

# **Praktikumsbericht**

15.11.04 - 15.03.05

Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung  
Institutsteil Rostock

**Projekt: Demokoffer**

Christian Graf  
Student der Computervisualistik  
Universität Magdeburg

Betreuer: Randolph Schultz

**Kurzfassung:** Um adaptive Schnittstellen zwischen Mensch und Maschine zu schaffen, bedarf es einer Möglichkeit, den emotionalen Zustand des Nutzers zu bestimmen, um darauf zu reagieren. Dies ist Hintergrund des Projekts "Demokoffer", das beispielhaft zeigt, wie man den emotionalen Zustand eines Computernutzers feststellt. Vor dieser Arbeit existierte nur eine rein textuelle Ausgabe der verwendeten Klassifikationsalgorithmen. Sie war für den Laien schwer interpretierbar und nicht auf einen Blick verständlich. Um die Ergebnisausgabe anschaulich zu gestalten, wurden verschiedene Visualisierungen entwickelt, die den festgestellten emotionalen Zustand verdeutlichen. Diese Arbeit beschreibt die Voraussetzungen, die Vorüberlegungen, die potentiellen Lösungsstrategien und den letztlich eingeschlagenen Weg der Visualisierung. Sie zeigt außerdem auf, was ausgelassen wurde und welche Erweiterungen und Verbesserungen man noch in die Arbeit einbringen könnte.

**Abstract:** Being successful in creating adaptive interfaces between man and machine means to have a reliable procedure to know the inner emotional state of the user. Then technology may react accordingly. This aim is the background of the project "Demokoffer" that shows how to gain information about the user's emotional state when interacting with the computer. Before the work described in this paper there was only a pure textual output of the used algorithms that could hardly be interpreted by non-experts and that was not easily comprehensible at all. Different types of visualisations were considered, developed and tested to gain a graphic impression of the detected emotional state. This paper describes the preconditions, the considerations, the potential solutions and the final solution and its strategy. Moreover it shows what was left out and what kind of enhancements and extensions could be considered in the future.

# Inhaltsverzeichnis

<b><u>1</u></b>	<b><u>EINLEITUNG</u></b>	<b><u>4</u></b>
1.1	MOTIVATION	4
1.2	DAS ZIEL & AUFGABENSTELLUNG	7
1.3	ANFORDERUNGEN	7
<b><u>2</u></b>	<b><u>VORÜBERLEGUNGEN</u></b>	<b><u>9</u></b>
2.1	GRUNDLAGEN	9
2.2	VISUALISIERUNG	11
2.3	WAHL DER PROGRAMMIERSPRACHE	16
<b><u>3</u></b>	<b><u>METHODIK</u></b>	<b><u>16</u></b>
3.1	KOMPONENTEN & DEREN ENTWICKLUNG	16
3.2	IN-HOUSE VERSUCH	18
<b><u>4</u></b>	<b><u>LÖSUNG</u></b>	<b><u>24</u></b>
4.1	VALENZ-ERREGUNGS-DIAGRAMM	24
4.2	VERBESSERUNGEN	30
4.3	ENDPRODUKT	32
4.3.1	DARSTELLUNGSARTEN	32
4.3.2	TEXTAUSGABE	33
4.3.3	CARTOON-GESICHT	33
4.3.4	FINALE VISUALISIERUNG	37
<b><u>5</u></b>	<b><u>SCHLUSSBETRACHTUNG</u></b>	<b><u>38</u></b>
5.1	LEISTUNG UND UMFANG DER LÖSUNG	38
5.2	SPEZIFIKA DER LÖSUNG	39
5.3	VERBESSERUNGSMÖGLICHKEITEN MIT POTENTIAL	39
5.4	ERWEITERUNGEN & AUSBLICK	41
5.5	REFLEXION & DANKSAGUNG	44
	<b><u>ANHÄNGE</u></b>	<b><u>46</u></b>
	KOMPONENTENANALYSE EINER KLASSIFIKATIONSREIHE	46
	VORLAGEN FÜR DIE GESICHTSAUSDRÜCKE	47
	BILDSCHIRMFOTOS DES ONLINE-BENUTZERTESTS	48
	KOMMENTARE UND VERBESSERUNGSVORSCHLÄGE ZUM TEST	53
	AUSWERTUNG ONLINE-BENUTZERTEST	54
	VERSUCHSBEDINGUNG 1: HISTOGRAMME DER ERGEBNISSE	54
	VERSUCHSBEDINGUNG 2: HISTOGRAMME DER ERGEBNISSE	55
	VERSUCHSBEDINGUNG 3: DESKRIPTIVE STATISTIK	56
	KONFUSIONMATRIZEN	57
	<b>COPYRIGHT</b>	<b>58</b>
	QUELLCODE	58
	GRAFIKDATEIEN	58
	LITERATURNACHWEIS	59

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Das Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung in Rostock beschäftigt sich mit Technologien und Anwendungen von Visualisierung, Interaktion und Kommunikation in der Informations- und Kommunikationstechnik. In seiner Abteilung AR 2 geht es um die Entwicklung eigenständiger Technologien in den Bereichen innovative anwenderzentrierte Interaktionstechniken, Usability Engineering, Bildverarbeitung und Visualisierung und deren Einsatz in einem breiten Anwendungsfeld und in seiner Abteilung AR 4 um die Erforschung und Entwicklung innovativer Technologien für Entertainment- und Edutainment-Systeme. Im Rahmen meiner Arbeit im Schnittbereich dieser Aufgabenfelder ging es um die Visualisierung der Ergebnisse eines Projekt aus dem Bereich Entertainment.

Die Hintergründe des Projekts finden sich in der generellen Problematik bei der Benutzung von Computern. Immer mehr Laien wollen und müssen Computer bedienen, die aber gleichzeitig immer mehr Funktionen haben. Um aus dem Dilemma zu entkommen, wuchs die Idee, Assistenten, die bei der Benutzung zur Seite stehen und helfen, zu entwickeln. Dabei ergeben sich neue Probleme: die Assistenten sollen dem Benutzer die Information bieten, die er haben will. Sie sollen aber gleichzeitig nicht von der Tätigkeit ablenken, oder gar die Kontrolle übernehmen. Aus dieser Problematik ergab sich die Idee, die Interaktion mit dem Benutzer durch einen Assistenten zu verbessern, der den momentanen emotionalen Zustand des Menschen erkennt. Weil Emotionen oft mit körperlichen Veränderungen einhergehen (z.B. Aufregung und schnellerer Herzschlag), wurde deren Erkennung über physiologische Meßgrößen postuliert. Die Frage ist dann, welche Konfiguration von Meßgrößen mit welcher Emotion korreliert.

Um gezielt Emotionen beim Benutzer zu erzeugen, wurde das Spiel "EmoTetris" von Oliver Herbort unter der Mitarbeit von Gösta Fischer entwickelt, das auf dem bekannten Spielprinzip des Klassikers Tetris beruht (siehe Abbildung 1.1). Der Spieler muß mit von oben herabfallenden, unterschiedlichen geformten und sich in Verhalten unterscheidenden Spielsteinen (siehe Abbildung 1.2) möglichst komplette Reihen konstruieren, die dann automatisch abgebaut werden und Punkte bringen. Mit Lücken behaftete Reihen werden nicht abgebaut und füllen



Abb. 1.1: EmoTetris (Quelle: Herbort 2004a)

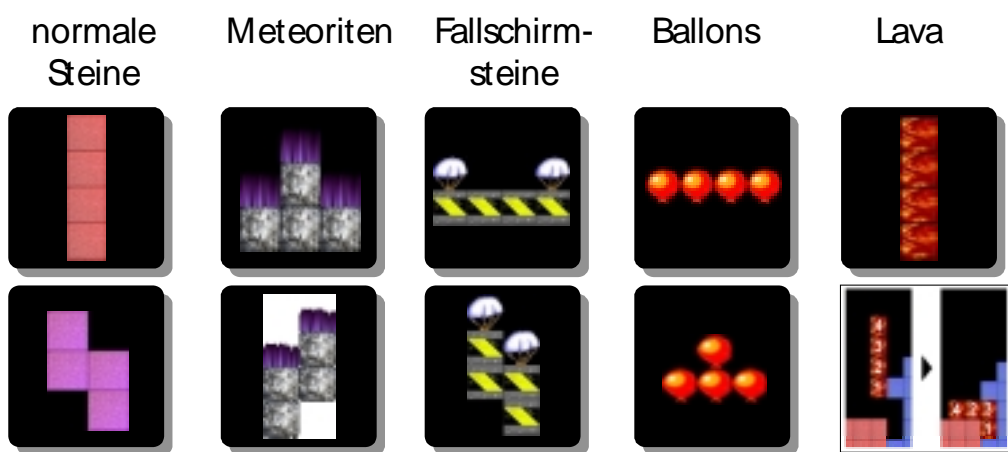


Abb. 1.2: Eine Auswahl der Spielsteine in EmoTetris (Quelle: Herbort 2004b)

langsam den Bildschirm. Ist der Bildschirm komplett gefüllt, ist das Spiel vorbei. Mit der Zeit erhöht sich die Spielgeschwindigkeit und damit die -schwierigkeit.

Bei der im Versuch zur Emotionsinduktion benutzten Variante wird nicht nur die

- b) Geschwindigkeit manipuliert, sondern auch
- c) die Vorschaulänge (wie viele Steine der Spieler im Voraus zu sehen bekommt),
- d) die Tastaturzuverlässigkeit (wieviel Prozent der Eingaben tatsächlich ausgewertet werden),

- e) die relative Häufigkeit der Steine (wie viele Steine einer Art im Gegensatz zu den anderen verbaut werden müssen),
- f) die Rückmeldungen (Töne und Grafiken, um den Spielstatus anzuzeigen) und
- g) Ereignisse, die den Spielverlauf hindern oder positiv beeinflussen (siehe Abbildung 1.3, z.B. ein Steindieb, der einen angekündigten Stein einfach verschwinden läßt) (näheres siehe Herbort 2004a)



Abb. 1.3: Repräsentationen der Ereignisse in EmoTetris (Quelle: Herbort 2004b)

Damit Experimente mit EmoTetris nicht grundsätzlich auf stationäre Experimentierumgebungen beschränkt bleiben und einem größeren Publikum zugänglich werden, hatte es sich die Abteilung AR2 zur Aufgabe gemacht, einen kompakten und tragbaren sog. "Demokoffer" zu bauen. Er enthält alle notwendige Hard- und Software für die Vorführung, kann so prinzipiell überall mitgenommen werden und stellt eine transportable Experimentier- und Präsentationslösung dar. Der Demokoffer setzt sich zusammen aus der Sensorik, die physiologische Daten des Benutzers mißt (Herzfrequenz, Hautleitfähigkeit und Hauttemperatur), und einen Laptop, auf dem das Emotionen erzeugenden Spiel EmoTetris und die Eingabeverarbeitung, die die Sensordaten filtert und aus ihnen mittels künstlicher Intelligenz Rückschlüsse auf den emotionalen Zustand des Spielers zieht. Die zu entwickelnde Visualisierung steht am Ende der Verarbeitungskette dar (siehe Abbildung 1.4).

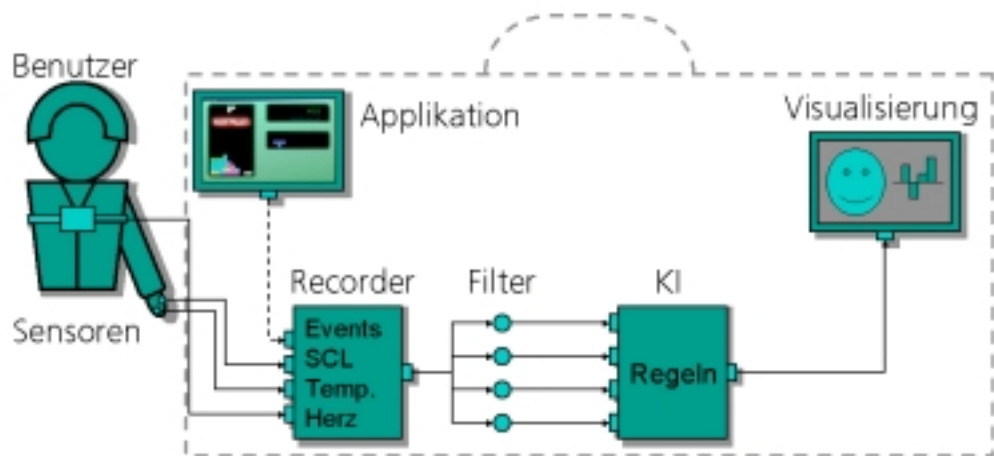


Abb. 1.4: Aufbau des Demokoffers (Quelle: Herbort 2004b)

Die Ausgangssituation stellte sich so dar, daß die Sensorik und die Applikation zur Emotionsinduktion fertig waren und funktionierten, die Filter und die KI sich im Verbesserungsprozeß befanden und nur die Visualisierung noch überhaupt nicht begonnen worden war.

## 1.2 Das Ziel & Aufgabenstellung

Am Ende meines Wirkens im IGD sollte eine funktionstüchtige und möglichst intuitiv verständliche Visualisierung des emotionalen Zustands des gerade Spielenden stehen. Dazu war ich aufgefordert, geeignete Visualisierungstechniken vorzuschlagen, auf ihre Anwendbarkeit und Nutzen hin zu prüfen, gegebenenfalls zu implementieren und für den Demokoffer verwendbar zu machen. Meine Tätigkeit sollte sich an den Grundlagen der bisherigen Arbeiten orientieren, im speziellen der theoretischen Fundierung des Lösungsansatzes im Emotionsmodell von Russell (1980) (siehe Abschnitt 2.1).

