizqualität *traurig-verzweifelt* (*Weinen*), lassen sich aber weder Informationsgehalt (z.B ist *freudig-lustig* bzw. *Lachen* sicherlich

genauso komplex) noch die unterschiedliche Verarbeitung nichtmenschlicher vs. menschlicher Reize verantwortlich machen.

Tatsächlich fanden mehrere der oben angeführten Studien zur Verarbeitung emotionaler (vor allem visueller) Reize unterschiedliche neuronale Aktivierungen in Abhängigkeit von der emotionalen Qualität. Möglicherweise lässt sich damit die außergewöhnliche Wirkung der *traurigen* Reizqualität in der akustischen und multimodalen Versuchsreihe erklären. Denn es ist bekannt, dass depressive Verstimmungen zu einer subjektiven Verlangsamung des Zeitflusses bzw. zu einer Überschätzung von Zeitdauern führen (Hawkins, French et al. 1988; Münzel, Gendner et al. 1988; Münzel 1993; Überblick in: Mundt and et al. 1998) und auch die zeitliche Segmentierung des Verhaltens bzw. die Dauer der Handlungseinheiten beeinflussen können (Lemke, Koethe et al. 1999; siehe auch: Lemke and Schleidt 1999). Je nach Studie hängt es dabei von der Art der depressiven Stimmung ab, ob sie einen Einfluss auf die Zeitwahrnehmung hat – handelt es sich um eine endogene oder eine neurotische Depression (im klinischen Sinne) oder eine bei Gesunden induzierte depressive/ melancholische Verstimmung. Spekulativ aber nicht unwahrscheinlich ist, dass eine traurige Gestimmtheit eine ähnliche Wirkung auf die Zeitwahrnehmung hat wie eine depressive Stimmung.

Exkurs: Kognitionspsychologische Aspekte

Der oben angesprochene Parameter *Aufmerksamkeit* gibt Anlass für einen kurzen Exkurs. Wie in *1.1 Die Blickrichtung dieser Arbeit* erläutert, verfolgt vorliegende Studie einen anderen Untersuchungsansatz als klassische, kognitionspsychologische Studien. Selbstverständlich wurden kognitionspsychologische Überlegungen trotzdem berücksichtigt. Allerdings wurden sie meist implizit verarbeitet (z.B. wurde die *unbewusste* bzw. *automatische* Reizverarbeitung diskutiert, die natürlich auch keine *Aufmerksamkeit* beansprucht), um den hinreichend komplexen Ansatz nicht noch durch ungeklärte und oftmals diffuse Aspekte zu zerfasern (siehe z.B. Glicksohn 2001).

Ein wesentlicher Unterschied wird in der psychologischen Zeitforschung zwischen prospektiven und retrospektiven Zeitschätzungen gemacht. Leider wird dieses so genannte *duration-judgement paradigm* manchmal unterschiedlich definiert bzw. in Abhängigkeit von der verwendeten Untersuchungsmethode (method of production, method of reproduction, method of verbal estimation, method of comparison – siehe 2.2

Versuchsdesign) verschieden interpretiert. Knapp formuliert: Weiß die Vpn, bevor sie ein Zeitintervall vorgegeben bekommt, dass sie die Dauer schätzen soll, so spricht man von *prospective temporal judgement*. Soll die Vpn rückblickend eine Zeitspanne einschätzen, von *retrospective duration judgement* (Zakay and Block 2004).

Die den Prozess der Dauerschätzung beschreibenden Zeitwahrnehmungsmodelle lassen sich grob kategorisieren in *timing-with-a-timer* Modelle (meist identisch mit *internal clock* Modellen) und *timing-without-a-timer* Modelle (siehe auch: Zakay and Block 1996; Wittmann 1999):

In *timing-with-a-timer* Modellen produziert ein interner Taktgeber regelmäßige Pulse, die mittels eines Zählers kumuliert werden. Die Anzahl der Pulse während eines vorgegebenen Zeitintervalls werden mit im Langzeitgedächtnis gespeicherten „Vergleichszahlen“ für bestimmte Zeitspannen verglichen; die „Vergleichszahlen“ repräsentieren auch übliche Verbalisierungen für Zeitspannen – Sekunden, Minuten.

Viele Zeitforscher betonen zudem die Relevanz von Aufmerksamkeitsprozessen. Während der Zeitwahrnehmung wird die begrenzte „Aufmerksamkeitmenge“ aufgeteilt zwischen *temporal information processing* und *nontemporal information processing*. Im attentional-gate-model (siehe auch Abbildung 1.6) wird diese Aufmerksamkeitszuteilung mittels eines Tors/Schranke umgesetzt, das/die die gerade erwähnten Zeit-Pulse nur in geöffnetem Zustand zum Zähler durchlässt. Wenn die Probanden während einer prospektiven Zeitschätzung (der *temporal task*) noch zusätzlich eine aufmerksamskeitsverbrauchende *nontemporal task* ausführen (sog. *dual task paradigm*), ist die Schranke weniger weit geöffnet und weniger Zeit-Pulse passieren bzw. werden gezählt - die Probanden haben den Eindruck weniger Zeit ist vergangen.

Bei *timing-without-a-timer* Modellen hängt die subjektiv wahrgenommene Zeit davon ab, wie viele Informationen verarbeitet und gespeichert wurden. Je größer die (aufgenommene) Informationsmenge während eines zu schätzenden Zeitintervalls ist, desto länger wird das Intervall retrospektiv eingeschätzt.

Die *timing-with-a-timer* Modelle/Prozesse lassen sich eher der prospektiven Zeitschätzung zuordnen und *timing-without-a-timer* Modelle/Prozesse der retrospektiven Zeitschätzung. So lassen sich auch scheinbar paradoxe Alltagszeiterfahrungen erklären:

„Im Allgemeinen erscheint eine Zeit, die mit interessanten und vielfältigen Erfahrungen gefüllt ist, im Erleben kurz, jedoch in der Erinnerung lang. Demgegenüber erscheint eine Zeit ohne Erfahrungen im Erleben lang, im Rückblick jedoch kurz.“ (James 1890/1983)

Ob eine gerade (also prospektiv) erlebte Zeitspanne, als lang empfunden wird, hängt folglich von der „Erlebnisdichte“ (bzw. *attentional demands*) ab: Erlebt man Interessantes, so fliegt die Zeit, weil man eben nicht auf die Zeit achtet. Gibt es dagegen kaum neue Informationen zu verarbeiten, so richtet sich die Aufmerksamkeit auf das Verstreichen der Zeit selbst – die Zeit kriecht.

Im Rückblick (also retrospektiv) ist es umgekehrt: Wird für einen vergangenen Zeitraum eine große Menge an Informationen erinnert, so scheint dieser lange gedauert zu haben. Wird jedoch wenig erinnert, so schrumpft er zusammen.

So klar strukturiert wie oben beschrieben, stellt sich allerdings der aktuelle Kenntnisstand der Zeitforschung nicht dar; Kritik an und einen Überblick über dessen tatsächliche, diffuse Komplexität gibt Glicksohn (2001) - „Clearly, then, a great degree of speculation abounds, none of which seems to be charting out the path for constructive research.“, S.4. Glicksohn betont zudem Aspekte, die vorliegende Studie versuchte (zumindest teilweise) zu berücksichtigen (siehe *1. Die Fragestellung*): „To my mind, the issues raised by James (1890) have not been adequately dealt with in the literature, due to the fact that dominant models in the field ... are too mechanistic in scope to be able to adequately describe the *experience* of time. What is required is a more organic, dynamic, gestalt-oriented conceptualization, one that is concerned with both process and experience of time perception ...“ (Glicksohn 2001, S.2). Ähnliches regen Sawyer et al. an: „... it would seem fruitful to examine other kinds of activities or states of consciousness that might alter duration estimation as measured in the present research. For example, while many studies have examined the effects of variation in task demands, it would seem that manipulations of emotional experience ... might also affect temporal experience.“ (Sawyer, Meyers et al. 1994, S.656)

Obwohl, insbesondere ab 3 Sekunden Vorgabedauer, auch retrospektive Erklärungsansätze zum Einfluss der Informationsmenge fruchtbar erscheinen und in obigen Kapiteln diskutiert wurden, ist das in vorliegender Arbeit verwendete Untersuchungsdesign

entsprechend den oben dargestellten Zeitwahrnehmungsmodellen als *prospective duration reproduction* zu definieren. Wie folgende Überlegungen zeigen, trägt dies allerdings nicht entscheidend zur Klärung der bisher diskutierten Fragen bei.

Um den Einfluss von Aufmerksamkeit(sressourcen) zu untersuchen, werden oft so genannte *dual task* Prozeduren verwendet; bei diesen müssen die Probanden parallel zur Zeitschätzung noch eine „nichtzeitliche“ Aufgabe erledigen, wie z.B. Rechenaufgaben lösen, rückwärts zählen, Spiegelschrift lesen. Je anspruchsvoller die *nontemporal task*, desto ungenauer und kürzer die subjektive Zeitschätzung -entsprechend den obigen Erläuterungen zum *attentional gate model* (siehe z.B. Sawyer, Meyers et al. 1994; Burle and Casini 2001; Brown 2002; aber siehe auch: Dutke im Erscheinen). Die verschiedenen *nontemporal tasks* können zudem, z.B. bei der Methode der Reproduktion (MR), nur bei der Vorgabe oder nur bei der Reproduktion oder bei beiden eingesetzt werden. Das Problem der Vergleichbarkeit der verschiedenen Untersuchungsmethoden und der unterschiedlichen Zeitbereiche (siehe auch *1.1 Die Blickrichtung dieser Arbeit*) wird also durch den Einsatz verschiedener *dual task* Prozeduren noch vergrößert (siehe auch: Dutke im Erscheinen). Jedoch werden in aktuellen Untersuchungen die *nontemporal tasks* bzw. der Aufmerksamkeitsverbrauch auch absichtlich und systematisch variiert – siehe (Brown 2002).

Möglicherweise werden aber bestimmte Zeitinformationen (auch in Abhängigkeit vom Stimulusmaterial) *automatisch* und *ohne Aufmerksamkeitsbedarf* verarbeitet (Jackson 1985). Dass die Verarbeitung bestimmter nichtzeitlicher Reize/emotionaler Stimuli automatisch und unbewusst abläuft, wurde schon oben dargestellt (siehe *Die Wirkung der visuellen Stimuli* und *Die Wirkung der akustischen und multimodalen Stimuli*). Deshalb kann man die Relevanz von Aufmerksamkeitsüberlegungen für vorliegende Studie anzweifeln. Was den Einfluss der Stimuluskomplexität auf die reproduzierte Dauer angeht, widersprechen die Ergebnisse vorliegender Studie der These von Zakay und Block (wenn man von einer prospektiven Zeitwahrnehmung ausgeht): „Another common finding predicted by an attentional model is that if a more complex stimulus or stimulus sequence occurs during the time period, experienced duration decreases ...“ (Zakay and Block 2004, S.320). In demselben Artikel merken Zakay und Block aber auch an, dass Gesichtererkennung wenigstens teilweise automatisch abläuft und deshalb prospektive Zeitschätzungen nicht beeinflusst.

Tatsächlich wurde das Versuchsdesign der vorliegenden Studie bewusst so gestaltet, dass es gerade keine (bzw. möglichst wenig) *dual task* Qualitäten hat, sondern ein „ganzheitliches“ Zeiterleben, einen „Wahrnehmungsstrom“ ermöglicht. Es ging darum, den *experiential process*, die natürliche Komplexität menschlicher Zeit- und Ereigniswahrnehmung zu untersuchen. Der nichtzeitliche Aspekt Emotionsverarbeitung wurde direkt mit der Zeitschätzungsaufgabe verbunden; die vorgegebenen und zu reproduzierenden Reizintervalle lösen gleichzeitig eine emotionale Reaktion aus. (Kanabus et al. (2004) spekulieren zwar über eine *dual task* Qualität des Drückens der Maustaste bei der MR; diese ist nach Meinung des Autors jedoch zu vernachlässigen.)

Aber auch wenn die Verarbeitung der komplexen, emotionalen Stimuli Aufmerksamkeit oder andere begrenzte Ressourcen verbrauchen würde (die oben dargestellten Studien sprechen nicht dafür) - dies wäre bei der Vorgabe *und* bei Reproduktion der Fall (siehe 2.2 *Die Methode der Reproduktion*). Aufmerksamkeitsaspekte sollten auch aus diesem Grund kaum eine Rolle spielen.

Ein Beleg für eine solche „Symmetrie“ von Vorgabe und Reproduktion bei der MR könnte das Ergebnis der Metaanalyse von Block et al. (1998) sein, dass sich Altersunterschiede der Vpn (also unterschiedliche Aufmerksamkeitsressourcen) zwar auf die Methode der Produktion und der verbalen Schätzung auswirken, nicht aber auf Zeitschätzungen bei der MR (siehe auch Szlag, Kanabus et al. 2004). Die Idee eines symmetrischen/gleichartigen Zeitverarbeitungsprozesses bei Vorgabe und bei Reproduktion eines Zeitintervalls wurde bisher nicht explizit diskutiert; (zumindest nicht in der gesichteten, umfangreichen Forschungsliteratur). Allerdings wurden Teilaspekte der Methode der Reproduktion (MR) schon auf diese Weise interpretiert: „During reproduction it is not possible to determine the speed of the pacemaker because any difference in the rate or recalibration during standard presentation (coding phase) is also present during the reproduction phase.“ (Szlag, Kanabus et al. 2004, S.357)

Natürlich kann es sich schon aufgrund der (Aufgaben-)Struktur der MR bei ihr nicht um einen *völlig* symmetrischen Prozess handeln – ob nun sensorisch oder kognitiv, über Kurzzeit- oder Langzeitgedächtnis vermittelt, bei der Reproduktion findet ein auf das Vorgabeintervall gerichteter Erinnerungsprozess statt. Außerdem fand sich ein Einfluss der (emotionalen) Reizqualität, der streng genommen bei Spiegelungs-gleichheit von Vorgabe- und Reproduktionsprozess nicht vorkommen dürfte. Möglicherweise führt aber

auch der Wechsel des Zeitverarbeitungsmechanismus bei etwa 3 Sekunden, also der Übergang vom sensorischen zum kognitiv vermittelten Zeiterleben, zu einem „Symmetriebruch“ zwischen Vorgabe und Reproduktion.

In der Zeitpsychologie wird jedoch ein solcher Wechsel von der sensorischen zur kognitiven Zeitverarbeitung weiterhin kontrovers diskutiert, ein etwaiger Zusammenhang mit dem Unterschied zwischen prospektiver und retrospektiver Zeitschätzung ist ungeklärt und eine explizite Integration bzw. Verknüpfung vom 3-Sekunden-Zeitfenstermechanismus mit Timer bzw. Nicht-Timer Modellen steht noch aus.

Wechselwirkung von Vorgabedauer und Reizqualität

Die Wechselwirkung der Faktoren vorgegebene Dauer und Reizqualität ist zwar höchst signifikant, allerdings ohne erkennbare Relevanz - mit Ausnahme des Weinens und des unten beschriebenen Musters. Die Zeitschätzungskurven (Abbildungen 3.9-3.13) überschneiden sich, was die signifikante Interaktion erklärt bzw. verbildlicht: Die Kurven der Reizqualitäten verlaufen nicht parallel, ein Unterschied beim Vorgabeintervall wirkt auf die verschiedenen Reize unterschiedlich. Aber, wie schon weiter oben ausgeführt, sind die Kurvenverläufe gleichgerichtet – dementsprechend erklärt die Wechselwirkung bei den absoluten reproduzierten Intervallen auch nur 0,4% der Variabilität (Tabellen 3.16, 3.17).

Bei den Zeitfehler-Diagrammen (Abbildung 3.28) tritt die Wechselwirkung zwar deutlicher hervor – der grundsätzliche Verlauf der Linienzüge ist jedoch gleich bzw. ihre Überschneidungen folgen keinem Muster oder Trend und erscheinen zufällig. So erklärt die Wechselwirkung von Dauer und Qualität auch bei den Zeitfehleranalysen nur knapp 2% der Variabilität – siehe Tabellen 3.24, 3.25. (Bei den visuellen Stimuli allein ist die Wechselwirkung wiederum gar nicht signifikant – Tabelle 3.26.)

Über *ein* Muster lässt sich allerdings spekulieren: Trotz des „Deckelungs-Effektes“ der Unterschätzung (siehe auch *4.1 Streuung der Zeitschätzungen*), obwohl also die relative Streuung mit zunehmender Vorgabedauer deutlich kleiner wird, fächern die Zeitschätzungskurven der akustischen und multimodalen Stimuli ab etwa 3500ms auf. Diesen Eindruck gewinnt man bei Betrachtung der Kurvendiagramme (Abbildungen 3.9-3.11) und der Zeitfehlerdiagramme (Abbildung 3.28), wenn man den außergewöhnlichen

Linienverlauf der Reizqualität *traurig* nicht berücksichtigt. Und dieser Eindruck wird bestätigt durch die paarweisen Vergleiche der 5 Reizqualitäten (Tabelle 3.19) - für die 3 Modalitäten (für die visuelle in geringerem Maße) gilt: Bei einer Vorgabedauer von 1000ms (2000ms) gibt es deutlich weniger signifikante Unterschiede/Abstände zwischen den Reizqualitäten als bei der Vorgabedauer 5000ms (4000ms).

Möglicherweise ist die Unterschiedlichkeit der Reizqualitäten innerhalb des Gegenwartsfensters nicht so relevant wie jenseits davon (mit Ausnahme des Weinens); innerhalb des 3-Sekunden-Zeitfensters (also während der direkt-sensorischen Verarbeitung des Wahrgenommenen) spielt die unterschiedliche Qualität der Stimuli vielleicht keine bzw. eine geringere Rolle als bei der kognitiven Verarbeitung jenseits des Zeitfensters. Dort findet statt der *Zeitwahrnehmung* eine *Zeitschätzung* über das Gedächtnis statt (Fraisse 1984) – die reproduzierte Zeit wird von der Erinnerungsmenge und deshalb vom Informationsgehalt bzw. emotionalen Gehalt der Reize beeinflusst.

Diese Überlegungen passen zu Pöppels Konzept der *presemantic temporal integration* (Pöppel 1997; Pöppel 2004) – siehe 1.2 *Die Dauer der Gegenwart*. Danach werden bei der Integration im Gegenwartsfenster Reize und Ereignisse nicht aufgrund ihres Inhalts oder semantischer Bezüge, sondern wegen des zeitlichen Zusammenhangs zu einer aktuellen Wahrnehmungsgestalt verbunden.

Komplexere Überlegungen zum Einfluss der Reizqualität

Der Stimulus *Weinen* scheint allerdings alleine und kombiniert mit dem *traurigen Gesichtsausdruck* auch schon die sensorische Zeitwahrnehmung unter 3-Sekunden zu beeinflussen. Obwohl also gezeigt werden konnte, dass die Art und Weise der Zeitverarbeitung nicht über alle vorgegebenen Zeitintervalle konstant bleibt, dass ein 3-4 Sekunden-Zeitfenster existiert und dass die Valenz/Komplexität der Stimuli die Zeitwahrnehmung beeinflusst (bzw. unterschiedliche Reizqualitäten zeitlich unterschiedlich verarbeitet werden), *kann eine zentrale Frage dieser Untersuchung nicht eindeutig beantwortet werden: Wird die Größe des Gegenwartsfensters allein durch intrinsische, zeitliche Faktoren (wie z.B. die maximale Aktivitätsdauer eines Zellverbandes im Gehirn) bestimmt oder auch durch das, was wahrgenommen wird, also die Komplexität und emotionale Valenz der integrierten Reize?*

Die in 1.7 *Komplexere Überlegungen zur Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich* dargestellte Hypothese wurde spezieller formuliert:

Emotionale Reize sollten aufgrund ihrer größeren Komplexität bzw. ihres höheren Informationsgehalts mehr Verarbeitungskapazität des Integrationsmechanismus beanspruchen und so die zeitliche Ausdehnung des Gegenwartsfensters verkleinern. Komplexe, emotionale Stimuli sollten das Zeitfenster also schon früher ausfüllen als einfache Reize und würden folglich auch früher unterschätzt. Die Daten der 3 Versuchsreihen widerlegen die Kapazitäts-Hypothese allerdings zweifellos.

Für die visuellen Stimuli konnte kein Einfluss der Reizqualität auf die reproduzierte Dauer nachgewiesen werden (Tabelle 3.26), die Zeitschätzungskurven liegen praktisch aufeinander (Abbildung 3.10) und die paarweisen Vergleiche zeigen nur für einen Reizqualitäten-Abstand/-Differenz eine Signifikanz (Tabelle 3.19).