## 1.3 Anforderungen

Die zu entwickelnde Visualisierung soll dem Betrachter eine Einschätzung des emotionalen Zustandes des Spielers in Echtzeit vermitteln. Sie soll demnach möglichst aussagekräftig und unzweideutig sein, also Verwechslungen und Mißinterpretationen vermeiden. Dem Betrachter soll eine Kategorisierung der Emotionen leicht gemacht werden, d.h. sie möglichst einfach wahrnehmen und verarbeiten können.

Zielgruppen sind Manager und Leiter Entwicklung, die durch das Projekt und die Präsentation von der wissenschaftlichen Güte und Potenz des IGDs in Rostock einen Eindruck vermittelt bekommen sollen. Diese Führungspersönlichkeiten sind jedoch vom Fachverständnis sehr heterogen, d.h. es kann nicht vorausgesetzt werden, daß alle ein Verständnis für Technik, im speziellen Computertechnik mitbringen. Daher muß die zu entwickelnde Visualisierungstechnik intuitiv sein, d.h. sich ohne große Vorkenntnis erschließen und verständlich machen.

Die Visualisierung soll nur betrachtet werden, es wird nicht gefordert, mit ihr zu interagieren. Interaktion bedeutet in diesem Zusammenhang z.B. mit der Maus in die Visualisierung auf die Repräsentation eines Datenpunktes zu klicken und dessen Wert, die Häufigkeit etc. angezeigt oder den dazugehörigen Datensatz in einer anderen oder hervorgehobenen Darstellung angezeigt zu bekommen. Auf die Möglichkeit gegebenenfalls zwischen zwei unterschiedlichen Darstellungsarten zu wechseln oder Darstellungsoptionen auszuwählen, findet diese Einschränkung keine Anwendung.

Da eine Präsentation mit dem Demokoffer beinhaltet, daß jemand zum Zeitpunkt der Demonstration mit der Testapplikation arbeitet, sollen die von ihm/ihr gewonnenen physiologischen Daten sofort verarbeitet und dargestellt werden. Die Echtzeit-Visualisierung stellt damit einen wichtigen Eckpfeiler in den Anforderungen dar. Dazu muß sie den aus insgesamt 22 Werten (ein Zeitstempel; 10 Klassifikationsergebnisse in jeweils fünf Klassen: Langeweile, Euphorie, Angst, Freude, Überraschung, Anspannung, Wut, Kontrollverlust, Valenz, Erregung; dem dazugehörigen Sicherheitswert und ein sog. Sevacode) bestehenden kontinuierlichen Datenstrom, den die KI nach einer in Picard et al. (2001) beschriebenen Verfahren liefert, verarbeiten können. Eine Echtzeit-Verarbeitung dieser überschaubaren Datenmenge sollte auf einem gängigen Desktop-Computer der heutigen Generation kein Problem darstellen. Allerdings wird die zu entwickelnde Software nicht als einzige die Kapazität des Prozessors und Speichers beanspruchen, sondern neben anderen, u.U. sogar gewichtigeren Prozessen laufen. Des weiteren ist der Demokoffer nur mit einem Laptop bestückt, der nicht mit den Leistungsressourcen eines Desktopcomputers ausgestattet ist. Bei der Entwicklung war also die Ressourcenbegrenzung der späteren Einsatzumgebung zu beachten.



Eine wichtige und bei der weiteren Entwicklung immer zu beachtende Einschränkung ist die Platzbegrenztheit auf dem späteren Ausgabemedium. Da das gleichzeitig laufende EmoTetris den kompletten Bildschirm einnimmt, muß die Visualisierung innerhalb des von EmoTetris nicht genutzten Platzes angezeigt werden. Dieser ist eingeschränkt und ca. 250 mal 400 Pixel groß, also vor allem in der Höhe beschränkt. Alle Elemente, die diese Höhe beanspruchen, sind demnach nicht günstig, denn sie beschränken die Visualisierung noch mal. Sie sollten besser in der Breite angeordnet werden, denn dort ist mehr Platz.

## 2 Vorüberlegungen

### 2.1 Grundlagen

Nach dem Modell von Russell (1980) für die Kategorisierung von Emotionen lassen sich deren Repräsentanten in ein zweidimensionales Diagramm eintragen. Über die zwei Achsen sind die Emotionen mit ihrem spezifischen Anteil von Wertzuweisung/Valenz (ein Kontinuum zwischen sehr positiven und sehr negativen Empfindungen) und Erregung (ein Kontinuum zwischen ganz ruhig und sehr erregt) beschrieben und auch daran erkennen. In Russells Model sind die Repräsentanten der wichtigsten Emotion wie Wut, Trauer und Freude nahezu kreisförmig im sog. Valenz-Erregungsdiagramm anordnet (siehe Abbildung 2.1).

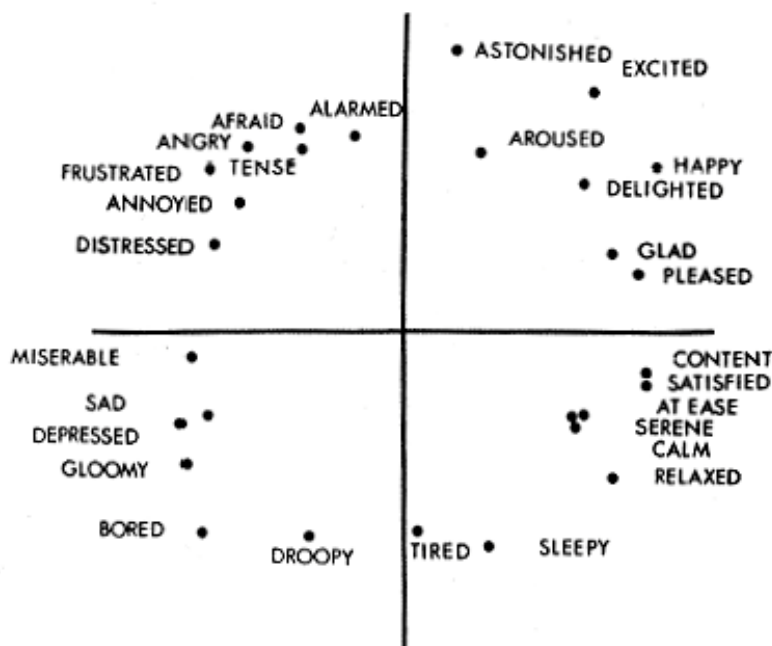


Abb. 2.1: Russells Circumplexmodell für Emotionen (Quelle: Russell 1980)

Zur Strukturierung von Emotionen wurde Russells Modell erweitert, in manchen Punkten revidiert oder auch komplett andere Ansätze vorgeschlagen. Die unterschiedlichen theoretischen Modelle, ihre Bedeutung, Zusammenhänge und Umsetzung werden in Cornelius (2000) und Schuster (2004) im Detail erklärt.

Obwohl Alternativen bestehen, hat sich das Modell von Russell durchaus als dienlich zur Beschreibung von emotionalen Zuständen bewährt. Sein ‚Circumplexmodell‘ scheint ein guter Ansatz für meine Aufgabenstellung zu sein. Zwar werfen Herbon et al. (2005) einen kritischen Blick vor dem Hintergrund der Mensch-Computer-Interaktion auf das Modell von Russell, doch die Studie, aus der die von mir zu veranschaulichenden Daten stammen, wurde auf Grundlage von Russells entworfen. Ein Wechsel in ein anderes Modells würde nur unnötige methodische Schwierigkeiten mitbringen, wenn sie denn überhaupt möglich wäre.



Abb. 2.2: Valenz-Erregungsdiagramm nach Russell (Quelle: Hartmann 2004a)

Daher würde der erste Ansatz zur Darstellung der aus der Wissensverarbeitung kommenden Klassifikationsergebnisse entlang der Dimensionen Freude, Ärger, Überraschung, Langeweile, Anspannung, Wut, Aufregung, Valenz und Erregung ein zweidimensionales Diagramm sein (siehe Abbildung 2.2), wie es schon Russell (1980) vorgeschlagen hatte. Dies scheint der natürliche Ansatz, weil schon das Testdesign und die Klassifikation auf dieser Arbeit basierte und u.a. die Valenz und Erregung gemessen wird. Aber ich habe das Feld der Visualisierungstechniken noch einmal durchkämmt, um eventuell andere hilfreiche Ideen aufzuspüren.

## 2.2 Visualisierung

Anhand ihrer Eigenschaften kann man Visualisierungen in verschiedene Gruppen einordnen. Nach Preim (2003) unterscheiden sie sich darin, ob sie a) vollständig oder unvollständig sind, d.h. ob sie alle Daten darstellen oder nur eine Teilmenge dieser, b) flächig oder räumlich darstellen, also in einen zweidimensionalen Raum abbilden oder in einen dreidimensionalen, und c) nur eine statische Betrachtung zulassen oder auch dynamisch auf Benutzereingaben reagieren können, z.B. in dem ein ausgewählter Datensatz hervorgehoben und Extraintformationen ausgegeben werden. Die Menge der Visualisierungstechniken läßt sich demnach wie in Abbildung 2.3 dargestellt aufteilen.

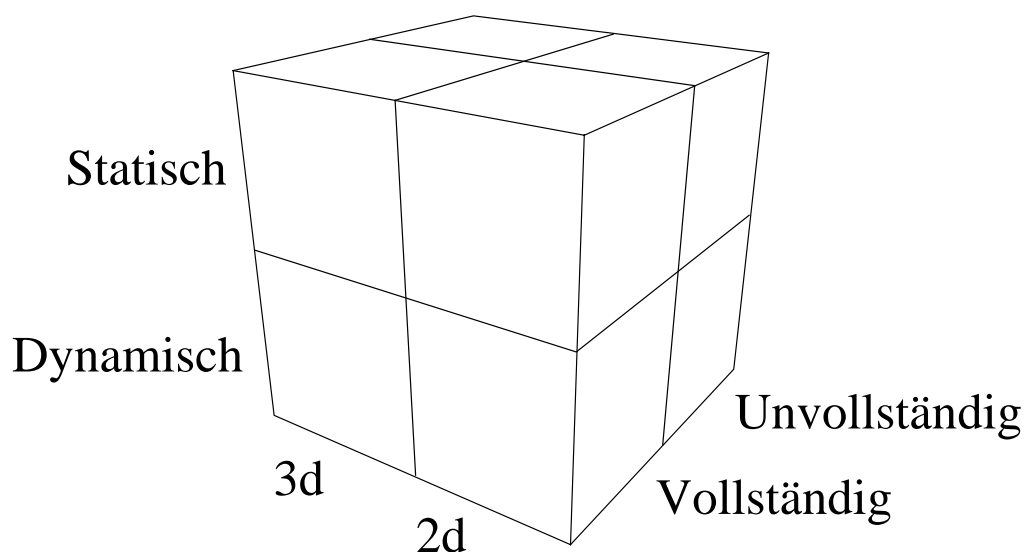


Abb. 2.3: Einordnung der Visualisierungstechniken (Preim 2003)

Im Nachfolgenden beschreibe ich kurz die spezifischen Vor- und Nachteile der jeweiligen Visualisierungstechniken (nach Preim 2003), gehe aber nicht auf Synergieeffekte, die aus der Kombination zweier Techniken entstehen können, ein, denn das sprengte hier den Rahmen.

Vollständige Visualisierungen erfordern meist eine Aggregation von Datenwerten (z.B. Zusammenfassen zu Klassen) bevor die eigentliche Darstellung beginnen kann, weil die Darstellung aller Einzelwerte zu verwirrend wäre. Für die Aggregation müssen sinnvoll begründete Maße gefunden werden, die bei fehlerhafter Festlegung die Gefahr beinhalten, daß bedeutungsvolle Daten nicht in der Visualisierung erscheinen. Die Aggregation muß über Interaktionstechniken gesteuert werden, deren Güte auch über die Aussagekraft der Visualisierung

entscheidet. Vorteilhaft an der vollständigen Visualisierung ist die Möglichkeit, einen Gesamtüberblick über die Verteilung der Daten zu gewinnen.

Bei unvollständigen Visualisierungen wird die Zahl der Dimensionen oder der Wertebereiche entlang der Dimensionen reduziert. Auch hier sind geeignete Interaktionstechniken nötig, die die Reduktion steuern, und es können gegebenenfalls bedeutungsvolle Information des Merkmalsraums durch die Reduktion auf den Beobachtungsraum unentdeckt bleiben. Der Vorteil der unvollständigen Visualisierung ist die Möglichkeit der Analyse interessanter, ausgewählter Bereiche.

Visualisierung in zwei Dimensionen, also auf Ebenen, sind einfach zu erzeugen, weil sie ohne perspektivische Berechnungen auskommen, insbesondere sind keine Sichtbarkeitsberechnungen durchzuführen. Daraus folgt auch, daß es nie zu Verdeckungen kommen kann, also ein Teil der Darstellung einen anderen überdeckt. Andererseits können solche einfachen Visualisierungen meist nicht alle Daten darstellen, und nur ein Ausschnitt kann gezeigt werden.