Für die akustischen und multimodalen Stimuli belegen die Varianzanalysen den Einfluss der Reizqualität auf die Reproduktionsdauer (Tabelle 3.26), aber die Unterschiede gehen in die der Hypothese entgegengesetzte Richtung: Die Kurven der einfachen, emotionsfreien Reize verlaufen fast immer unterhalb der Kurven der komplexen emotionalen Reize (Abbildungen 3.9, 3.11) – die größere Komplexität bzw. emotionale Valenz der Stimuli scheint eher zu längeren Reproduktionen zu führen; und dies (wie schon erläutert) insbesondere nach etwa 3500 ms.

Auf die evolutionäre Funktion von Emotionen (siehe auch Schneider and Dittrich 1990; Oatley and Jenkins 1996; Owren and Bachorowski 2001; Russell, Bachorowski et al. 2003) zielt Frage e) (siehe 1.7 *Die Hypothesen*):

Hat die gleiche Emotion (z.B. *traurig*, *freudig* oder *angstvoll*) in den verschiedenen Sinnesmodalitäten, d.h. wenn sie akustisch, visuell oder multimodal dargeboten wird, die gleiche Wirkung auf die Zeitschätzungen?

Wäre das der Fall, dann könnte es sich bei dieser Wirkung um einen funktionalen Einfluss spezifischer Emotionen auf die Zeitwahrnehmung handeln, also um eine Adaptation; denn eine auf die spezifische Funktion der aktuellen Emotion abgestimmte Zeitverarbeitung wäre ein Fitnessvorteil (siehe 1.7 *Komplexere Überlegungen zur Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich*).

Für die visuellen Reizqualitäten konnte jedoch kein signifikanter Einfluss auf die Zeitverarbeitung nachgewiesen werden (wobei ein solcher aber nach der ersten, explorativen Untersuchung dieses neuen Ansatzes nicht schon kategorisch ausgeschlossen werden sollte) - die Frage nach einer sinnesmodalitätsunabhängigen Emotionswirkung kann (noch) nicht beantwortet werden.

Die jeweils gleichartigen Wirkungen der einzelnen Reizqualitäten in der akustischen und in der multimodalen Versuchsreihe könnten zwar als sinnesmodalitäts-unabhängige Emotionswirkungen interpretiert werden - denn die Wirkungen der akustischen und der multimodalen Reize sind trotz ihrer Ähnlichkeit nicht identisch und deshalb lassen sich die multimodalen Zeitschätzungskurven nicht durch die alleinige Wirkung der Lautreize erklären (siehe auch Abbildung 4.1 weiter unten). Da es sich aber nicht um den Vergleich zweier einzelner Sinnesmodalitäten handelt, hat diese Analyse nicht annähernd dieselbe Aussagekraft wie der akustisch - visuelle Vergleich. Zudem sind auch zwei alternative Erklärungen für den fast parallelen Verlauf der akustischen und multimodalen Linienzüge in Abbildung 4.1 denkbar: Bei Verarbeitung der multimodalen Stimuli wird vielleicht zur akustischen Information noch die visuelle addiert und die dadurch größere „Erinnerungsmenge“ führt zu längeren Zeitschätzungen. Oder es kommt in der multimodalen Versuchsreihe zu einer crossmodalen Wechselwirkung der akustischen und visuellen Stimuli; (für beide Erklärungen siehe auch *4.4 Wechselwirkungen mit den Faktoren Vorgabedauer und Reizqualität*).

Obwohl ein funktionaler Einfluss von Emotionen auf die Zeitwahrnehmung nicht nachgewiesen werden konnte, zeigen sich (z.B. bei den Zeitschätzungskurven-Diagrammen, siehe Abbildungen 3.3-3.7) Auffälligkeiten bzw. Muster, die keinen zufälligen Eindruck machen und eine solche Arbeitshypothese weiterhin sinnvoll erscheinen lassen:

In Abhängigkeit von der jeweiligen Reizqualität laufen verlaufen je unterschiedliche Kombinationen der 3 Modalitäten gleich: Bei der *ausdruckslos-neutralen* Reizqualität verlaufen die visuelle und die multimodale Zeitschätzungskurve gleich, bei *freudig-lustig* die visuelle und die akustische Kurve, bei *traurig-verzweifelt* die multimodale und die akustische Kurve, bei *künstlich-neutral* fächern die Kurven auf, während sie bei der *angstvoll-erschreckenden* Reizqualität sogar alle drei gleich verlaufen. Gerade Letzteres ist bemerkenswert, wenn man bedenkt, wie unterschiedlich das drastische Schreien und

der angstvolle Gesichtsausdruck sind. Vielleicht reduziert ein alarmierender Reiz bzw. eine angstvolle Stimmung der Vpn pauschal das Gegenwartsfenster/wahrgenommene Zeitintervalle, um ein rascheres „Gegenwarts-Update“ bzw. eine schnellere Informationsverarbeitung zu ermöglichen. Die neutralen Stimuli – *ausdruckslos* und *künstlich* – werden eventuell ähnlich wie die *angstvollen* verarbeitet, weil sie kaum neue, relevante Informationen bieten, was wiederum das nächste Gegenwarts-Update beschleunigt. Möglicherweise hat bei der *traurigen* Reizqualität der visuelle Stimulus keine emotionale Wirkung, aber die durch die akustischen und multimodalen Stimuli ausgelöste traurige Gestimmtheit mit der Funktion Reintegration/Neubewertung einer Situation/Rückzug (Schneider and Dittrich 1990; Oatley and Jenkins 1996) dehnt das Zeitfenster bzw. verlangsamt die Informationsaufnahme.

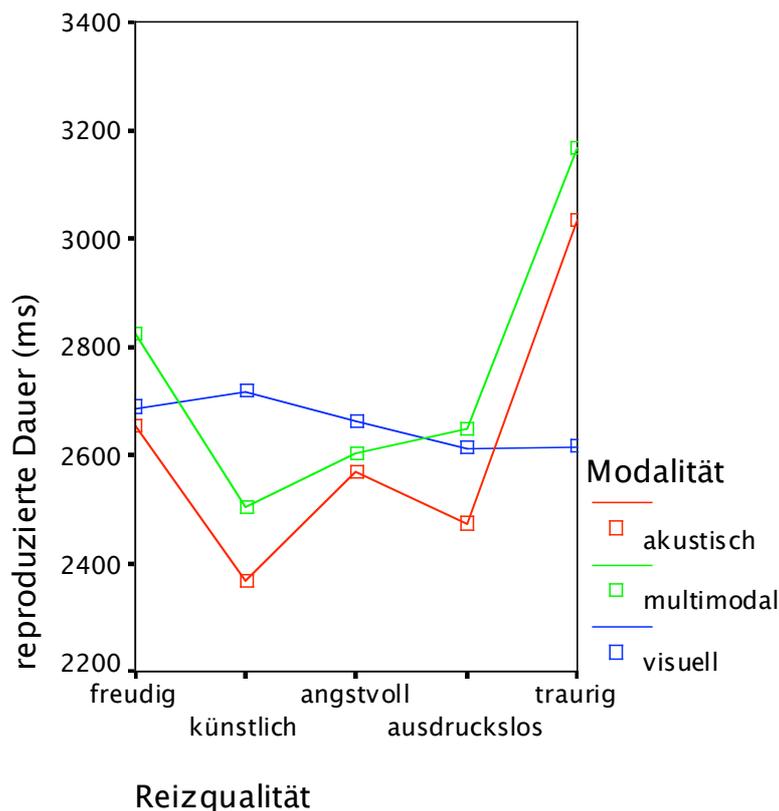


Abbildung 4.1: Über alle Vorgabedauern gemittelte reproduzierte Intervalle

4.4 Der Einfluss der Sinnesmodalität

Vergleichbarkeit und Wirkung der Modalität

Für die akustischen, visuellen und audiovisuellen/multimodalen Stimuli bzw. ihre Verarbeitung über den entsprechenden Sinn deuteten sich schon bei der Streuungsanalyse Übereinstimmungen an (siehe 4.1 *Streuung der Zeitschätzungen*): Bei den absoluten Reproduktionsdauern und bei den Zeitfehlern sind Größe und Entwicklungsverlauf der Standardabweichungen (in Abhängigkeit vom Vorgabeintervall) für die unterschiedlichen Modalitäten sehr ähnlich; (allerdings ist die Streuung bei den visuellen Stimuli etwas größer).

Ebenso zeigen die grafischen Darstellungen der reproduzierten Intervalle bzw. der Zeitfehler nur geringe Unterschiede zwischen den 3 Modalitäten: Die Zeitfehler wachsen gleichartig (siehe Abbildung 3.27), die Kurven der 3 Modalitäten ohne Berücksichtigung der Reizqualität verlaufen gleichförmig bzw. fast aufeinander (Abbildung 3.8) und die Scatterplots verdeutlichen, wie die verschiedenen Modalitäten gemeinsam, gewissermaßen als „Blöcke“, mit zunehmendem Vorgabeintervall unter die Winkelhalbierende rutschen (siehe Abbildung 3.19).

Auch die Varianzanalysen (Tabellen 3.16, 3.17, 3.24 und 3.25) und die nach Vorgabedauern getrennten paarweisen Vergleiche der Modalitäten (Tabelle 3.20) zeigen, dass die Sinnesmodalität keinen signifikanten Einfluss auf die Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich hat und akustische, visuelle und multimodale Stimuli zeitlich auf dieselbe Art und Weise verarbeitet werden. Die Übereinstimmung von akustischer und multimodaler Verarbeitung ist besonders groß - man vergleiche die Kurvenverläufe (Abbildung 3.9, 3.11, 4.1) bzw. betrachte die Varianzanalysen und Innersubjekt-kontraste (Tabellen 3.26, 3.28).

Dementsprechend läge die Varianzaufklärung durch den Faktor Modalität nur bei maximal 1,2% (wenn dieser einen signifikanten Einfluss hätte).

Damit ist die Frage *f) - 1.7 Die Hypothesen* - beantwortet.

Wechselwirkungen mit den Faktoren Vorgabedauer und Reizqualität

Wie die Zeitfehler-Varianzanalysen belegen, erklärt auch die signifikante Wechselwirkung von Modalität und Vorgabedauer nur 0,8% der Variabilität (Tabellen 3.25,

3.25). Wie gering diese Wechselwirkung ist, verbildlicht Abbildung 3.8 – die Kurven verlaufen aufeinander bzw. fast völlig parallel.