Abhilfe schafft hier die Erweiterung der Darstellung auf die dritte Dimension. Ein größerer Teil der Daten kann gleichzeitig dargestellt werden. Bei der Nutzung von Tiefenhinweisen (Transparenz, Perspektive, Schatten, ...) hilft uns die menschliche Wahrnehmung mit ihrer Fähigkeit einer intuitiven 3D-Interpretation. Der Nachteil der Einbeziehung einer dritten Dimension ist die aufwendige Generierung und die schwere Vorhersagbarkeit, welcher Teil der Datenrepräsentanten sichtbar sein werden, weil es zu Verdeckungen kommen kann.

Unter dynamischer Visualisierung versteht man automatische Veränderung der Visualisierung, also eine Animation. So werden besonders Veränderungen leichter für das menschliche Auge erkennbar und z.B. Trends und andere qualitative Eigenschaften werden leichter deutlich. Dafür gehen Einzelwerte und quantitative Größen leichter unter.

Bei der statischen Visualisierung geschehen keine automatische Veränderungen der Visualisierung. Diese sind zwar möglich, jedoch benutzergesteuert (z.B. Farbwahl, Ausschnittsveränderung, Zoomen). Diese Art der Darstellung erlaubt eine exakte, quantitative Analyse, weil Abfragen von Einzelwerten möglich sind. Hingegen sind Trends und Entwicklungen nicht so leicht ersichtlich und ergeben sich nur durch aufmerksames Memorieren vorhergehender Darstellungen.

Mit der Entscheidung konfrontiert, welche die beste Visualisierungsart für unsere Zwecke sei, war klar, daß wir keine aufwendige 3D-Darstellung gebrauchen würden, daß sie statisch, also ohne Interaktion auskommen könnte, vor allem aber vollständig sein müsse, damit keine Details verloren gingen. Die nächste Überlegung galt der Präsentationsart und welche konkreten Techniken eingesetzt werden könnten. Ich möchte hier einige ausgewählte vorstellen.

Die einfachste Abbildungsart von Daten ist auf Punkte entlang einer Gerade, auf einer Ebene oder im Raum. Sie können ohne Probleme sehr ressourcengüsam dargestellt werden. Problematisch ist hingegen, daß Punkte eine starke Vereinfachung darstellen, wenn der Merkmalsraum nicht entlang maximal dreier orthogonaler Dimensionen (im mathematischen Sinne, nicht im geometrischen) abgebildet werden kann.

Hat man mit mehr als drei Dimensionen zu tun, sind Kaviatgraphen eine Alternative (siehe Abbildung 2.4). Die Abbildung auf sternförmige Koordinaten macht sich die symmetrischen Eigenschaften des Kreises zu Nutzen, so daß die Achsen jeweils die gleiche Länge haben und im gleichen Winkel zueinander

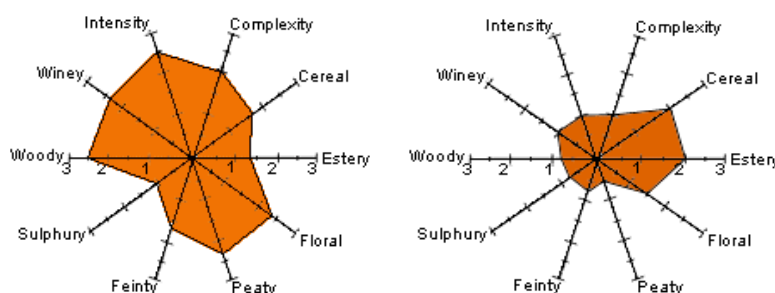


Abb. 2.4: Kaviatgraphen zur Beschreibung von Whiskeygeschmäckern  
(Quelle: [www.scotchwhisky.com](http://www.scotchwhisky.com))

stehen, was die quantitative Vergleichbarkeit sichert (weil das Auge nicht fehlgeleitet wird). Gleichzeitig begrenzt die Forderung nach Symmetrie die maximal gleichzeitig darstellbaren Dimensionen, weil sonst die Grafik überfrachtet wirkte und z.B. Einträge zur Mitte hin nicht mehr deutlich zu erkennen wären (siehe Abbildung 2.4). Auf der anderen Seite suggeriert ein Kaviatgraph durch die räumliche Nähe zwischen den Achsen unterschiedlicher Dimensionen einen gewissen Zusammenhang, obwohl dies nicht der Fall ist.

Um noch mehr Dimensionen darzustellen, eignen sich beide oben genannten Visualisierungsarten kaum. Parallele Koordinaten stellen hier eine Alternative dar (siehe Abbildung 2.5). Sie werden bei großen, hochdimensionalen Datenmengen verwendet, z.B. um viele gleich aufgebaute Datensätze unterschiedlicher Erhebungszeitpunkte darzustellen. Sie sind bei mehreren Hundert Datensätzen sinnvoll, erfordern aber entsprechenden Interaktionstechniken, um auf einen bestimmten Datensatz zu fokussieren, z.B. bei der Selektion von herausstechenden Fällen und deren genaue Darstellung (siehe Abbildung 2.6)

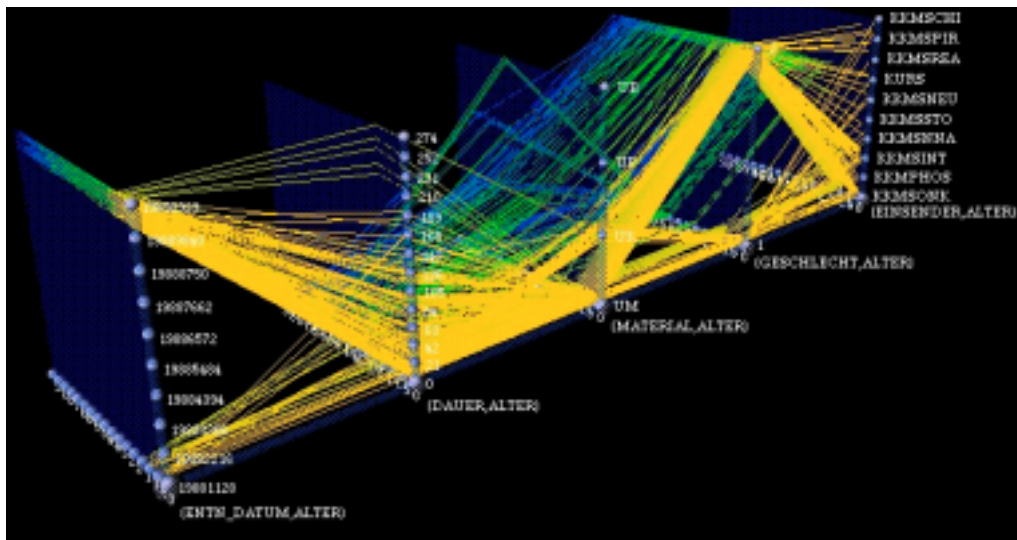


Abb. 2.5: Darstellung mittels paralleler Koordinaten (Quelle: Schumann & Müller 2000)

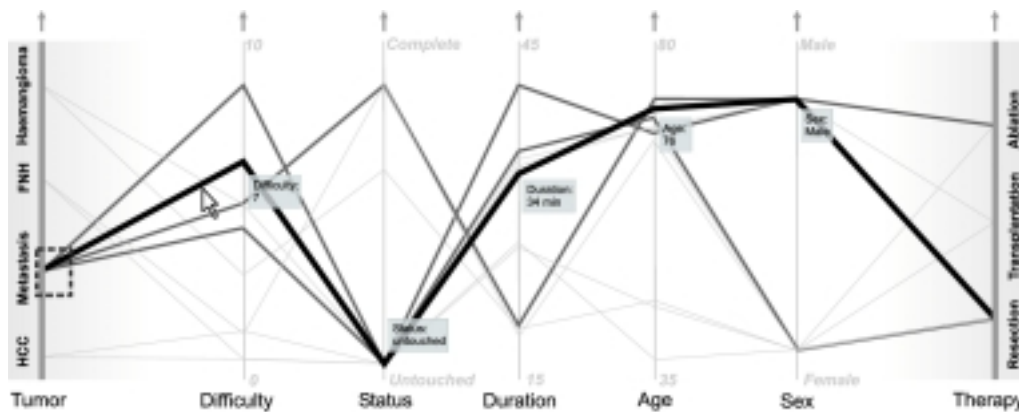


Abb. 2.6: Hervorhebung eines Datensatz (Quelle: Preim 2003)

Als letztes möchte die ikonbasierten Techniken anführen. Ikonen sind grafische Objekte, die Datenwerten über ihre Eigenschaften (Farbe, Transparenz, ...) und Primitive (Form, Größe, Winkel, ...) visualisieren. Es gibt dabei zwei Klassen von Ikonen: auf der einen Seite Symbole, deren Bedeutung sich aus dem Ganzen erschließt, auf der anderen Seite Glyphen, deren Eigenschaften Datenwerte

repräsentieren. Ein besonders anschaulicher Typ aus der Klasse der Glyphen ist das sogenannte Chernoff-Gesichter (siehe Abbildung 2.7), benannt nach dem Erfinder (Chernoff 1973).

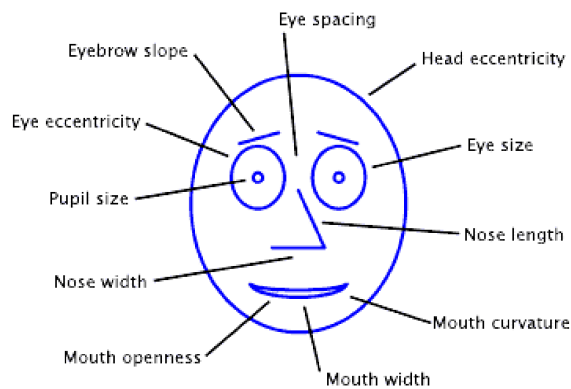


Abb. 2.7: Veränderliche Eigenschaften des Gesichts für die Abbildung von Datenwerten (Quelle: Hartmann 2004a)

Ikonen können sowohl einzeln benutzt werden und damit eine ganz bestimmte Ausprägungszusammenstellung deutlich machen, als auch als Teil einer Menge anderer gleichartiger Ikonen auftreten, so daß der Betrachter Ausreißer, Cluster usw. erkennen kann (siehe Abbildung 2.8). Es ist eine zeitunabhängige Übersicht aller Meßpunkte möglich. Ikonen ermöglichen so eine statische, vollständige Darstellung in 2D und sind besonders zur Klassifikation und Clustererkennung geeignet.

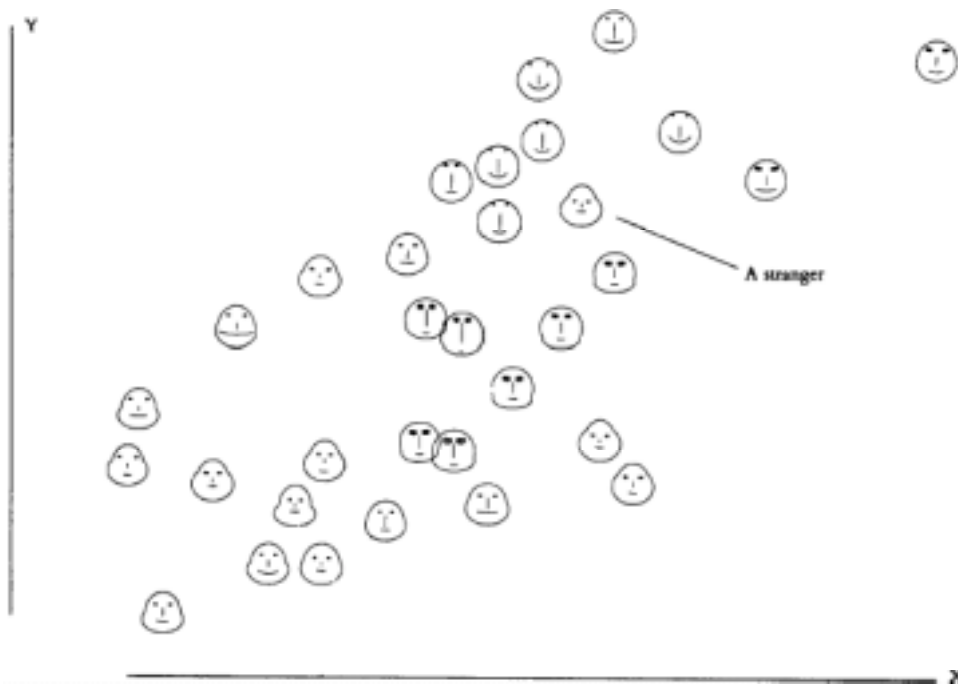


Abb. 2.8: Chernoff-Gesichter zur Erkennung eines ‚Ausreißers‘ im Cluster (Quelle: Hartmann 2004a)

## 2.3 Wahl der Programmiersprache

Die geläufige Softwareumgebung im Institut Grafische Datenverarbeitung ist Java und C++. Beide haben ihre Vor- und Nachteile, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll. Anfänglich habe ich stark für C++ plädiert und auch in dieser Umgebung entwickelt, weil ich die limitierten Systemressourcen des späteren Laptops bei der Präsentation schonen wollte. Java ist sehr viel ressourcenhungriger und dabei noch langsamer als C++. Das Argument der Geschwindigkeit hielt einer Überlegung nach der Relevanz bei einer so kleinen Menge von Daten nicht stand und wurde von mir verworfen. Da der restliche Code des Projekts komplett in Java geschrieben ist, entschied ich mich für die Einhaltung dieses Weges und somit einem homogenen Projektauftritt. Dies wäre technisch nicht nötig gewesen, denn die Kommunikation der verschiedenen Projektteile funktioniert über einheitlich definierte TCP/IP Ports, die mit jeder Programmiersprache hätten angesteuert und ausgelesen werden können. Die Entscheidung für Java fiel umso leichter, als daß im Verlauf des Projekts klar wurde, daß die nur in C++ vorliegende Teillösung der Visualisierung mit photorealisiertem auf einem Muskelmodell basierendem Kopf zur Darstellung des emotionalen Zustands des Spielers nicht favorisiert wird.

## 3 Methodik

### 3.1 Komponenten & deren Entwicklung

Zu Beginn der Überlegungen innerhalb unserer Arbeitsgruppe kamen wir zu dem Ergebnis, daß eine möglichst einfache Darstellung über z.B. Punkte in einer flächigen Darstellung den Anforderungen genügen würde und trotzdem genügend Aussagekraft haben würde. Später sollten dann Erweiterungen und Verbesserungen erfolgen, vor allen Dingen um die intuitive Auffassung der Ergebnisse zu ermöglichen.

Die Umsetzung der Visualisierung war geprägt von einem schrittweisen Vorgehen, da anfangs nicht bekannt war, wieviel Aufwand die Implementierung der jeweiligen Ideen brauche würde und weil anderen Projektteile sich ebenfalls weiterentwickelten und weitergehende Arbeiten sich daran orientieren sollten. So habe ich mit einer einfachen Visualisierung angefangen (siehe Abschnitt 4) und diese langsam erweitert. Zu einem bestimmten Zeitpunkt habe ich die bis dahin



ausprogrammierte Lösung komplett redesigned, um ein weiteres Wachsen auf feste Beine zu stellen. In diesem Fall bedeutete es, daß ich die Applikation nach dem Modell-View-Controller-Prinzip neu aufgesetzt habe. Rückblickend gesehen war dies ein guter Schritt, weil er die weitere Entwicklung beschleunigte und Klarheit in den Code brachte. So ist gesichert, daß auch nach der Fertigstellung jederzeit jemand den Code gebrauchen und ggf. weiterentwickeln kann.

Vor dem Hintergrund des langsamen Wachsens und immer wieder Erweiterns muß auch die jetzt bestehende Lösung gesehen werden. So ist es einfach der Entwicklung geschuldet, daß die unterschiedlichen Prozesse in der Applikation als Thread verwirklicht sind. Zu einem bestimmten Zeitpunkt war der Einsatz eines separaten Threads einfach angebracht und schien die einfachste Lösung, später habe ich damit weitergemacht und alles mit Threads implementiert. Um zu zeigen, daß es auch anders geht und Threads keinesfalls eine Notwendigkeit darstellen, habe ich etwa bei  $\frac{3}{4}$  der Implementierungsphase die komplette Funktionalität in einem rein ereignisbasierten Programm zusammengefaßt. In ihm arbeiten die Funktionsbestandteile nicht autark parallel nebeneinander, sondern wie in einer Kommandopipe: als Abfolge sich gegenseitig startender Prozesse, die nach Vollendung ihres Auftrags mit der Arbeit aufhören und den nächsten Prozeß anstoßen. Diese Lösung vermeidet den systemischen Overhead einer Threadimplementierung und hat auch nicht mit den potentiellen Problemen wie Nebenläufigkeiten, konkurrierenden Zugriffen und Deadlocks zu kämpfen.

Ein entscheidender Grund, dennoch an Threads festzuhalten, ist die Eingangsverarbeitung. Da nicht bekannt ist, wann und in welcher Frequenz die Datenpakete über das Netz ankommen, muß der Eingangsport ständig überwacht werden. Dies kann eine 100%ige ereignisorientierte Verarbeitung ohne die hohen Kosten eines Idle-Loops nicht leisten. Mit einem Idle-Loop besteht die Gefahr, daß alle Systemressourcen in Anspruch genommen werden und andere Prozesse nur sehr verlangsamt laufen. Oder die Ereignisverarbeitung gerade im entscheidenden Moment nicht bereit ist, dadurch verliert IP-Pakete und somit einen kompletten Datensatz. In der jetzigen Version mit den zur Zeit geltenden Intervallzeiten zwischen zwei Datensätzen hätte vielleicht auch ein ereignisorientiertes Programm funktionieren können. Doch mit Rücksicht auf spätere potentielle Erweiterung, die sowohl das Datenaufkommen erhöhen, als auch die Visualisierung aufwendiger machen könnte und damit die Laufzeit der

jeweiligen Programmteile in einem Maße erhöhen könnte, daß ein kompletter Verarbeitungsschritt nicht mehr innerhalb des Intervalls der Datenankunft abgearbeitet werden könnte, habe ich mich gegen die rein als Kette ablaufende Prozessabarbeitung entschieden.

Als Folge dieser Entscheidung ist auch die Tatsache zu sehen, daß alle wichtigen Komponenten der Applikation als Threads implementiert wurden. Sowohl die Eingangsverarbeitung, der Zeichenfläche als auch die textuelle Ausgabe sind mittels Threads realisiert. Dies hätte nicht unbedingt sein müssen, aber ich wollte der Designentscheidung treu bleiben und nicht beide Konzepte vermischen (Ausnahme bildet hier die Verarbeitung der Benutzeraktionen innerhalb der Visualisierungsoberfläche). Somit ist das Design der Anwendung relativ leicht verständlich und in jeder Klasse nahezu gleich. So hoffe ich, den Einstieg für Außenstehende einfach zu gestalten (neben der Dokumentation zu allen sich nicht selbst erklärenden Codezeilen).

Damit die Visualisierung immer zu sehen ist, während jemand mit EmoTetris spielt, mußte ein Weg gefunden werden, den Automatismus in Fenstersystemen (in unserem Fall: MS Windows) außer Kraft zu setzen, daß automatisch das Fenster mit dem Eingabefokus im Vordergrund ist und somit alle anderen überdeckt. Da EmoTetris zudem die komplette Bildschirmfläche einnimmt, kann man das EmoTetris-Fenster nicht manuell verschieben, um daneben die Visualisierung zu plazieren. In Java habe ich keinerlei Möglichkeit gefunden, permanent ein deaktiviertes Fenster vor einem aktiven darzustellen. Dies ist auch verständlich, denn Java ist eine plattformunabhängige Sprache und beinhaltet daher keine plattformspezifischen Lösungen. Nur so kann ich mir dann auch erklären, daß alle Softwarelösungen von Dritten für dieses Problem ausschließlich auf eine Implementierung mit Microsoft-Windows-spezifischen API-Aufrufen arbeiten. Im praktischen Einsatz muß nun ein solches Tool nach dem Start der Visualisierung benutzt werden, um das Fenster der Visualisierung ständig im Vordergrund des (,vor dem‘) Fenster mit dem aktiven EmoTetris zu halten.

## **3.2 In-House Versuch**

Um eine möglichst intuitiv verständliche Form der Visualisierung zu schaffen haben wir überlegt, ob man die im Kapitel 2.1 vorgestellten Chernoff-Gesichter nutzen könnte. Schwierig ist dabei vor allem das Mapping, also die Zuweisung

eines veränderlichen Datenparameters auf das passende Attribut im Gesicht (siehe Abbildung 2.7). In diesem Fall betrafen die darzustellenden Daten den emotionalen Zustand des Spielers. Dieser wird im Alltag von Menschen über Körpersprache (z.B. hängende Schultern als Antriebslosigkeit, Lustlosigkeit, Niedergeschlagenheit), Emotionsaussprüche (z.B. „So ein Mist!“) und vor allem auch Gesichtsausdrücke (siehe z.B. Abbildung 3.1) kommuniziert und von anderen über diese Kanäle auch wahrgenommen. Daher war die naheliegendste Art der Darstellung von emotionalen Zuständen die Visualisierung über Gesichtsausdrücke. Die Aufgabe bestand nun darin, Gesichtsausdrücke zu finden, die die zu kommunizierenden emotionalen Zustände dem Betrachter glaubhaft vermitteln können. Ziel war es, eindeutige, aussagekräftige und möglichst unverwechselbare (statische) Gesichtsabbilder zu finden.

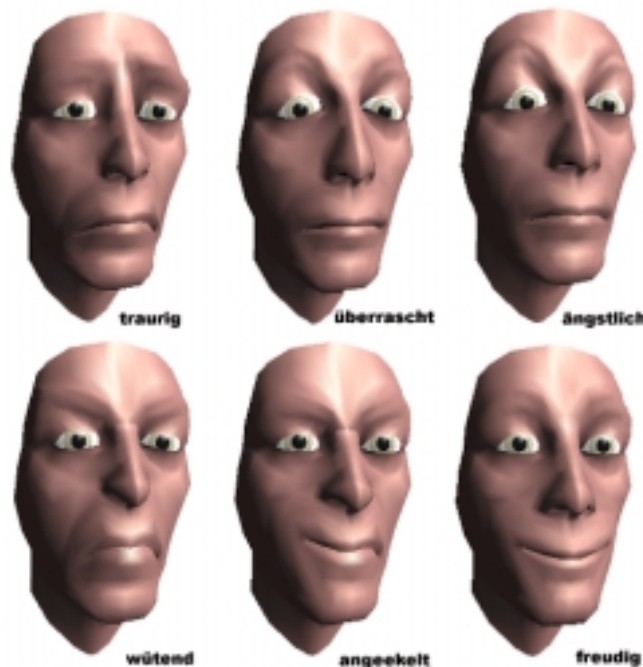
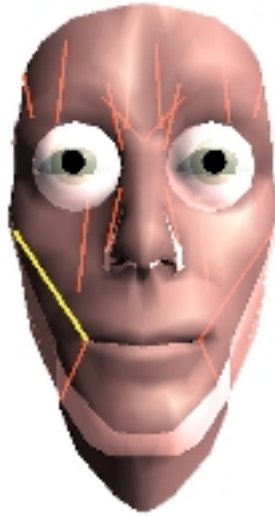


Abb. 3.1: Gesichtsausdrücke auf einem generischen, parametrisierten 3D-Modell des menschlichen Gesichts (Quelle: Waters & Parke 1996 / [www0])

Gesichtsabbilder können auf verschiedene Art entstehen. Die ‚natürlichste‘ wäre wahrscheinlich die Darbietung von Photos, die Menschen mit den spezifischen Ausdrücken darstellen. Eine andere wäre die Nachbildung der natürlichen Gesichter mittels dreidimensionaler Modelle im Computer. Diese könnten mit bekannten Verfahren photorealistisch schattiert (siehe Abbildung 3.1) und texturiert werden. Dabei existieren verschiedene Verfahren, das allgemeine Gesichtsmodell so zu manipulieren, daß sich seine Form zum gewünschten Ausdruck ändert, z.B. Muskelmodelle, die den natürlichen Aufbau der

Physiognomie des Gesichts mit Muskeln, Unterhautgewebe und Haut nachbilden (siehe Abbildung 3.2).

Abb. 3.2: Modell des menschlichen Gesichts mit Haut und den wichtigsten Muskeln



für Gesichtsausdrücke (Quelle: Waters & Parke 1996 / [www0])

Da mir keine Photos emotionaler Zustände vorlagen, war die Abbildung auf 3d-Modelle für mich der erste Ansatz, die gesuchten Gesichtsausdrücke zu schaffen. Doch nachdem sich herausgestellt hatte, daß nicht für alle von uns gebrauchten Gesichtsausdrücke parametrisierte Muskelmodelle zu finden waren, mußte ich eine andere Art und Weise der Visualisierung finden.

Über die Chernoff-Gesichter entstand die Idee, selbst comichafte Gesichter zu schaffen, diese auf ihre Güte hin mittels eines Versuchs zu prüfen und dann für die Visualisierung der emotionalen Zustände zu verwenden. Als Orientierungshilfen für die zu schaffenden Comics haben die schon bekannten Gesichter aus Waters & Parke (1996) gedient (siehe Abbildung 3.1). Die nicht bekannte Ausdrücke für Langeweile, Anspannung und Euphorie wurden mittels Anschauungsmaterial aus Sekundärliteratur und frei Hand entwickelt. Alle Ausdrücke sind zusammengestellt in Abbildung 3.3 zu sehen.

Die Güte der entworfenen Comicgesichter ist in einem In-House auf Web-Basis untersucht worden. Dabei gab es drei Versuchsbedingungen:

- 1) Ein Beschreibungswort (Adjektiv) einer Emotion wurde als Zielitem präsentiert, zu dem das am ehesten passende Abbild eines Gesichtsausdruck aus einer Grundmenge von acht dargebotenen Bildern ausgewählt werden sollte (siehe Abbildung 3.4).

- 2) Ein Abbild eines Gesichtsausdruck einer Emotion wurde als Zielitem präsentiert, zu dem das am ehesten passende Beschreibungswort aus einer Grundmenge von acht dargebotenen Adjektiven ausgewählt werden sollte (siehe Abbildung 3.5).
- 3) Ein Abbild eines Gesichtsausdruck einer Emotion wurde als Zielitem präsentiert, das mittels acht Skalen über die sieben plus eins („normal“) Dimensionen des emotionalen Eindrucks bewertet werden sollte.

Besonders durch die dritte Bedingung, in der es den Versuchspersonen möglich war, das volle Potential oder die Missinterpretationsmöglichkeiten eines Gesichtsausdruckes zu bewerten, sollte die Güte der von uns entwickelten Bilder zeigen.