Die Interaktion von Modalität und Reizqualität allerdings ist nicht nur höchst signifikant, sondern klärt auch 6,4% der Variation im Zeitfehlerdatensatz auf (Tabellen 3.25, 3.25). Wie Abbildung 4.1 zeigt, verlaufen die Linien für die 3 Modalitäten nicht (alle) parallel, d.h. der Effekt der Reizqualität wirkt sich in den verschiedenen Modalitäten unterschiedlich aus (bzw. der Effekt der Modalität wirkt sich bei verschiedenen Reizqualitäten unterschiedlich aus). Inhaltlich liegt dieser Wechselwirkung höchstwahrscheinlich die unterschiedliche Natur der Stimuli zugrunde – Portraitfotos und/oder Lautäußerungen: Zum Beispiel ist die *traurig-verzweifelte* Reizqualität für die visuelle Modalität ein trauriges Gesicht und für die akustische ein Weinen.

Bei den visuellen Stimuli spielt es (wie schon weiter oben erläutert) kaum eine Rolle wie komplex oder emotional geladen diese sind – der blaue Linienzug in Abbildung 4.1 ist fast waagrecht (siehe auch Abbildungen 3.10, 3.28).

Betrachtet man nur die akustischen und multimodalen Stimuli, ist die Reizqualität dagegen sehr relevant; und es gibt kaum eine Wechselwirkung zwischen Modalität und Reizqualität - der rote und der grüne Linienzug verlaufen über die Reizqualitäten hinweg fast parallel. Der Unterschied/Abstand zwischen beiden Modalitäten könnte „additiver Natur“ sein – vielleicht wird bei Verarbeitung der multimodalen Stimuli zur akustischen Information noch die visuelle addiert; weshalb die multimodalen Stimuli (insbesondere bei der kognitiven Zeitverarbeitung nach 3 Sekunden) mehr zum Erinnern bieten und die größere „Erinnerungsmenge“ die Vpn längere Dauern reproduzieren lässt.

Dieser gedächtnisorientierte Erklärungsansatz lässt sich aber nicht mit allen Kurvenverläufen der einzelnen Reizqualitäten (Abbildung 3.3-3.7) vereinbaren: Zwar läuft bei der *künstlichen, ausdruckslosen, freudigen* und *traurigen* Reizqualität die multimodale Kurve ab etwa 3,5 Sekunden oberhalb der akustischen weiter. Andererseits zeigt sich dieses Muster beim *angstvollen* Stimulus nicht und die Kurve der visuellen Stimuli, die sicher weniger zum Erinnern bieten als die multimodalen Stimuli, verläuft bei der *ausdruckslosen* Reizqualität auf der multimodalen Kurve, bei der *künstlichen* sogar oberhalb von ihr.

Möglicherweise sind die Zusammenhänge/Wechselwirkungen sogar komplexer (siehe auch Zald 2003); was neuere psychophysikalische Untersuchungen zu crossmodalen bzw. multimodalen Interaktionen vermuten lassen. (Synästhetische Wahrnehmungen gehören auch in diesen Bereich.) In einer Studie von Schröger und Widmann (1998) wurden akustische und visuelle Informationen unter bestimmten Umständen nicht separat sondern kombiniert verarbeitet; die audiovisuelle bzw. bimodale Integration führte zu schnelleren Reaktionen. Fastl und Patsouras (2004) fanden, dass visuelle und akustische Eindrücke in der subjektiven Wahrnehmung des Menschen miteinander verbunden werden, z.B. wird die Lautstärke von akustischen Stimuli durch gleichzeitige visuelle beeinflusst. Visuelle Stimuli können das Gehirn auch von akustischen Wahrnehmungen ablenken – „Die geistige Kapazität wird auf unterschiedliche Modalitäten aufgeteilt“ (Strassmann 2004).

Mit den Erläuterungen oben und in *4.3 Wechselwirkung von Vorgabedauer und Reizqualität* ist die Frage *g)* zu möglichen Wechselwirkungen (siehe *1.7 Die Hypothesen*) beantwortet.

4.5 Der Einfluss der Versuchspersonen (Vpn)

Da die Versuchsbedingungen standardisiert und kontrolliert wurden (siehe *2. Material und Methode*) bedeutet eine Wirkung des Faktors Vpn zwangsläufig eine Wirkung der Vpn-Persönlichkeit bzw. ihrer individuellen Zeitschätzungsfähigkeit (am Untersuchungstag).

In den obigen Kapiteln wurde ein Einfluss der unterschiedlichen Vpn schon über die Betrachtung der Streuung der Zeitschätzungen mit untersucht. Tabelle 3.13 (bzw. die zugehörige Grafik) zeigt deutlich die Unterschiede bei der Intervallreproduktion in Abhängigkeit von der Vpn. Die Varianzanalysen (Tabelle 3.16, 3.24) beweisen nicht nur den höchst signifikanten Einfluss der Vpn - die Zeitfehler-Analyse zeigt auch:

Der Faktor Vpn erklärt mit 25% mehr Variabilität als jeder der anderen Einflussfaktoren.

Die Wechselwirkung von Vpn mit Vorgabedauer ist ebenfalls höchst signifikant und erklärt 13% der beobachteten Variabilität (Tabelle 3.24). Dieser Anteil an der Varianzaufklärung erscheint erst einmal relativ groß (er ist z.B. größer als der Effekt der Reizqualität); denn es wurde schon gezeigt, dass z.B. Ausreißer bei den Zeitschätzungen nicht zufällig von beliebigen Vpn stammen, sondern meistens von den gleichen wenigen (siehe Abbildung 3.24, 3.25). Andererseits war trotzdem kaum anzunehmen, dass die Zeitschätzungsunterschiede der Vpn über die Vorgabeintervalle hinweg immer gleich sein würden, dass also die Zeitschätzungskurven der 3 x 31 Vpn über alle Vorgabeintervalle hinweg parallel verlaufen würden. Die Analyse von Wechselwirkungsdiagrammen (die hier in einer aussagekräftigen Auflösung nicht abgebildet werden können) zeigte, dass die Zeitkurven der einzelnen Vpn tatsächlich nicht immer parallel verlaufen (was die Wechselwirkung erklärt), aber grundsätzlich gleiche Form und Richtung haben.

„It should be stressed that the temporal platform does not have the characteristics of a physical constant but that an operating range of approximately 2 to 3 seconds is basic to mentation; obviously, one has to expect subjective variability for such a temporal integration window.“ (Pöppel 2004, S.298)

Auch die Wechselwirkung des Faktors Vpn mit dem Faktor Reizqualität ist höchst signifikant und erklärt fast 14% der Variation der reproduzierten Intervalle (Zeitfehleranalyse - Tabelle 3.24). Dies bedeutet, dass der Effekt des Faktors Reizqualität auf verschiedene Vpn unterschiedlich wirkt (bzw. der Einfluss des Faktors Vpn wirkt sich bei verschiedenen Reizqualitäten unterschiedlich aus). Wie in 2. *Material und Methode* dargestellt, wurden die Stimuli nach objektiven Kriterien ausgewählt und bearbeitet und ihre Reliabilität getestet. Trotzdem war nicht zu erwarten, dass jede einzelne Reizqualität auf alle Vpn gleich (stark) wirkt. Auch hier zeigte die Analyse der Wechselwirkungsdiagramme (die hier in einer aussagekräftigen Auflösung nicht abgebildet werden konnten), dass die Kurven der einzelnen Vpn über die verschiedenen Reizqualitäten hinweg nicht *alle* parallel verlaufen (was die Wechselwirkung erklärt), aber grundsätzlich gleiche Form und Richtung haben.

Nimmt man den Haupteffekt und die Wechselwirkungen des Einflussfaktors Vpn zusammen, so erklärt dieser Faktor über 50 % der Variabilität in den Zeitfehler-Daten.

Bei der hier untersuchten anspruchsvollen Reproduktionsaufgabe mit komplexen Stimuli ist das keine große Überraschung - die (Persönlichkeits-)Unterschiede der Versuchspersonen spielen bei der Zeitwahrnehmung im Sekundenbereich eine sehr wichtige Rolle. (Damit ist die Frage aus 1.7 *Die Hypothesen*: h) beantwortet.)

4.6 Resümee und Ausblick

Weder die Zeitwahrnehmungsforschung noch die in dieser Studie mit ihr kombinierten Disziplinen (u.a. Verarbeitung emotionaler Stimuli) konnten bisher widerspruchsfreie Ergebnisse bzw. ein stimmiges Gesamtbild ihres Untersuchungsgegenstandes liefern. Daher ist es nicht verwunderlich, dass diese explorative Studie solches auch nicht leisten konnte, sondern versuchte, den neuen Untersuchungsansatz und seine Ergebnisse differenziert darzustellen und spekulative Hypothesen zu diskutieren.

Erstmals wurde die zeitliche Verarbeitung komplexer, emotionaler Laut- und Bildreize im Sekundenbereich analysiert; und sowohl grundsätzliche Fragen zu diesem neuen Untersuchungsfeld als auch spezielle Hypothesen zum 3-Sekunden-Zeitfenster konnten beantwortet bzw. überprüft werden. Einerseits wurde ein differenziertes Spekulationsgeflecht dargestellt, das erforschenswerte Fragen aufwirft; andererseits wurden neue Methoden entwickelt und Strukturen bei der zeitlichen Verarbeitung affektiver Stimuli aufgezeigt, die weiteren Untersuchungen als Orientierung dienen könnten. Insbesondere die Varianzaufklärung der Einflussfaktoren bietet sich als grober Orientierungsrahmen an: Das auf die absoluten, reproduzierten Zeitintervalle angewendete varianzanalytische Modell (siehe Tabelle 3.16) klärt 96% der beobachteten Variation in den Messdaten auf. Die aussagekräftigere Analyse der Zeitfehler (siehe Tabelle 3.24) hat eine Varianzaufklärung von 80% -> die Effektgrößen der verschiedenen Einflussfaktoren - vorgegebene Intervalldauer, Reizqualität, Sinnesmodalität und Probanden(persönlichkeit) - lassen sich direkt vergleichen.

Es wurde in dieser Studie schon hervorgehoben, dass die Erforschung der Zeitverarbeitung essentiell ist, um die Wahrnehmungsprozesse zu verstehen, die Menschen (und anderen Säugetieren) die überlebenswichtige verlässliche Repräsentation ihrer

Umwelt ermöglichen. Sogar Bewusstsein(svorgänge) und das Kohärenzproblem (auch: *binding problem*) lassen sich möglicherweise über die Analyse der Zeitwahrnehmung erklären.