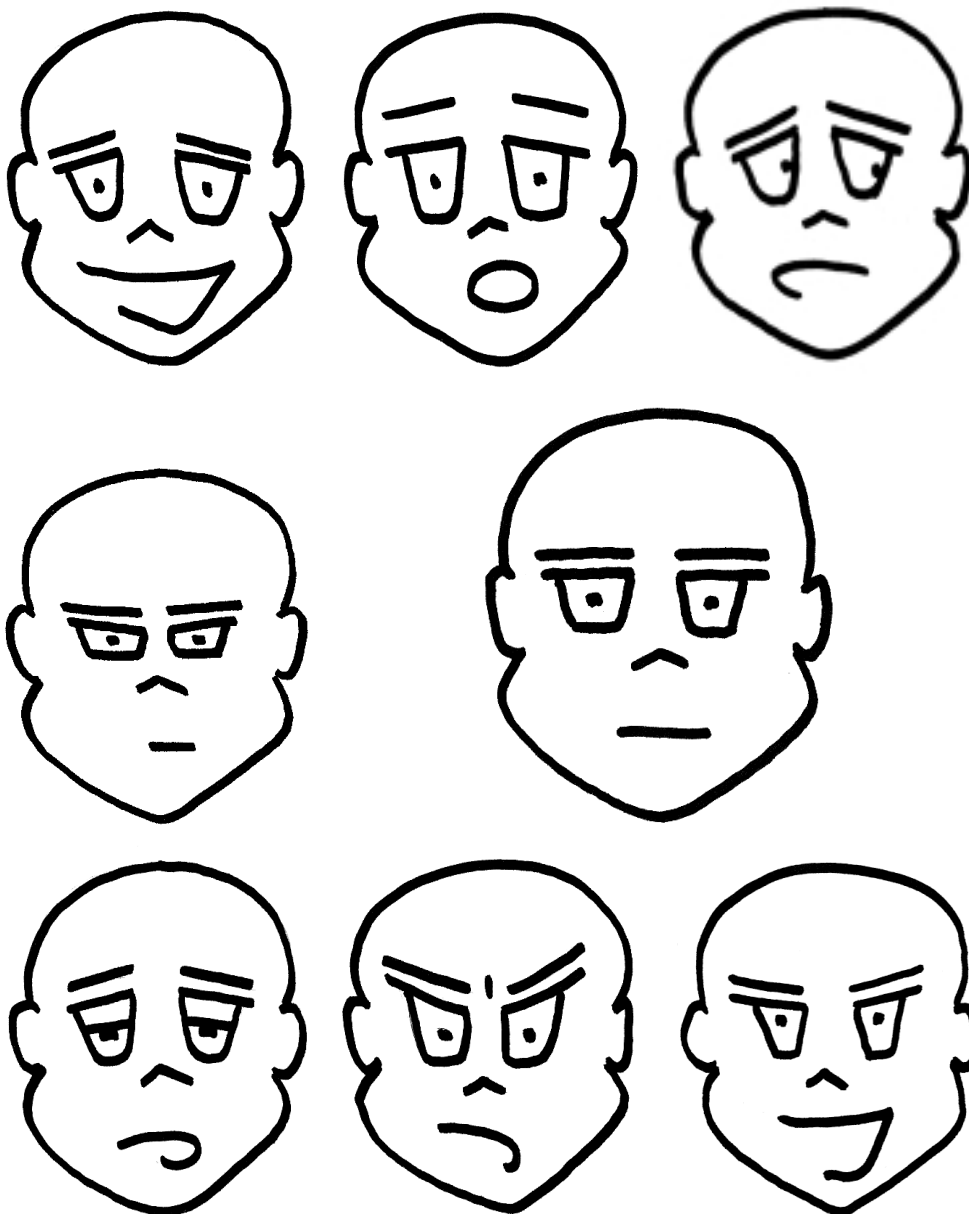


Abb. 3.3: Die sieben Emotionsdarstellungen plus dem neutralen Ausdruck

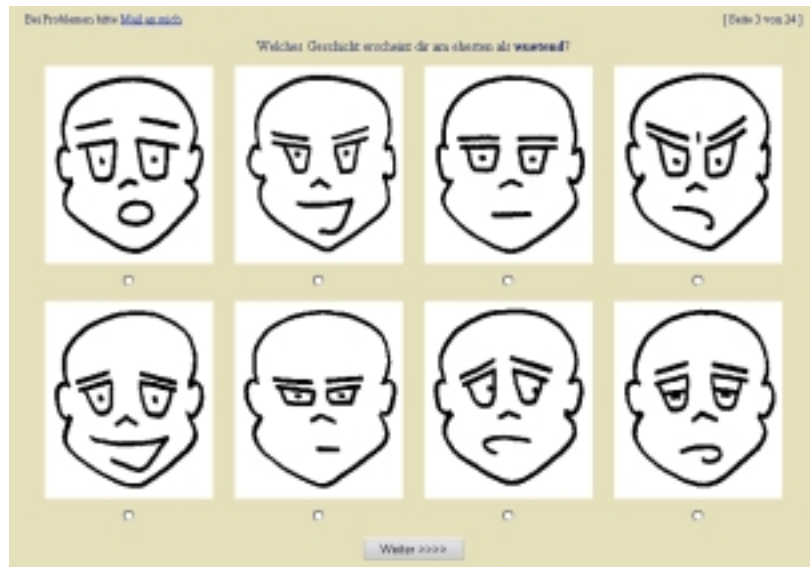


Abb. 3.4: Bedingung 1: Ein Beschreibungswort mit acht Bildoptionen



Abb. 3.5: Bedingung 2: Ein Bild mit acht Adjektivoptionen



Abb. 3.4: Bedingung 3: Ein Bild mit acht Bewertungsschiebereglern

Insgesamt haben über die Zeit ca. 40 Personen teilgenommen. Aufgrund der eingeschränkten Zeit und Unvollständigkeit einiger, konnten jedoch nicht alle Datensätze in die Auswertung einbezogen werden. Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS. Die Ergebnisse basieren auf einer einfachen Betrachtung von Mittelwerten und Standardabweichung. Dies ist zum einen der Datenerhebungsmethoden geschuldet (nur binäre Auswahlmöglichkeit in Bedingung 1 und 2), zum anderen der unzureichenden Kenntnis der Grundlagen und damit vielsängeriger statistischer Tests (bes. in Bedingung 3).

Es zeigte sich vor allem, daß die Gesichtsausdrücke für Euphorie und Freude leicht verwechselt werden (siehe Abbildung 3.5). Dies ist zwar dem eigentlichen Ziel des Versuchs abträglich, kann aber als nicht problematisch gewertet werden, weil die beiden Emotionen die gleiche Tendenz haben (siehe Abbildung 2.1: „happy“ und „excited“). Trotzdem sollte vielleicht versucht werden, diese Gesichtsausdrücke noch zu verbessern. Insgesamt kann der Versuch als in unserem Sinne gelungen ausgelegt werden, auch wenn nicht alle Gesichtsausdrücke in gleichem Maße gut erkannt werden. Ein wichtiges Anzeichen dafür ist die klare Ausbildung der Hauptdiagonalen in der Kofusionsmatrix (siehe Anhang).

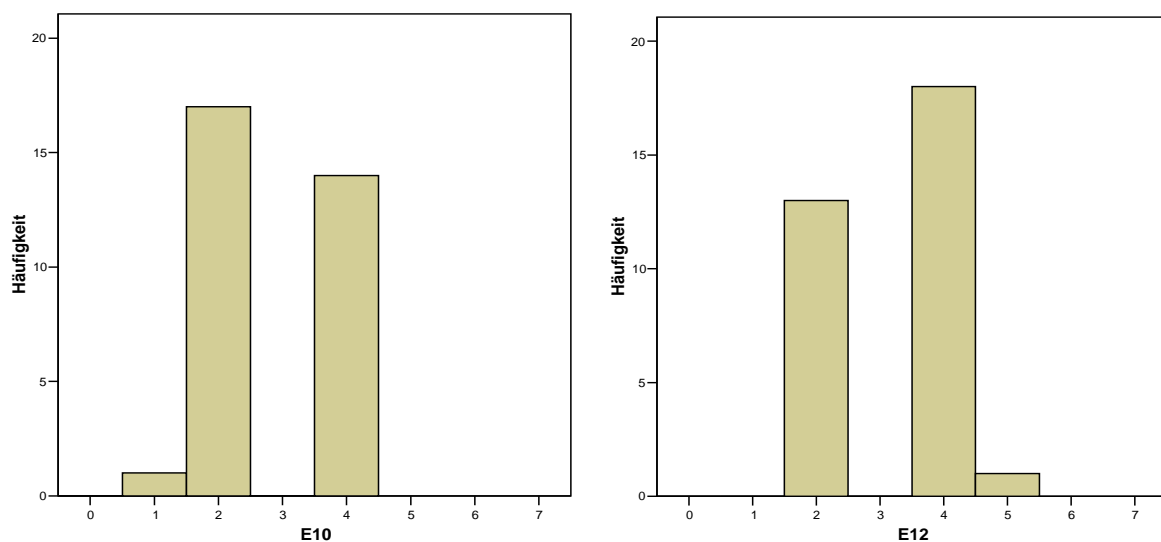


Abb. 3.5: Bewertung des Ausdrucks für ‚fröhlich‘ (linkes Bild, jeweils linker Balken) und ‚euphorisch‘ (rechtes Bild, jeweils rechter Balken), Grundmenge: 27

Alle Unterlagen zum Versuch und die Ergebnisse sind im Anhang ausführlich dokumentiert.

## 4 Lösung

### 4.1 Valenz-Erregungs-Diagramm

Nicht alle von uns bewerteten Dimensionen sind in der Originalarbeit (Russell 1980) vorhanden, so daß andere, weiterführende Literatur hinzugezogen werden mußte (Scherer 2000, Scherer 2001). Sie führte jedoch nicht zur erwünschten Vollständigkeit, da in verschiedenen Publikationen zum Teil widersprüchlichen Angaben zur Einordnung der Emotionen und deren Lage bezüglich der aufspannenden Achsen Valenz und Erregung gemacht werden (siehe Abbildung 4.1: Position(en) für „bored“).

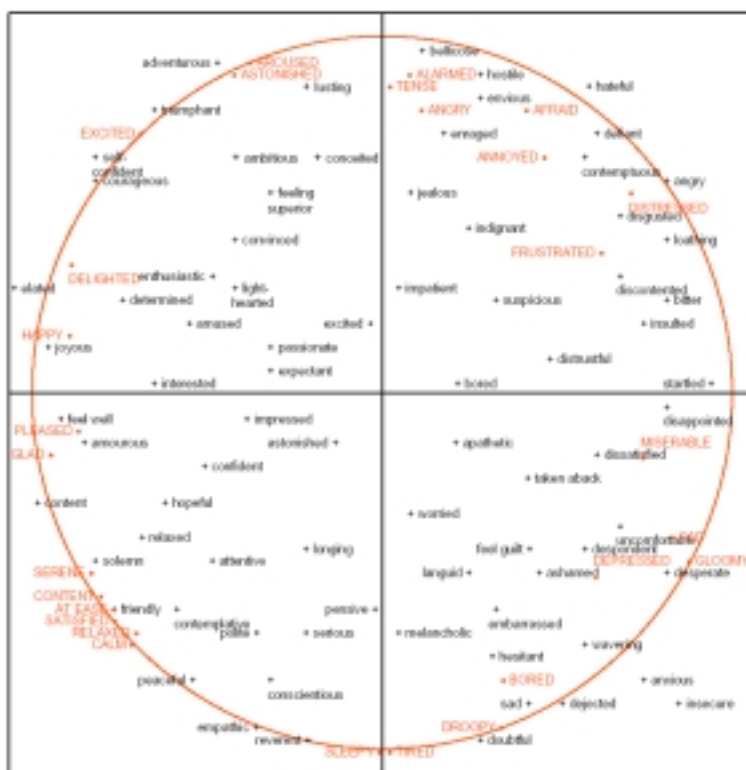


Abb. 4.1: Ergebnis einer Meta-Studie über die Kategorisierung von Emotions mit z.T. widersprüchlichen Einordnungen (Quelle: Scherer 2000)

Unterschiedliche Einordnungen gleicher Wörter in das Circumplex-Modell sind auch nachvollziehbar, denn diese basieren immer auf Einschätzungen einer Testpopulation auf spezifische wissenschaftliche Fragestellungen und dem eigenen kulturellen sowie sozialen Hintergrund (Peter & Herbon 2005). Niemand hat meines Erkenntnisstandes nach untersucht, ob die Untersuchungen untereinander vergleichbar sind und die Ergebnisse ohne Anpassung aufeinander übertragen werden können.



Außerdem gibt es ein eher generelles Problem: die Vielfalt im Sprachverständnis (Peter & Herbon 2005). Die Testpersonen des einen Versuchs verstehen eine Emotion möglicherweise mit einer anderen Nuance als die eines zweiten oder der Leser der späteren Publikation, vor allem wenn auch Übersetzungsschritte dazwischen liegen. Als Beispiel sei hier „Arousal“ genannt. Ich habe keine umschreibende Definitionen für irgendeinen der Begriffe gefunden, kann „Arousal“ nur nach Wörterbuch mit „Erregung“ übersetzen. Damit weiß ich aber noch nicht, ob es sich um Erregung mit positivem Färbung (also etwa eine freudige Erregung) oder mit negativer Färbung (etwa eine wütende Erregung) handelt. In der Originalarbeit von Russell ist zwar die Möglichkeit geboten, Valenz und Erregung sowohl in den positiven und wie auch in den negativen Bereich abzutragen, jedoch gilt das nicht für die anderen Emotionen, die ähnliche Färbungen aufweisen können, wie etwa bei Überraschung. Außerdem unterscheidet die Künstliche Intelligenz in unserem Framework bei der Klassifikation nicht zwischen positivem und negativem Wertebereich, was nur durch eine Transformation des Nullpunktes künstlich behoben werden kann. Letztendlich habe ich mich entschieden, die Originalarbeit von Russell mit denjenigen fehlenden Punktrepräsentationen („euphorisch“, „angespannt“, „gelangweilt“) zu erweitern, die ich in Hartmann (2004) und Scherer (2001) gefunden hatte. Weil „euphorisch“ (engl. ‚euphoric‘) nicht übereinstimmend eingeordnet ist, habe ich stattdessen auf die Position von „aufgeregt“ (engl. ‚excited‘) zurückgegriffen. Diese liegt auch nahe der Position „erstaunt“ (engl. ‚astonished‘) und ich befand, die Mischung aus beiden sei „euphorisch“. Ebenso bin ich bei der Festlegung der Position von Freude (engl. ‚joy‘) verfahren, das mit fröhlich (engl. ‚happy‘) zusammenfällt, verfahren. Letztendlich resultierte meine Arbeit in der in Abbildung 4.2 dargestellten Veranschaulichung.