Beim Kohärenzproblem handelt es sich um das Rätsel, wie das menschliche Gehirn die komplexe Informationsflut zusammenfasst, erkennbar und handhabbar macht, die sekundlich/millisekundlich in ihm bzw. auf es einströmt. Wie werden Millionen Bits an Informationen, die (vor allem von den Sinnesorganen kommend) zu unterschiedlichen Zeiten einlaufen, sich auf Hunderte Millionen Nervenzellen verteilen und unterschiedlich schnell und in verschiedenen Gehirnregionen verarbeitet werden, zu *einem* bewussten, zusammenhängendem Bild des Geschehens verschmolzen? (Siehe z.B. Klix 1992; Norretranders 1997; Pöppel 2004).

Den verschiedenen Zeitbereichen bzw. verschiedenen Bewusstseinsphänomenen bzw. verschiedenen *binding-levels* sind dabei wahrscheinlich unterschiedliche, hierarchisch arbeitende Systeme neuronaler Verarbeitung zugeordnet, siehe *1.1 Die Blickrichtung dieser Arbeit* und (Pöppel, Schill et al. 1990; Steinbüchel 1998; Revonsuo and Newman 1999). Die auf der Ordnungsschwellen-Ebene (also im 40ms Bereich der „Zeitquanten“) konstituierten, diskreten Einzelereignisse (primordial events) werden vom neuronalen Integrationsmechanismus des 3-Sekunden-Zeitfensters zu einer prägnanten, homogenen Wahrnehmungsgestalt zusammengefasst. Dieser aktuelle, also *gegenwärtige* Bewusstseinsinhalt wird von höheren Gehirnfunktionen wiederum als Baustein für den als kontinuierlich wahrgenommenen Bewusstseinsstrom verwendet. So werden z.B. beim Musikerleben keine sequentiell präsentierten Einzeltöne wahrgenommen, sondern diese werden vom Gegenwartsfenster zu einer zeitlich zusammenhängenden Gestalt, einem musikalischen Motiv, verbunden. Diese direkt, sensorisch wahrnehmbare Einheit wird dann - vermittelt über kognitive Mechanismen - zum Teil eines längeren Musikflusses (Elbert, Ulrich et al. 1991; Wittmann 1999; Wittmann and Pöppel 1999; Pöppel 2004).

Zu den Zusammenhängen von Kohärenzproblem und Bewusstsein (und Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit), dazu wie die zeitliche Integration bzw. das Binding möglicherweise über ein synchrones Feuern von Neuronen vermittelt wird (die „40Hz Hypothese“ – *neuronal spike synchrony*; Korrelationstheorie der Hirnfunktion), siehe unter anderem (Engel, Fries et al. 1999; Revonsuo and Newman 1999; Salinas and Romo 2000).

5. Zusammenfassung

In vorliegender Studie wurde die menschliche Zeitverarbeitung im Bereich weniger Sekunden untersucht. Dabei wurden gleichzeitig kognitive Mechanismen erkundet, die eine verlässliche mentale Repräsentation der (Über-)Lebensumwelt ermöglichen, indem sie die komplexe Flut von Sinnesinformationen zu einem stimmigen Bild bzw. zu einem kohärenten Wahrnehmungserlebnis zusammenfassen. Wahrnehmung (und motorische Handlungen) sind beim Menschen (wie auch bei nichtmenschlichen Primaten und anderen Säugetieren) in solche kohärenten, perzeptuellen Einheiten von ungefähr 3 Sekunden Dauer segmentiert. Ein zeitlicher Integrationsmechanismus erzeugt diese *bewussten* Perzepte dadurch, dass er aufeinander folgende Informationen/Reize zu einer prägnanten Wahrnehmungsgestalt verbindet. Dieser Integrationsmechanismus, das so genannte *3-Sekunden-Zeitfenster*, gibt also den zeitlichen Rahmen für den einen, aktuellen Bewusstseinsinhalt vor, welcher dann als *gegenwärtig* bzw. als *jetzt* empfunden wird.

Die Kombination eines kognitionspsychologischen Forschungsansatzes mit dem psychobiologischen Blickwinkel führte zur Entwicklung einer neuen Untersuchungsmethode. Mittels dieser wurde erstmalig versucht, die Komplexität „natürlicher“ Zeit- bzw. Ereigniswahrnehmung zu berücksichtigen: In ein klassisches Versuchdesign der Zeitpsychologie (*Methode der Reproduktion*) wurden neben den üblichen einfachen, physikalischen Stimuli (Sinuston, Licht an/aus) anthropologische Schlüsselreize eingebunden - der akustische und mimische Ausdruck menschlicher Basisemotionen. Affektive, nonverbale Vokalisationen (Lachen, Weinen, Angstschreien) und Bilder entsprechender emotionaler Gesichtsausdrücke (freudig, traurig, angstvoll) wurden so modifiziert und standardisiert dargeboten, dass erstmals die zeitliche Verarbeitung komplexer, menschlicher Gefühlsäußerungen analysiert werden konnte.

Über die Methode der Reproduktion (MR) konnte nicht nur der Einfluss diverser Faktoren auf die Zeitverarbeitung im Allgemeinen untersucht werden, sondern auch der 3-Sekunden-Zeitfenster-Mechanismus im Speziellen. Mit der Programmieroberfläche *PsyScope* wurden Computerprogramme für die 3 Versuchsreihen (akustisch, visuell, audiovisuell) erstellt, in welche die MR implementiert wurde. Diese Programme führten 93 Probanden ohne Einwirkung des Versuchsleiters interaktiv durch die Experimente,

wodurch die Versuchsbedingungen optimal kontrolliert werden konnten. Über Kopfhörer und Bildschirm wurden den Probanden die akustischen und visuellen Stimuli eine bestimmte Zeitdauer (1000 - 5000 ms) dargeboten; danach konnten bzw. sollten die Probanden die Stimuli noch einmal genauso lange ablaufen lassen - also die dargebotene Zeitdauer *reproduzieren*, d.h. schätzen.

Gemäß dem randomisierten und balancierten „within-subjects“ Design jeder der 3 Versuchsreihen wurden so 16.275 Einzelmessungen bzw. reproduzierte Zeitintervalle (maximaler Messfehler < 60ms) erhoben. Neben explorativen Verfahren wurde dieser Datensatz auch mittels verschiedener varianzanalytischer Modellierungen ausgewertet - dabei konnten bis zu 96% der beobachteten Variation aufgeklärt, also den verschiedenen Einflussfaktoren zugeordnet werden: Abgesehen von der absoluten Dauer der vorgegebenen Zeitintervalle (längere Zeitintervalle werden als länger wahrgenommen) hat die Probandenpersönlichkeit den größten Einfluss auf die Zeitwahrnehmung; der relative Einfluss der vorgegebenen Zeitdauer und die Art der Stimuli (Komplexität, emotionaler Gehalt) haben einen mittelgroßen Effekt; der Einfluss der Sinnesmodalität ist nicht relevant.

Die Zeitverarbeitung der Probanden war differenziert genug, um (auch bei den komplexen, emotionalen Reizen) Zeitdauerunterschiede von 500ms wahrzunehmen und zu reproduzieren. Diese Differenzierungsfähigkeit ist bemerkenswert, da mit zunehmender Dauer der vorgegebenen Zeitintervalle diese bei der Reproduktion immer mehr unterschätzt wurden. Tatsächlich nimmt mit länger werdender Vorgabedauer nicht nur die absolute Unterschätzung (in Millisekunden) zu, sondern auch die prozentuale Unterschätzung, der sog. Zeitfehler. Folglich lässt sich die Reproduktion von Zeitintervallen (im Sekundenbereich), also die Transformation von objektiver, physikalischer Zeit in subjektiv wahrgenommene Zeit, *nicht* als lineare Funktion beschreiben. Damit widersprechen die vorliegenden Ergebnisse (wie auch die Resultate klassischer Studien) dem vorherrschenden Paradigma der Scalar Timing Theory.

Sowohl die deskriptiven als auch die inferenzstatistischen Analysen zeigen ein spezielles Muster der menschlichen Zeitwahrnehmung auf: Zwischen etwa 3-4 Sekunden wechselt der Zeitverarbeitungsmechanismus (vermutlich von der sensorischen Wahrnehmung zur

kognitiv gesteuerten Schätzung der Zeitintervalle), in diesem Bereich liegt die maximale Ausdehnung des Zeitfenster-Integrationsmechanismus - die Dauer der Gegenwart beträgt nur wenige Sekunden.

Ergebnisse humanethologischer und gedächtnispsychologischer Studien ließen vermuten, dass die Verarbeitungskapazität des Zeitfenster-Mechanismus begrenzt ist. Dann hätten komplexe, informationsreiche Stimuli früher als einfache Reize unterschätzt werden und zu kürzeren Wahrnehmungs-Segmenten führen müssen - die Daten der 3 Versuchsreihen widerlegen diese Kapazitäts-Hypothese allerdings zweifelsfrei.

Wie die einfachen Reize konnten auch die modifizierten emotionalen Stimuli von den Probanden kontinuierlich reproduziert werden und wurden auf prinzipiell gleiche Weise bzw. von demselben Zeitwahrnehmungsmechanismus verarbeitet - ein direkter Vergleich ist folglich möglich. Die unterschiedliche Qualität der akustischen und audiovisuellen Stimuli (d.h. ihre Komplexität, ihr emotionaler Gehalt bzw. die durch sie induzierte Stimmung) hatte einen deutlichen und hoch signifikanten Einfluss auf ihre zeitliche Verarbeitung und damit auf die Zeitschätzungen der Probanden. Die differentiellen Wirkungen der akustischen, visuellen und audiovisuellen Reize mit unterschiedlicher emotionaler Qualität wurden im Zusammenhang mit kognitionspsychologischen Modellen und Ergebnissen bildgebender Verfahren diskutiert.

Die unterschiedlichen emotionalen Reaktionssysteme können als phylogenetische Anpassungen mit jeweils spezifischer Funktion verstanden werden. Der Vergleich der Wirkungen akustischer Stimuli mit den Wirkungen visueller Stimuli bei gleicher emotionaler Valenz sollte enthüllen, ob es (unabhängig von der Sinnesmodalität) eine spezifische Wirkung der jeweiligen Emotion *auf die Zeitwahrnehmung* gibt. Eine auf die emotionale Gestimmtheit des Wahrnehmenden abgestimmte Zeitverarbeitung wäre ein Fitnessvorteil (z.B. beschleunigte Informationsverarbeitung bei Furcht - Flucht/Kampf). Ein solcher, funktionaler Einfluss der Emotionen auf die Zeitwahrnehmung konnte zwar nicht nachgewiesen werden, es fanden sich aber Auffälligkeiten bzw. Muster in den Daten, die eine solche Arbeitshypothese weiterhin untersuchenswert erscheinen lassen.

6. Literaturverzeichnis (zitierte und im Text angeführte Literatur)

(1996). PsyDat. Pittsburgh, Carnegie Mellon University.

(1997). "Themenheft: Testrezensionen." Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie.

Adam, N., A. D. Castro, et al. (1974). "Production, estimation, and reproduction of time intervals during inhalation of a general anesthetic in man." Journal of Experimental Psychology **102**(4): 609-614.

Allan, L. G. (1979). "The perception of time." Perception & Psychophysics **26**(5): 340-354.

Artieda, J. and M. A. Pastor (1996). Neurophysiological mechanisms of temporal perception. Time, Internal Clocks and Movement. M. A. Pastor and J. Artieda. Amsterdam, Elsevier: 1-25.

Bachorowski, J.-A. and M. J. Owren (2001). "Not all laughs are alike: Voiced but not unvoiced laughter readily elicits positive affect." Psychological Science **12**(3): 252-257.

Bachorowski, J.-A. and M. J. Owren (2003). "Sounds of Emotion. Production and Perception of Affect-Related Vocal Acoustics." Ann. N.Y. Acad. Sci. **1000**: 244-265.

Bachorowski, J.-A., M. J. Smoski, et al. (2001). "The acoustic features of human laughter." J. Acoust. Soc. Am. **110**(3): 1581-1597.

Backhaus, K., B. Erichson, et al. (2003). Multivariate Analysemethoden. Berlin, Springer.

Berridge, K. C. and P. Winkielman (2003). "What is an unconscious emotion?" Cognition and Emotion **17**(2): 181-211.

Biehl, M. and et al. (1997). "Matsumoto and Ekman's Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE): Reliability Data and Cross-National Differences." Journal of Nonverbal Behavior **21**: 2-21.

Birbaumer, N. and R. F. Schmidt (2003). Biologische Psychologie. Berlin, Springer.

Blakemore, S.-J. and U. Frith (2004). "How does the brain deal with the social world?" NeuroReport **15**(1): 119-128.

Blewett, A. E. (1992). "Abnormal subjective time experience in depression." British Journal of Psychiatry **161**: 195-200.

Block, R. A. (1985). Contextual coding in memory: Studies of remembered duration. Time, mind, and behavior. J. A. Michon and J. L. Jackson. Berlin, Springer: 169-178.

Block, R. A. and D. Zakay (1996). Models of psychological time revisited. Time and Mind. H. Helfrich. Seattle, Hogrefe & Huber: 171-195.

- Block, R. A., D. Zakay, et al. (1998). "Human aging and duration judgments: A meta-analytic review." Psychology and Aging **13**(4): 584-596.
- Boring, E. G. (1950). A history of experimental psychology. The Century psychology series. R. M. Elliott.
- Borsellino, A., A. De Marco, et al. (1972). "Reversal Time Distribution in the Perception of Visual Ambiguous Stimuli." Kybernetik **10**: 139-144.
- Bortz, J. (1999). Statistik Für Sozialwissenschaftler. Berlin, Springer-Lehrbuch.
- Bortz, J. and N. Döring (1995). Forschungsmethoden und Evaluation. Berlin, Springer.
- Bradley, M. M., M. Codispoti, et al. (2001). "Emotion and Motivation II: Sex Differences in Picture Processing." Emotion **1**(3): 300-319.
- Bradley, M. M. and P. J. Lang (2000). "Affective reactions to acoustic stimuli." Psychophysiology **37**: 204-215.
- Brickenkamp, R., Ed. (1997). Handbuch psychologischer und pädagogischer Tests. Göttingen, Hogrefe.
- Brosius, F. (2002). SPSS 11. Bonn, mitp Verlag.
- Brown, S. W. (2002). "Attentional Processes in Time Perception: Effects of Mental Workload and Event Structure." Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance **28**(3): 600-615.
- Bühl, A. and P. Zöfel (2002). SPSS 11. Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. München, Pearson Studium.
- Burle, B. and L. Casini (2001). "Dissociation between activation and attention effects in time estimation: Implications for internal clock models." Journal of experimental Psychology: Human Perception and Performance **27**(1): 195-205.
- Chapanis, A. (1970). The Relevance of Laboratory Studies to Practical Situations. The Science of Psychology: Critical Reflections. D. P. Schultz. New York, Appleton-Century-Crofts.
- Christiansen, K. (1992). Psychologische Test- und Explorationsmethoden. Wesen und Methoden der Anthropologie. 2. Teil: Physiologische, psychologische, genetische und mathematische Methoden. R. Knußmann. Stuttgart, Gustav Fischer Verlag. **1**: 205-278.
- Christiansen, K. and T. Maase (2001). Das Erleben des Augenblicks - Zur Funktionalität des Gegenwartsfensters. Homo - unsere Herkunft und Zukunft. Proceedings 4. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie. M. Schultz and et al. Göttingen, Cuvillier: 187-193.
- Churchland, P. and M. Christen. (2001). "Psychologie auf Neurowissenschaft zurückführen." from <http://www.information-philosophie.de/philosophie/neurophilosophie.html>.
- Cohen, B. H. (2004). Explaining Psychological Statistics. New York, Wiley.

- Cohen, J. (1990). "Things I have learned (so far)." American Psychologist **45**(12): 1304-1312.
- Cohen, J. D., B. MacWhinney, et al. (1993). "PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments." Behavioral Research Methods, Instruments, and Computers **25**(2): 257-271.
- Coombs, S. and J. New (2001). Multi-modal sensory guidance of complex behaviors. Newsletter - International Society For Neuroethology. **November**: 5f.
- Crick, F. and C. Koch (2003). "A framework for consciousness." Nature neuroscience **6**(2): 119-126.
- Daan, S., D. G. M. Beersma, et al. (1996). Effects of light on the circadian and short-term sense of time in humans. Proceedings of the third international congress on physiological anthropology. Nara-ken Shin-koukaido, Japan.
- Damasio, A. R. (1997). Descartes` Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn. München, Deutscher Taschenbuch Verlag.
- Damasio, A. R. (2002). Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins. München, List Verlag.
- Darwin, C. (1872). The expression of the emotions in man and animals. London, John Murray.
- Dormann, C. and I. Kühn (2004). Angewandte Statistik für die biologischen Wissenschaften. UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle: 243.
- Dunbar, R. I. M. (1998). "The social brain hypothesis." Evolutionary Anthropology **6**: 178-190.
- Dunbar, R. I. M. (2003). "The Social Brain: Mind, Language, and Society in Evolutionary Perspective." Annual Review of Anthropology **32**: 163-181.
- Dutke, S. (im Erscheinen). "Remembered Duration: Working Memory and the Reproduction of Intervals." Perception & Psychophysics.
- Edwards, K. (1998). "The face of time: Temporal cues in facial expressions of emotion." Psychological Science **9**(4): 270-276.
- Eisler, H. (1996). Time perception from a psychophysicist's perspective. Time and mind. H. Helfrich. Seattle, Hogrefe & Huber: 65-86.
- Eisler, H. and et al. (1980). A complementary bibliography of the psychology of time. Doc. Psychol. No. 2101. A. P. Assoc.
- Ekman, P. (1988). Gesichtsausdruck und Gefühl: 20 Jahre Forschung von Paul Ekman. Paderborn, Junfermann.
- Ekman, P. (1994). "Strong Evidence for Universals in Facial Expressions: A Reply to Russell's Mistaken Critique." Psychological Bulletin **115**(2): 268-287.

- Ekman, P. (1997). "Should We Call it Expression or Communication?" Innovations in Social Science Research **10**(4): 333-344.
- Ekman, P. (1999). Facial Expressions. Handbook of Cognition and Emotion. T. Dalgleish and M. Power. New York, John Wiley & Sons.
- Ekman, P. and R. J. Davidson, Eds. (1994). The nature of emotion. Fundamental questions. Series in affective science. New York, Oxford University Press.
- Elbert, T., R. Ulrich, et al. (1991). "The processing of temporal intervals reflected by CNV-like brain potentials." Psychophysiology **28**(6): 648-655.
- Engel, A. K., P. Fries, et al. (1999). "Temporal Binding, Binocular Rivalry, and Consciousness." Consciousness and cognition **8**: 128-151.
- Erickson, K. and J. Schulkin (2003). "Facial expressions of emotion: A cognitive neuroscience perspective." Brain and Cognition **52**: 52-60.
- Fahrenberg, J., R. Hampel, et al. (2001). FPI-R Das Freiburger Persönlichkeitsinventar (+Manual). Göttingen, Hogrefe.
- Fastl, H. and C. Patsouras (2004). "Das Geräusch, das aus der Farbe kommt." Forschung. Das Magazin der Deutsche Forschungsgemeinschaft(2): 13f.
- Feldhütter, I., M. Schleidt, et al. (1990). "Moving in the beat of seconds. Analysis of the time structure of human action." Ethology and Sociobiology **11**: 511-520.
- Fraisse, P. (1974). Zeitwahrnehmung und Zeitschätzung. Allgemeine Psychologie I. Der Aufbau des Erkennens 1. Halbband: Wahrnehmung und Bewußtsein. W. Metzger. Göttingen, Hogrefe: 656-690.
- Fraisse, P. (1984). "Perception and estimation of time." Annual Review of Psychology **35**: 1-36.
- Fraisse, P. (1985). Psychologie der Zeit. Konditionierung Wahrnehmung Kontrolle Zeitschätzung Zeitbegriff. München, Ernst Reinhardt.
- Friesen, W. V. and P. Ekman (1978). Facial action coding system, FACS (A technique for the measurement of facial action). Palo Alto, CA, Consulting Psychologist Press.
- Gerstner, G. E. and V. A. Fazio (1995). "Evidence of a universal perceptual unit in mammals." Ethology **101**: 89-100.
- Gerstner, G. E. and L. J. Goldberg (1994). "Evidence of a time constant associated with movement patterns in six mammalian species." Ethology and Sociobiology **15**: 181-205.
- Gibson, J. J. (1975). Events are perceivable but time is not. The Study of Time, 2. J. T. Fraser and N. Lawrence. Berlin, Springer: 295-301.
- Glicksohn, J. (2001). "Temporal cognition and the phenomenology of time: A multiplicative function for apparent duration." Consciousness and cognition **10**: 1-25.