Abb. 4.2: Anordnung der Emotionszustände im Valenz-Erregungs-Diagramm

Eine erste Idee für eine Visualisierung war es, aus den einzelnen Klassifikatoren über die neun Dimensionen den resultierenden emotionalen Zustand des Spielers zu ermitteln. Eine nacheinander erfolgende Abbildung der Zustände im Valenz-Erregungs-Diagramm zu unterschiedlichen Zeitpunkten sollte eine Beobachtung der Gefühlsänderung des Spielers erlauben. Dazu sollte mit einem Feder-Masse-Systems errechnet werden, wo sich eine gedachte Masse (freier Knoten), die am Anfang im Ursprung liegt, am Ende befindet, wenn sie mit Federn, die an den Klassifikationspositionen (feste Knoten) verankert sind und mit einer Kraft proportional zur Größe des Klassifikationsergebnisses ziehen, verbunden ist. Die Literaturrecherche ergab, daß kräftegesteuerte Verfahren zwar genaue Ergebnisse hervorbringen, jedoch numerisch sehr aufwendig oder instabil sein können. Die Anforderung an Echtzeitberechnung bei ausreichender numerischer Stabilität (das Netz hat nur einen freien und neun feste Knoten) legte die Verwendung der Polygonzugmethode nach Euler nahe (Terzopoulos & Waters 1990).

Die Resultate nach der Implementierung waren jedoch wenig hilfreich und aussagekräftig (siehe Abbildung 4.3): die Ergebnisse clusterten sich in einem engen Raum, in dem weder eine klare Diskriminierung möglich war noch eindeutige Charakteristika (Tendenz zu einer bestimmten Emotion hin) zu beobachten waren. Infolgedessen wurde dieser Ansatz von mir verworfen.



Abb. 4.3: Zwei Beispiele für Clustering der Ergebnisse bei Verwendung der Polygonzugmethode nach Euler

Der nächste Ansatz war, die Klassifikationsergebnisse nicht zu kombinieren, sondern einzeln abzubilden. Generell fiel dabei auf, daß die beiden Größen Valenz und Erregung nicht mit den anderen gleichzusetzen seien, denn ihre Semantik unterscheidet sich deutlich: nach Russells Modell spannen sie erst den

Raum auf, in dem die anderen eingeordnet werden. Daher werden sie ab diesem Zeitpunkt in einem extra Koordinatensystem dargestellt, was in der Visualisierung durch unterschiedliche Farbgebung (hellblau) sowohl der Bezeichner als auch des dazugehörigen Punktes deutlich gemacht wird. Ihr Koordinatensystem ist transformiert und hat seinen Ursprung nicht in der Mitte des Bildes, sondern in der linken unteren Ecke. Da aber Valenz und Erregung im Original (Russell 1980) sowohl negative als auch positive Werte annehmen können, schafft diese Transformation genau die gewünschte Situation und die Darstellungen bleiben vergleichbar. Alle Klassifikationsergebnisse oberhalb der Hälfte der Mächtigkeit der Klassen für Valenz oder Erregung können als positiv, alle darunter als negativ gesehen werden (Achtung: nicht verwechseln, die Klassifikationsergebnisse aller anderen Dimensionen werden immer als positiv verstanden, dort existiert keine Interpretation negativer Werte).

Resultat des zweiten Ansatzes ist eine Darstellung jede Emotion auf ihrer eigenen Achse mit jeweils eigener Skala, die jeweils fünf Unterteilung (dies entspricht der Genauigkeit der Klassifikatoren, die in jeweils fünf Intensitätsklassen einordnen können) zwischen Koordinatenursprung und der festgelegten Position des entsprechenden Emotionsrepräsentanten im Diagramm enthält. Diese Strecke wird dann unterteilt in so viele Unterabschnitte wie die Datenverarbeitung Klassen für diese Emotion liefert. Der Repräsentant der Klasse 0 liegt jeweils im Koordinatenursprung, der der höchste Klasse am jeweiligen Achsenende. Schwierig ist hier, daß die Nullrepräsentation aller Klassifikatoren im Ursprung liegen. Realisiert sich mehr als ein Klassifikator zu Null, ist dies nicht mehr explizit zu erkennen, nur noch implizit über die Nicht-Existenz einer sonstigen Repräsentation entlang der entsprechenden Achse. Alternativ habe ich überlegt, den Ursprung jeder Achse aus dem Koordinatenursprung entlang der Achse Richtung Maximalrealisation zu verlegen. Dann würden sich Nullrepräsentanten nicht mehr gegenseitig verdecken. Nachteil dieser Lösung ist, daß es dem intuitiven Verständnis eines Diagramms, in dem schon Achsen eingezeichnet sind, widerspricht. Man würde immer vermuten, die Nullpunkte lägen im Koordinatenkreuz. Dadurch würde es zu Mißinterpretationen auf Seiten des Betrachters kommen. Aus diesem Grund wurde die Idee der Nullpunktverlegung verworfen.

Um die Gesamtkonstellation der Realisierung besser auf einen Blick erfassen zu können, habe ich wie beim klassischen Kaviatgraphen die einzelnen auf benachbarten Achsen liegenden Punkte miteinander verbunden, um dem Betrachter einen figürlichen Eindruck zu erlauben. Verstärkt wird dieser Effekt noch durch ein Füllen des entstandenen Polygons (siehe Abbildung 4.4). Diese beiden Maßnahmen erleichtern es dem Betrachter, Änderungen sehr schnell und unbewußt wahrzunehmen. Er muß nicht auf sieben kleine Punkte gleichzeitig achten, ob sie sich verändern.

Hierbei ist zu bemerken, daß diese Technik einen entscheidenden Nachteil hat: sie suggeriert Interpretationen, die in den Daten überhaupt nicht vorhanden sind. Dadurch, daß eine Fläche aufgespannt wird und einen Bereich im Diagramm überdeckt, nimmt unser Auge ein optisches Gewicht wahr und wir tendieren dazu, diesen Bereich als einzigen Repräsentanten des Gefühlszustandes zu interpretieren, was jedoch fehlleiten kann. Deutlich wird dies an Abbildung 4.4, in der auf der Achse ‚Ärger‘ noch ein Punkt zu sehen ist, der nicht zum visuell prominenten dunkelblauen Polygon gehört. Trotz dessen er den Gemütszustand repräsentiert, fällt er visuell nicht ins Gewicht. Außerdem suggeriert die Überdeckung eines Bereiches durch eine Fläche, daß die Gemütszustände in

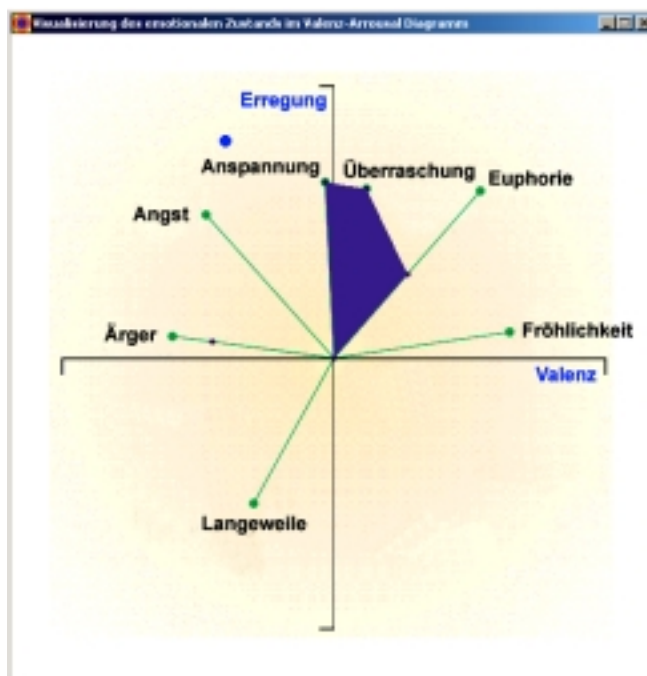


Abb. 4.4: Neue Visualisierung: Jede Klassifikation für sich, Valenz und Erregung extra, flächiger Eindruck

diesem Bereich gerade erfahren werden. Dies kann aber nicht behauptet werden, weil auf diese Emotionen nicht getestet wurde.

Auf der anderen Seite gibt es Konstellationen, in denen durch die Verbindung zweier benachbarter Punkte das visuelle Gewicht in eine Region fällt, die gar keine Rolle spielt. Am Beispiel der Abbildung 4.5 ist dies zu erkennen: zwischen den Achsen zu ‚Happy‘ und ‚Bored‘ ist eine Kante gezeichnet, die einen Bereich im vierten Quadranten einschließt. Im vierten Quadranten gibt es aber überhaupt keinen Repräsentanten eines Klassifikators, der diese optische Gewichtung in irgendeiner Weise plausibel machen würde. Sie ist ein Artefakt der Visualisierungsart. Dieses hängt auch damit zusammen, daß eine der Forderungen für den Kaviatgraphen, nämlich die Achsen gleichmäßig auf den Kreis aufzuteilen

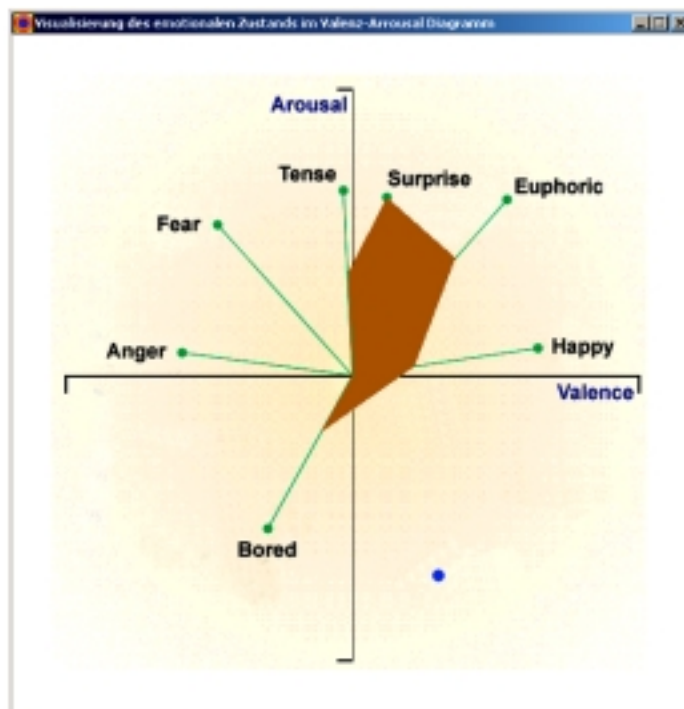


Abb. 4.5: Möglicherweise fehlleitende Bereichsüberdeckung (zwischen ‚Happy‘ und ‚Bored‘)

und gleich lang zu halten, hier nicht erfüllt werden kann, weil wir im Valenz-Erregungs-Diagramm mit den gefundenen Positionen für die Emotionen repräsentieren wollen.

Großer Vorteil dieser Darstellungsart ist die quantitative Vermittlung aller Daten, ohne daß eine Interpretation vorweggenommen wird. Der Beobachter hat breite Interpretationsmöglichkeiten und kann entscheiden, wie er die Daten verstehen möchte. Zum Verständnis trägt auch die deutsche Beschriftung bei (vergleiche

Abbildung 4.4 und 4.5). Trotz der eben aufgeführten Problemen und Gefahren habe ich an dieser grundsätzlichen Visualisierungsart festgehalten und einige der Probleme lösen bzw. relativieren können.

## 4.2 Verbesserungen

In der einfachen Variante des Diagramms kann nur der aktuelle emotionale Zustand des Nutzers dargestellt werden. Sie erlaubt keine Einblick in die Entwicklung des Zustands über die Zeit. Außerdem ist sie zwar unverfälscht und erlaubt die eigene Interpretation, sie erfordert diese aber auch. Dadurch ist sie nicht intuitiv, sondern eher abstrakt.

Um die zeitliche Abfolge und Entwicklung des Gefühlszustandes zu verdeutlichen, könnte man die Kaviatgraphen mehrerer Zeitpunkte übereinander in das Diagramm einzeichnen, jeweils mit verschiedenen Farben oder Helligkeitsstufen. Dieser Gedanken wurde ob der optischen Komplexität schon eines einzigen Graphen verworfen. Wären gleich mehrere, sich gegenseitig überdeckende Linien oder Flächen unterschiedlicher Farbe zu sehen, resultierte dies nur in Unübersichtlichkeit und Verwirrung beim Betrachter. Es brächte keinen Mehrwert.