- Gomez, C., E. D. Argandona, et al. (1995). "Timing and competition in networks representing ambiguous figures." Brain and Cognition **29**: 103-114.
- Grondin, S. (2001). "From Physical Time to the First and Second Moments of Psychological Time." Psychological Bulletin **127**(1): 22-44.
- Guay, M. and A. W. Salmoni (1987). "An examination of self-pacing procedures in human time estimation." Perceptual and Motor Skills **64**: 1231-1236.
- Hancock, P. A. (1993). "Body temperature influence on time perception." J. Gen. Psychol. **120**: 197-216.
- Hawkins, W. L., L. C. French, et al. (1988). "Depressed affect and time perception." Journal of Abnormal Psychology **97**(3): 275-280.
- Helfrich, H., Ed. (1996). Time and mind. Seattle, Hogrefe & Huber.
- Hornstein, A. D. and G. S. Rotter (1969). "Research methodology in temporal perception." Journal of Experimental Psychology **79**(3): 561-564.
- Hussy, W. and A. Jain (2002). Experimentelle Hypothesenprüfung in der Psychologie. Göttingen, Hogrefe.
- Jackson, J. L. (1985). Is the Processing of Temporal Information Automatic or Controlled? Time, mind, and behavior. J. A. Michon and J. L. Jackson. Berlin, Springer: 179-190.
- James, W. (1890/1983). The Principles of Psychology. Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press.
- Janssen, J. and W. Laatz (2003). Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Berlin, Springer.
- Kagerer, F. A., M. Wittmann, et al. (2002). "Cortical involvement in temporal reproduction: evidence for differential roles of the hemispheres." Neuropsychologia **40**: 357-366.
- Kampe, K. K. W., C. D. Frith, et al. (2001). "Reward value of attractiveness and gaze." Nature **413**: 589.
- Kanabus, M., E. Szélag, et al. (2004). "Reproduction of auditory and visual standards in monochannel cochlear implant users." Acta Neurobiologiae Experimentalis **64**: 395-402.
- Kandel, E. R., J. H. Schwartz, et al., Eds. (1995). Neurowissenschaften. Eine Einführung. Heidelberg, Spektrum.
- Kien, J., M. Schleidt, et al. (1991). "Temporal segmentation in hand movements of chimpanzees (pan troglodytes) and comparisons with humans." Ethology **89**: 297-304.
- Kilner, J. M., Y. Paulignan, et al. (2003). "An interference effect of observed biological movement on action." Current Biology **13**(522-525).

- Kilts, C. D., G. Egan, et al. (2003). "Dissociable neural pathways are involved in the recognition of emotion in static and dynamic facial expressions." NeuroImage **18**: 156-168.
- Klatte, M., H. Kilcher, et al. (1995). "Wirkungen der zeitlichen Struktur von Hintergrundschall auf das Arbeitsgedächtnis und ihre theoretischen und praktischen Implikationen." Zeitschrift für Experimentelle Psychologie **XLII**(4): 517-544.
- Klix, F. (1992). Die Natur des Verstandes. Göttingen, Hogrefe.
- Krause, R. (1998). Hypermediales Skript zur Vorlesung „Motivation und Emotion“. Uni Saarland.
- Lang, P. J., M. M. Bradley, et al. (1998). "Emotional arousal and activation of the visual cortex: An fMRI analysis." Psychophysiology **35**: 199-210.
- Larsen, R. J. and T. Ketelaar (1989). "Extraversion, neuroticism, and susceptibility to positive and negative mood induction procedures." Personality and Individual Differences **10**: 1221-1228.
- LeDoux, J. E. (1996). The emotional brain: The mysterious underpinnings of emotional life. New York, Simon & Schuster.
- Lemke, M. R., N. H. Koethe, et al. (1999). "Timing of movements in depressed patients and healthy controls." Journal of Affective Disorders **56**: 209-214.
- Lemke, M. R. and M. Schleidt (1999). "Temporal segmentation of human short-term behavior in everyday activities and interview sessions." Naturwissenschaften **86**: 289-292.
- Leontjew, A. (1987). Tätigkeit Bewußtsein Persönlichkeit. Berlin, Volk und Wissen.
- LePoidevin, R. (2004). The Experience and Perception of Time. The Stanford Encyclopedia of Philosophy. E. N. Zalta.
- Levine, T. R. and C. R. Hullett (2002). "Eta Squared, Partial Eta Squared, and Misreporting of Effect Size in Communication Research." Human Communication Research **28**(4): 612-625.
- Lewis, P. A. and V. Walsh (2002). "Neuropsychology: Time out of mind." Current Biology **12**: 9-11.
- Logothetis, N. K. (1998). "Single units and conscious vision." Phil. Trans. R. Soc. Lond. B **353**: 1801-1818.
- Maase, T. (2000). Zeitverarbeitung im Sekundenbereich: Der Einfluss der Reizqualität auf den neurobiologischen Mechanismus des "Gegenwartsfensters". Institut für Humanbiologie, Universität Hamburg.
- Maase, T. (2001). Das Erleben des Augenblicks - Zur Funktionalität des Gegenwartsfensters. Homo - unsere Herkunft und Zukunft. Proceedings 4. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie. M. Schultz and et al. Göttingen, Cuvillier: 187-193.

- Mach, E. (1905). Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis des Physischen zum Psychischen. Jena, G. Fischer.
- Malloch, S. N. (1999). "Mothers and infants and communicative musicality." Musicae Scientiae special issue 1999-2000: 29-42.
- Matsumoto, D. (1992). "American-Japanese cultural differences in the recognition of universal facial expressions." Journal of Cross-Cultural Psychology **23**: 72-84.
- Matsumoto, D. and P. Ekman (1988). Japanese and Caucasian Facial Expressions of Emotion (JACFEE) and Neutral Faces (JACNeuF). San Francisco, CA, Paul Ekman, Human Interaction Lab, University of California.
- Morris, J. S., C. D. Frith, et al. (1996). "A differential neural response in the human amygdala to fearful and happy facial expressions." Nature **383**: 812-815.
- Mundt, C. and et al. (1998). "Time-experience and time-estimation in depressive patients." Nervenarzt **69**: 38-45.
- Münzel, K. (1993). Depression und Erleben von Dauer. Zeitpsychologische Grundlagen und Ergebnisse klinischer Studien. Berlin, Springer.
- Münzel, K., G. Gendner, et al. (1988). "Time estimation of depressive patients: the influence of interval content." European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience **237**(3): 171-178.
- Neumann, R. and F. Strack (2000). "'Mood Contagion': The Automatic Transfer of Mood Between Persons." Journal of Personality and Social Psychology **79**(2): 211-223.
- Norretranders, T. (1997). Spüre die Welt. Die Wissenschaft des Bewusstseins. Reinbek, Rowohlt.
- Oatley, K. and J. M. Jenkins (1996). Understanding emotions. Cambridge, MA, Blackwell.
- Oberzaucher, E. and K. Grammer (2001). Phytophilie. Die positiven Auswirkungen von Pflanzen auf kognitive Vorgänge. Homo - unsere Herkunft und Zukunft. Proceedings 4. Kongress der Gesellschaft für Anthropologie. M. Schultz and et al. Göttingen, Cuvillier: 171-173.
- Öhman, A. (2002). "Automaticity and the Amygdala: Nonconscious Responses to Emotional Faces." Current Directions In Psychological Science **11**(2): 62-66.
- Ornstein, R. E. (1969). On the experience of time. Hammondsworth, Penguin.
- Ott, I., M. Schleidt, et al. (1994). "Temporal organisation of action in baboons: Comparisons with the temporal segmentation in chimpanzee and human behavior." Brain Behavior and Evolution **44**: 101-107.
- Owren, M. J. and J.-A. Bachorowski (2001). The Evolution of Emotional Expression. A "Selfish-Gene" Account of Smiling and Laughter in Early Hominids and Humans. Emotions. Current Issues and Future Directions. T. J. Mayne and G. A. Bonanno. New York, The Guilford Press: 152-191.

- Panksepp, J. (1994). The Basics of Basic Emotion. The Nature Of Emotion. P. Ekman and R. J. Davidson. New York, Oxford University Press: 20-24.
- Panksepp, J. and J. B. Panksepp (2000). "The Seven Sins of Evolutionary Psychology." Evolution and cognition **6**(2): 108-131.
- Peterson, L. B. and M. J. Peterson (1959). "Short-term retention of individual verbal items." Journal of Experimental Psychology **58**: 193-199.
- Phillips, M. L., A. W. Young, et al. (1998). "Neural responses to facial and vocal expressions of fear and disgust." Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological Sciences **265**: 1809-1817.
- Pöppel, E. (1973). "Influence of pause duration on the reproduction of a 2-second interval." Bulletin of the Psychonomic Society **2**: 291-292.
- Pöppel, E. (1978). Time perception. Handbook of Sensory Physiology: Perception. R. Held, H. W. Leibowitz and H.-L. Teuber. Berlin, Springer. **8**: 713-729.
- Pöppel, E. (1996). Reconstruction of subjective time on the basis of a hierarchically organized processing system. Time, internal clocks and movement. M. A. Pastor and J. Artieda. Amsterdam, Elsevier: 165-185.
- Pöppel, E. (1997). "A hierarchical model of temporal perception." Trends in Cognitive Sciences **1**(2): 56-61.
- Pöppel, E. (1997). Grenzen des Bewußtseins. Wie kommen wir zur Zeit, und wie entsteht Wirklichkeit? Frankfurt am Main, Insel.
- Pöppel, E. (1997). Zeitlose Zeiten: Das Gehirn als paradoxe Zeitmaschine. Der Mensch und sein Gehirn. Die Folgen der Evolution. H. Meier and D. Ploog. München, Piper: 67-97.
- Pöppel, E. (2004). "Lost in time: a historical frame, elementary processing units and the 3-second window." Acta Neurobiol. Exp. **64**: 295-301.
- Pöppel, E., K. Schill, et al. (1990). "Sensory integration within temporally neutral system states: A hypothesis." Naturwissenschaften **77**: 89-91.
- Pouthas, V. and S. Perbal (2004). "Time perception depends on accurate clock mechanisms as well as unimpaired attention and memory processes." Acta Neurobiol. Exp. **64**: 367-385.
- Preston, S. D. and F. DeWaal (2002). "Empathy: Its ultimate and proximate bases." Behavioral and Brain Sciences **25**: 1-72.
- Rammsayer, T. (1998). "Geschlechtsdifferenzen bei der Verarbeitung von Zeitinformationen." Zeitschrift für differentielle und diagnostische Psychologie **19**(1): 46-47.
- Revonsuo, A. and J. Newman (1999). "Binding and Consciousness." Consciousness and cognition **8**: 123-127.