Für die einzelnen Valenz-Erregungs-Punkte wurde die Idee jedoch eingeschränkt umgesetzt. So hat der aktuelle Punkt eine hellere Farbe als die alten und wächst im Durchmesser, solange er am selben Ort dargestellt wird (siehe Abbildung 4.6). Ab einem maximalen Durchmesser wächst er nicht weiter, weil er sonst wichtige Informationen im Hintergrund überdecken würde (Achsen, Beschriftungen, die Repräsentation von Klassifikationen), sondern wird mit einem dunklen Rand versehen. Seine helle Farbe im Inneren bleibt gleich und symbolisiert so, daß er immer noch der aktuelle Punkt ist. Wenn sich die Valenz oder die Erregungsklassifikation ändern, wird der ehemals aktuelle Punkt auf einen Minimaldurchmesser gesetzt und sein Helligkeit herabgesetzt – der jetzt ‚alte‘ Punkt erhält einen dunkleren Farbton. Es kann z.Z. maximal vier alte und einen aktuellen Punkt gleichzeitig geben. Diese Grenze wurde gewählt, weil sonst die Grafik mit Punkten überfrachtet wäre.

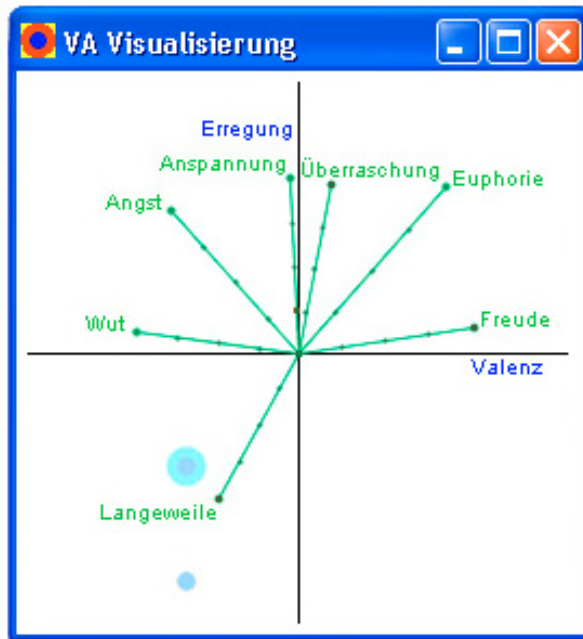


Abb. 4.6: Aktueller (hellblau) und ehemalige (dunkelblau) Punkte der Valenz-Erregungs-Klassifikation

Neu in der Darstellung ist auch, daß die Hintergrundgrafik entfernt wurde (sie trägt nicht zum Verständnis bei), jetzt alles mittels eigener Zeichenroutinen geschrieben wird und daß es eine Unterteilung der Achsen gibt (siehe Abbildung 4.6). Diese soll dem Betrachter erlauben, aus der Darstellung schnell auf den Zahlenwert der Klassifikation zu schließen.

Die von der KI gelieferten Zuverlässigkeitswerte für die Klassifikation sind schwierig darzustellen. Sie geben an, zu welchem Maß die gelieferte Klassifikation als gesichert gelten kann. Der schlechteste beobachtete Wert liegt bei etwa 0,1 – also nur 10% Wahrscheinlichkeit, daß die entsprechende Klassifikation zutreffend ist –, der beste beim theoretischen Maximum 1,0 – also absolut sicher. Schwierig ist die Darstellung deshalb, weil eine Unsicherheit immer eine Schwankung in alle Richtung möglich macht. Man muß also davon ausgehen, daß ein Klassifikationsergebnis X mit einem Zuverlässigkeitswert von z.B. 0,2 mit 80% Wahrscheinlichkeit auch in der Klasse X+1, X-1 oder sonstwo liegen könnte. Da ich aber in der Visualisierung die Klassifikation auf Punkte abbilde, die einen spezifischen Platz in der Grafik haben und damit in Relation zu anderen Punkten stehen („Punkt A liegt neben Punkt B“), ist so ein ‚diffuses‘ Konzept wie Wahrscheinlichkeit, das eine optische Umsetzung der möglichen Realisierung in allen anderen Klasse erforderte, schwer abzubilden.

Eine Idee war, die ‚Unwahrscheinlichkeit‘ eines Punktes über seine Größe darzustellen. Dann wäre er augenscheinlich nicht mehr auf einen Ort festgelegt, weil er einen größeren Bereich, der mehr Werte als ein kleiner symbolisiert, abdeckt. Nachteil und Grund für meine Ablehnung dieses Gedankens ist die Interpretation, die so eine Abbildung verursacht: wird der Punkt größer, fällt er visuell eher auf, was jedoch im Widerspruch zu seiner Bedeutung steht. Ein unsicheres Klassifikationsergebnis sollte hinter sichere zurücktreten und sich gerade nicht visuell in den Vordergrund spielen. Ein anderer Gedanken war, Farbe oder Form der Punkte zu ändern. Doch die Zeichenfläche soll auch nicht mit zu vielen unterschiedlichen Eindrücken überfrachtet werden. Darum stellt dies auch keine befriedigende Lösung dar.

## 4.3 Endprodukt

### 4.3.1 Darstellungsarten

Wie in Abschnitt 3.1 beschrieben, gibt es mit der reinen Darstellung über Kaviatgraphen einige Probleme. Vor allem die beim Betrachter induzierte

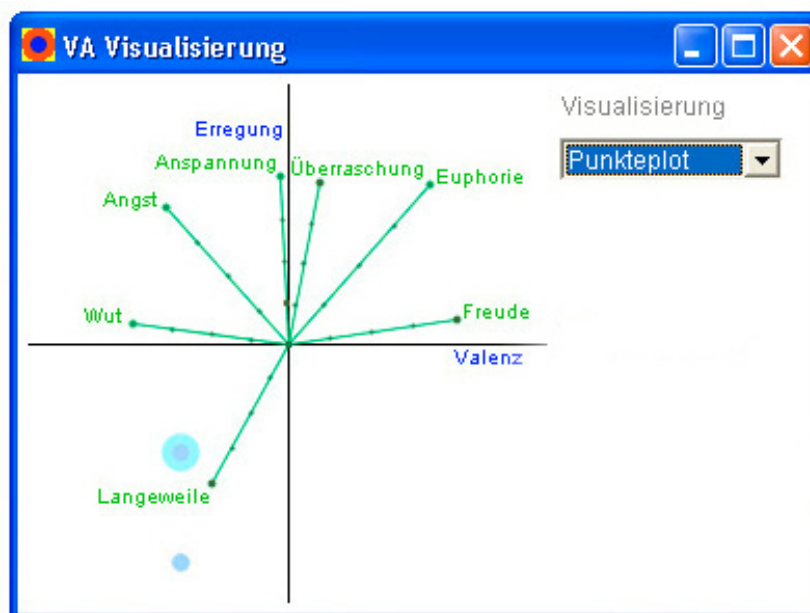


Abb. 4.7: Klassifikationsergebnis repräsentiert als Punktmenge auf den verschiedenen Dimensionsachsen

Gewichtung durch die flächige Darstellung ist störend. Daher habe ich drei Alternativdarstellung gewählt. Einmal werden die Klassifikationsergebnisse nur als Punkte auf den Achsen abgetragen (siehe Abbildung 4.7), einmal nur als Strahlen auf den Achsen, um über die Länge der Strecken die Klassifikation noch



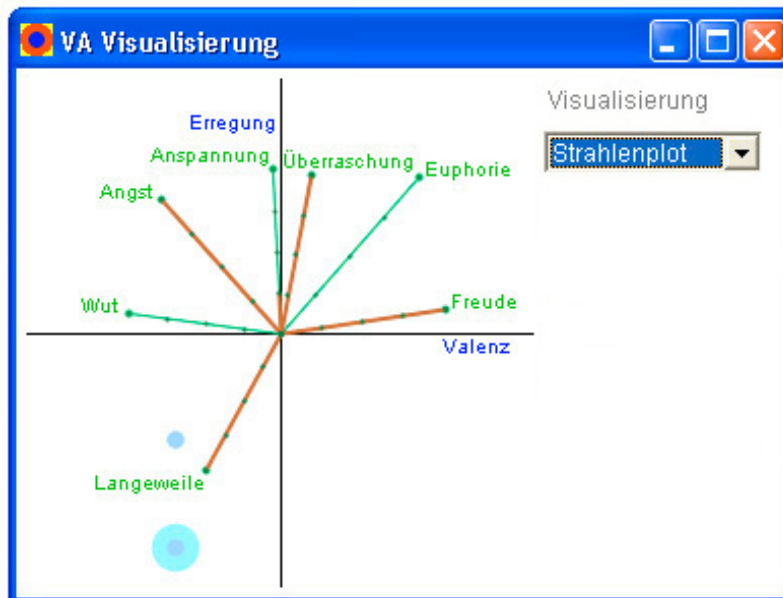


Abb. 4.8: Klassifikationsergebnis repräsentiert als Strahlen auf den verschiedenen Dimensionsachsen

abzunehmen, habe ich diese optional direkt in der Oberfläche anzeigbar gemacht (siehe Abbildung 4.10).

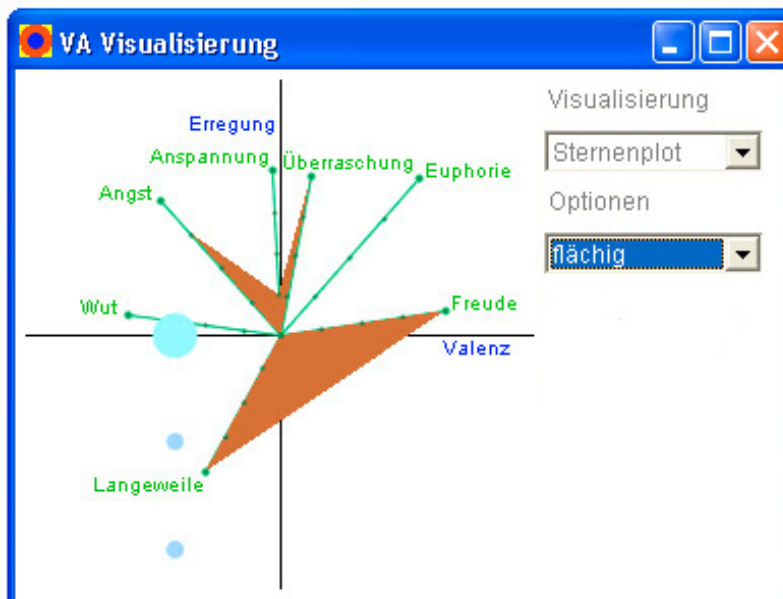


Abb. 4.9: Klassifikationsergebnis repräsentiert als Kaviatplot über die unterschiedlichen Dimensionsachsen

### 4.3.3 Cartoon-Gesicht

Bei der Entwicklung vom EmoTetris hat Oliver Herbort in seinem Praktikumsbericht (Herbort 2004b) gefragt, ob es möglicherweise vorteilhaft wäre, daß zur Verdeutlichung des emotionalen Zustands des Spielers ein menschlich wirkendes Gesichtmodell genutzt werden würde. Die von ihm

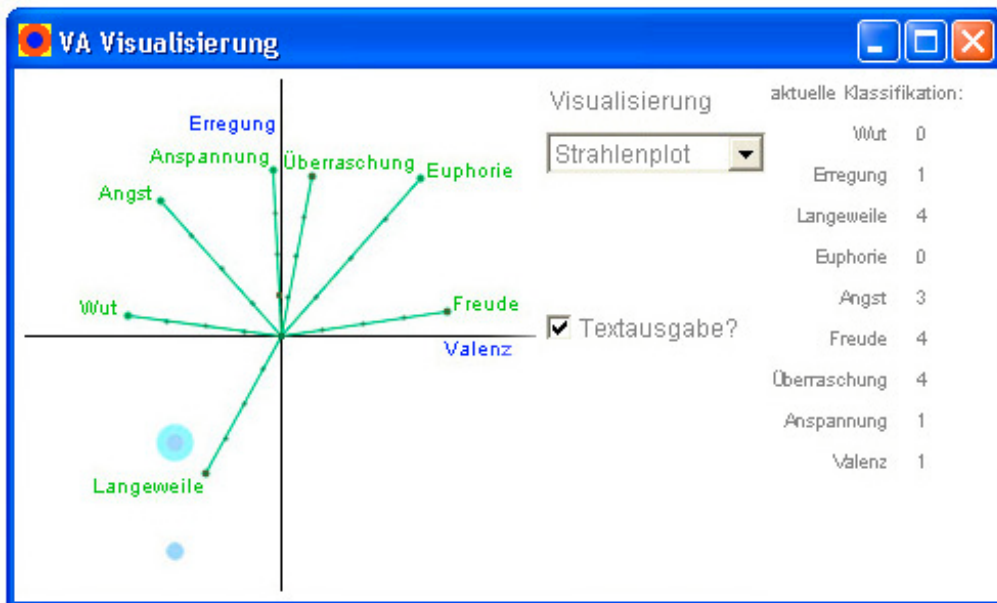


Abb. 4.10: Visualisierung ergänzt um textuelle Anzeige

vorgeschlagenen Variante mit einem photorealistischen Gesicht wurde von mir jedoch verworfen, weil sie a) zu hohe Anforderungen an das System gestellt hätte, b) eine Illusion der Wirklichkeit eine hohe Erwartungshaltung beim Betrachter hervorriefe, die das System nicht leisten kann und soll (Menschen sind sehr empfindlich gegen kleinste Unregelmäßigkeiten, denn unser visueller Kortex ist geradezu darauf ausgelegt, menschlichen Gesichtern zu erkennen und Veränderungen in ihnen festzustellen (Goldstein 2002), und c) es andere, nicht so aufwendige Formen der Gesichtsdarstellung gibt, die sich anbieten.