- Rüegg, J. C. (2001). Psychosomatik, Psychotherapie und Gehirn. Neuronale Plastizität als Grundlage einer biopsychosozialen Medizin. Stuttgart, Schattauer.
- Russell, J. A., J.-A. Bachorowski, et al. (2003). "Facial and Vocal Expressions of Emotion." Ann. Rev. Psychol. **54**: 329-349.
- Salinas, E. and R. Romo (2000). "A chorus line." Nature **404**(9. März): 131-133.
- Sams, M., R. Hari, et al. (1993). "The Human Auditory Sensory Memory Trace Persists about 10 sec: Neuromagnetic Evidence." Journal of Cognitive Neuroscience **5**: 363-370.
- Sander, K., A. Brechmann, et al. (2003). "Audition of laughing and crying leads to right amygdala activation in a low-noise fMRI setting." Brain Research Protocols **11**: 81-91.
- Sander, K., A. Brechmann, et al. (1999). Aktivierung der Amygdala durch Verarbeitung nonverbaler stimmlicher Emotionsäußerungen. 41. Tagung experimentell arbeitender Psychologen, Leipzig, Pabst.
- Sander, K. and H. Scheich (2001). "Auditory perception of laughing and crying activates human amygdala regardless of attentional state." Cognitive Brain Research **12**: 181-198.
- Sarris, V. (1992). Versuchsplanung und Stadien des psychologischen Experiments. München, Ernst Reinhardt.
- Sawyer, T. F., P. J. Meyers, et al. (1994). "Contrasting task demands alter the perceived duration of brief timer intervals." Perception & Psychophysics **56**(6): 649-657.
- Schleidt, M. (1988). "A universal time constant operating in human short-term behaviour repetitions." Ethology **77**: 67-75.
- Schleidt, M. (1992). "Universeller Zeittakt im Wahrnehmen, Erleben und Verhalten." Spektrum der Wissenschaft **12**: 111-115.
- Schleidt, M., I. Eibl-Eibesfeldt, et al. (1987). "A universal constant in temporal segmentation of human short-term behavior." Naturwissenschaften **74**: 289-290.
- Schleidt, M. and I. Feldhütter (1989). "Universal time constant in human short-term behavior." Naturwissenschaften **76**: 127-128.
- Schleidt, M. and J. Kien (1997). "Segmentation in behavior and what it can tell us about brain function." Human Nature **8**(1): 77-111.
- Schneider, K. and W. Dittrich (1990). Evolution und Funktion von Emotionen. Enzyklopädie der Psychologie (Serie 4: Motivation und Emotion). K. R. Scherer. Göttingen, Hogrefe. **3**: 41-114.
- Schröger, E. and A. Widmann (1998). "Speeded responses to audiovisual signals changes result from bimodal integration." Psychophysiology **35**: 755-759.
- Sedlmeier, P. (1996). "Jenseits des Signifikanztest-Rituals: Ergänzungen und Alternativen." Methods of Psychological Research Online **1**(4): 41-63.

- Sokolowski, K. (1992). "Emotionsinduktion ohne Bewußtheit und Verhaltensänderung ohne Absicht." Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie **39**(2): 329-344.
- Sokolowski, K., Ed. (1993). Emotion und Volition. Eine motivationspsychologische Standortbestimmung. Motivationsforschung. Göttingen, Hogrefe.
- Sokolowski, K. (1996). The influence of emotions and goal settings on the persistence of conscious representations. 13th Conference of the International Society for Human Ethology (5.-10. August 1996), Vienna, Austria.
- SPSS, Ed. (2002). SPSS 11.5 Syntax Reference Guide: Base System, Advanced Models, Regression Models. Chicago.
- Staddon, J. E. R. and J. J. Higa (1999). "Time and memory: towards a pace-maker-free theory of interval timing." Journal of the Experimental Analysis of Behavior **71**: 215-251.
- Stanko, L. and J. Ritsert (1994). "Zeit" als Kategorie der Sozialwissenschaften: Eine Einführung. Münster, Westfälisches Dampfboot.
- Steinbüchel, N. v. (1998). "Temporal ranges of central nervous processing: clinical evidence." Exp. Brain Res **123**: 220-233.
- Steinbüchel, N. v., M. Wittmann, et al. (1996). Timing in perceptual and motor tasks after disturbances of the brain. Time, Internal Clocks and Movement. M. A. Pastor and J. Artieda. Amsterdam, Elsevier: 281-304.
- Steinbüchel, N. v., M. Wittmann, et al. (1999). "Temporal constraints of perceiving, generating, and integrating information: Clinical indications." Restorative Neurology and Neuroscience **14**: 167-182.
- Strassmann, B. (2004). Rot schreit am lautesten. Optische Eindrücke beeinflussen die akustische Wahrnehmung. Die Zeit. Hamburg. **35**.
- Szelag, E. and et al. (1996). "Temporal constraints in processing of nonverbal rhythmic patterns." Acta Neurobiol. Exp. **56**: 215-225.
- Szelag, E., M. Kanabus, et al. (2004). "Individual differences in temporal information processing in humans." Acta Neurobiol. Exp. **64**: 349-366.
- Tayama, T. (1987). "Models for time perception and time estimation." Japanese Psychological Review **30**(4): 423-451.
- Testzentrale-Göttingen, Ed. (2002). Testkatalog 2002/03. Göttingen, Hogrefe.
- Treisman, M. (1963). "Temporal discrimination and the indifference interval: Implications for a model of the "internal clock"." Psychological Monograph: General and Applied **77**(13).
- Tukey, J. W. (1977). Exploratory data analysis. Reading, MA, Addison-Wesley.

- Turner, F. and E. Pöppel (1988). Metered Poetry, the brain, and Time. Beauty and the brain: Biological aspects of aesthetics. I. Rentschler, B. Herzberger and D. Epstein. Basel, Birkhäuser: 71-90.
- Vaughan, J. and P. L. Yee (1997). PsySquash. Clinton, NY, Hamilton College.
- Vierordt, K. (1868). Der Zeitsinn nach Versuchen. Tübingen, H. Laupp'sche Buchhandlung.
- Vollrath, M., J. Kazenwadel, et al. (1992). "A universal constant in temporal segmentation of human speech." Naturwissenschaften **79**: 479-480.
- Wallschus, C. (1991). Zeitliche Segmentierung im Fernsehen. München, LMU.
- Wearden, J. H. (2003). Applying the scalar timing model to human time psychology: Progress and challenges. Time and Mind II: Information-processing perspectives. H. Helfrich. Seattle, Hogrefe & Huber: 21-39.
- Wearden, J. H. and I. S. Penton-Voak (1995). "Feeling the heat: Body temperature and the rate of subjective time, revisited." Quarterly Journal of Experimental Psychology: Comparative & Physiological Psychology **48B**(2): 129-141.
- Whalen, P. J. and et al. (1998). "Masked Presentations of Emotional Facial Expressions Modulate Amygdala Activity without Explicit Knowledge." The Journal of Neuroscience **18**(1): 411-418.
- Whitman, R. (1964). "Time estimates measured by reproduction." Perceptual and Motor Skills **18**: 929-943.
- Wieners, A. (2005). Gut drauf im Dreisekudentakt. Psychologie heute. **2005**.
- Wimmer, M. (1995). "Evolutionary roots of emotions." Evolution and Cognition **1**(1): 38-50.
- Winkielman, P. and K. C. Berridge (2004). "Unconscious Emotions." Current Directions In Psychological Science **13**(3): 120-123.
- Winkielman, P., K. C. Berridge, et al. (2005). "Unconscious Affective Reactions to Masked Happy Versus Angry Faces Influence Consumption Behavior and Judgments of Value." Personality And Social Psychology Bulletin **31**(1): 121-135.
- Wittmann, M. (1997). Die zeitliche Organisation von Wahrnehmung und Motorik. Eine neurophysiologische Untersuchung an Patienten mit Hirnverletzung nach Schlaganfall. Medizinische Fakultät. München, Ludwig-Maximilians-Universität.
- Wittmann, M. (1999). "Time perception and temporal processing levels of the brain." Chronobiology International **16**(1): 17-32.
- Wittmann, M. (2003). "Sex differences in perception of temporal order." Perceptual and Motor Skills **96**(1): 105-112.

-
- Wittmann, M. and E. Pöppel (1999). "Temporal mechanisms of the brain as fundamentals of communication - with special reference to music perception and performance." Musicæ Scientiæ special issue 1999-2000: 13-28.
- Woodrow, H. (1951). Time Perception. Handbook of Experimental Psychology. S. S. Stevens, Wiley.
- Young, M. A. (1993). "Supplementing Tests of Statistical Significance: Variation Accounted For." Journal of Speech and Hearing **36**: 644-656.
- Zakay, D. and R. A. Block (1996). The role of attention in time estimation processes. Time, Internal Clocks and Movement. M. A. Pastor and J. Artieda. Amsterdam, Elsevier: 143-164.
- Zakay, D. and R. A. Block (2004). "Prospective and retrospective duration judgements: an executive-control perspective." Acta Neurobiologiae Experimentalis **64**: 319-328.
- Zald, D. H. (2003). "The human amygdala and the emotional evaluation of sensory stimuli." Brain Research Reviews **41**(1): 88-123.
- Zelenski, J. M. and R. J. Larsen (1999). "Susceptibility to affect: A comparison of three personality taxonomies." Journal of Personality **67**: 761-791.

Danksagung

Ich möchte allen danken, die mich und meine Arbeit in den letzten Jahren begleitet und unterstützt haben!

Mein besonderer Dank gilt Professorin Dr. Kerrin Christiansen für die hervorragende Betreuung meiner Arbeit. Ihre fachliche Kompetenz und moralische Unterstützung halfen mir, die mit dem neuartigen Untersuchungsansatz verbundenen Widrigkeiten zu überwinden.

Der Universität Hamburg gilt mein Dank für die Gewährung eines Promotionsstipendiums im Rahmen der Forschungs- und Wissenschaftsförderung.

Herrn H. Müller danke ich für wertvolle Tipps zur Nutzbarmachung der Statistiksoftware.

Allen Probanden möchte ich für ihre Teilnahme an den Versuchsreihen danken.