In die letzte Kategorie fallen die in Abschnitt 2.2 schon angeführten Chernoff-Gesichter, bei denen Datenparameter auf Merkmale eines stark abstrahierten Gesichts abgebildet werden. Es wäre möglich gewesen Chernoff-Gesichter zu benutzen, doch wäre dies mit Nachteilen behaftet gewesen. Vor allen Dingen kommt es darauf an, ob man es schafft, die Parameter auf die einzelnen Merkmale unmißverständlich abzubilden. Es könnten sonst beim Betrachter Eindrücke entstehen, die möglicherweise die Daten gar nicht repräsentieren, also etwas falsches suggerieren. Dies hängt vor allem damit zusammen, daß Menschen Gesichter holistisch, also als ganzes wahrnehmen und nicht nur einzelne Merkmale, aber gleichzeitig bestimmte Merkmale wichtige Anziehungspunkte für unsere Aufmerksamkeit sind (Goldstein 2002). So könnten z.B. gerade groß dargestellte Augen den Blick des Betrachters so ablenken, daß die eigentliche wichtige Eigenart (etwa große Ohren) komplett ,übersehen‘ wird.

Da die darzustellenden Daten sowieso menschliche Emotionen, die wir meist aus dem Gesichtsausdruck erkennen, sind, bot es sich an, nicht Ikonen, die am Ende wie ein Gesicht aussehen zu benutzen, sondern von vornherein Emotionen als Gesichtsausdrücke zu kommunizieren. Ekman hat mit seinen Studien nachgewiesen, daß bestimmte Emotionsausdrücke auf dem menschlichen Gesicht existieren, die von jedermann, egal aus welcher Kultur entstammend, erkannt werden (Ekman 1994). Unter anderem gehören dazu die Ausdrücke für Angst, Wut, Freude, Ekel und Trauer. Bei diesen kann man davon ausgehen, daß sie von Beobachtern gleich interpretiert, dabei präattentiv (ohne bewusste Beeinflussungsmöglichkeit und keiner Anstrengung oder Aufmerksamkeit bedürftend) verarbeitet werden. Damit steht der Eindruck praktisch sofort zur Verfügung, die Erkennung erfordert keine Erklärung oder Nachfrage und ist unverfälscht. Die Arbeit von Ekman wurde von vielfach aufgenommen und weiterentwickelt, nicht zuletzt von ihm selbst (Ekman 1997, 1999) wobei auch andere Gesichtsausdrücke auf ihre Erkennbarkeit getestet wurden.

Nach einer Prüfung der Literatur zu dem Thema konnte ich jedoch nur die schon in den ersten Arbeiten von Ekman postulierten und für unsere Anzeige relevanten Gesichtsausdrücke für Wut, Freude, Angst und Überraschung als gesichert annehmen. Die Größen Valenz und Erregung sollten nicht direkt in einem Gesicht visualisiert werden, weil sie nach dem Modell von Russell implizit in allen anderen Größen vorhanden sind, denn sie stellen die aufspannenden Dimensionsachsen dar (siehe Abschnitt 2.2). Kontrollverlust als eigene Kategorie wird bei der Gesichtsdarstellung auch nicht dargestellt, weil sie nach übereinkommender Einschätzung in der Arbeitsgruppe nicht mit den anderen Größen vergleichbar ist. Während Kontrollverlust eine Vorbedingung für einen Gemütswechsel ist, sind die Emotionen (Wut, Freude etc.) Folgen eines solchen. Wir wollten Auslöser und Wirkung nicht vermischen, selbst wenn sie in den ursprünglichen Experimenten immer nebeneinander gleichbedeutend gemessen wurden. Die bisher in ihrer Ausprägung noch nicht festgelegten Ausdrücke für Langeweile, Anspannung und Euphorie wurden über einen Versuchsreihe ausgetestet (siehe dazu Abschnitt 3.3). Als Ergebnis dieser Vorüberlegungen und dem beschriebenen Vorversuch entstanden sieben Gesichtsausdrücke, für jeder relevante Emotion einer plus einem neutralen.

Die Darstellung der Gesichter ist bewußt statisch gehalten, d.h. die Intensität des Ausdrucks ändert sich nicht und es werden keine Übergänge zwischen verschiedenen Emotionsausdrücken dargestellt. Die Forschung hat immer noch nicht zweifelsfrei geklärt, ob z.B. eine Interpolation im Gesichtsbild zwischen neutral und sehr freudig vom Menschen genauso erkannt wird. Die holistische Verarbeitung des menschlichen Gesichtsausdrucks ist sehr komplex und so kann es sein, daß nur eine minimale Intensitätsänderung in einem Attribut, z.B. den Eindruck von ‚fröhlich‘ auf ‚spöttisch‘ umkippen lässt und eben nicht als ‚wenig fröhlich‘ interpretiert wird. Da wirkte eine lineare Interpolation von nur fünf diskreten Schritten zwischen Neutral und Maximalausprägung wie eine Dampfwalze auf handgetrimmtem englischen Rasen. Vor allem ist auch strittig, ob Mischungen von Emotionsausdrücken, sagen wir wieder ‚fröhlich‘ und ‚spöttisch‘, möglich sind. Auf beide Arten von Mischungen wurde zugunsten eindeutiger Darstellungen verzichtet. Es gibt also keine Intensitätsänderungen und kein ‚Blending‘ zwischen zwei Ausdrücken. Somit ist die Darstellung in sich statisch und ändert sich nur bei einem Wechsel des Emotionszustandes.

Die Darstellung erfolgt je nach dem, welche Emotion gerade die stärkste ist, also alle anderen dominiert. Um dies festzustellen, wird das Produkt aus Klassifikation (Bereich: 0 – 4) und Zutreffwahrscheinlichkeit (Bereich 0.1 – 1.0) berechnet. Es muß über 2 liegen, damit die Visualisierung überhaupt erfolgt. Diese Grenze wurde gewählt, weil sie die Mitte der fünf Intensitätsklassen pro Klassifikator darstellt und wir es als wichtig erachteten, daß eine ‚schwache‘ Klasse mit einer hohen Zutreffwahrscheinlichkeit eine ‚starke‘ Klasse mit niedriger Wahrscheinlichkeit durchaus dominieren können soll. Wenn die Intensität jedoch zu niedrig ist (unter Klasse 2), dann soll die Zutreffwahrscheinlichkeit keine Rolle mehr spielen, weil dann eine Darstellung als voll realisierte Emotion einfach eine zu große Verfälschung des tatsächlichen Klassifikationsergebnisses wäre.

Konzeptionell hat die hier beschriebene Berechnung in der Visualisierung nichts zu suchen, sie gehört komplett in die KI, die für die Auswertung der Merkmale primär zuständig ist. Die Realisierung an dieser Stelle ist der Begrenztheit der Funktionalität der KI geschuldet. Dies sollte in kommenden Entwicklungen beachtet und revidiert werden.

### 4.3.4 Finale Visualisierung

Die Summe aller vorangegangenen Optionen bildet das Endergebnis der entwickelten Visualisierung. Neben dem ursprünglichen Kaviatgraphen mit seinen unterschiedlichen Graphikoption existiert nun komplementär eine ebenso mächtige Textvisualisierung plus einer intuitiven Visualisierung als Comicgesicht. Zusätzlich wird durch ein wahlweise grünes oder rotes Kästchen in der oberen rechten Ecke angezeigt, ob Daten von der KI empfangen werden oder nicht. Werden zwei Sekunden lang keine Daten mehr empfangen, nimmt das Programm an, daß eine Störung vorliegt, hält die Visualisierung an (setzt sie zurück) und

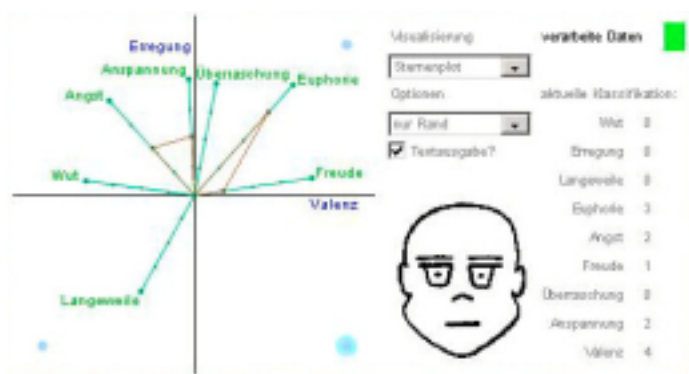


Abb.4.11: Finale Visualisierung mit allen Darstellungsoptionen

zeigt einen Infofenster. Der Benutzer kann mit einem Klick entscheiden, ob er die Visualisierung weitere zwei Sekunden auf ankommende Daten warten lassen will oder nicht. Gestartet wird die Visualisierung über eine DOS-Stapeldatei, die nacheinander alle notwendigen Applikationen startet und am Ende das Visualisierungsfenster mittels eines Tools in den Vordergrund zwingt, obwohl es den Eingabefokus nicht besitzt. Das Fenster der Visualisierung ist so initialisiert, daß es in einem Bereich des Bildschirms erscheint, der von EmoTetris nicht mit Elementen belegt ist (siehe Abbildung 4.12).

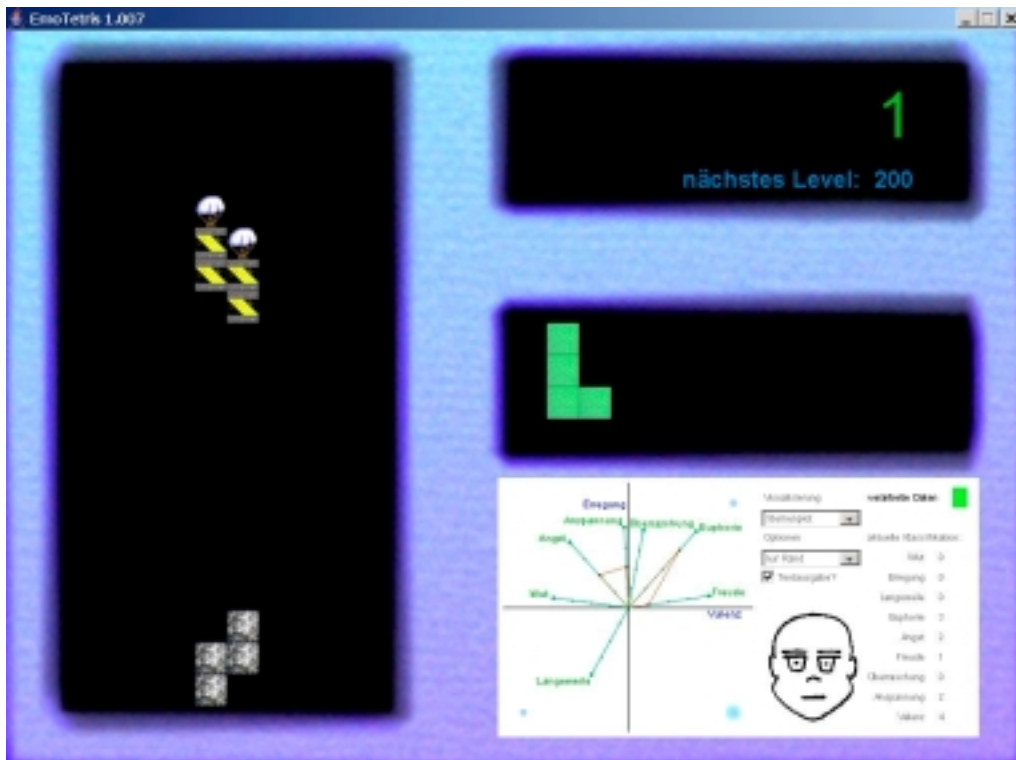


Abb. 4.12: Ansicht von EmoTetris mit laufender Visualisierung

## 5 Schlussbetrachtung

### 5.1 Leistung und Umfang der Lösung

Die präsentierte Lösung stellt eine Mischung von leicht verständlicher, intuitiver aber quantitativ nicht sehr aussagekräftigen Visualisierung (das Cartoon-Gesicht) und einer quantitativ aussagekräftigen, aber nicht auf einen Blick erfassbaren Visualisierung (der Kaviatgraph) dar. Beide sind für sich gesehen nicht optimal, weil sie beide möglicherweise Artefakte in die Interpretation induzieren, die in den Daten nicht vorhanden sind. Zur Verbesserung des Kaviatgraphen habe ich zusätzliche Ansätze implementiert, die einige der Nachteile wettmachen (siehe Abschnitt 4.2 und 4.3). Um den Betrachter nicht unwissend den restlichen Artefakten auszusetzen, habe ich erstens die beiden Darstellungen in einer kombiniert und zweitens dem Betrachter die zusätzliche Möglichkeit gegeben, das Ergebnis als reinen Text auszugeben. Zusätzlich bietet die Visualisierung dem Betrachter die Möglichkeit, verschiedene Darstellungsformen auszuprobieren, um unterschiedliche Eindrücke des Datenmaterials zu bekommen. Damit die zeitliche Veränderung beobachtbar wird, stellt die präsentierte Lösung ein begrenztes ‚History‘ der Valenz-Erregungs-Stati dar.

## 5.2 Spezifika der Lösung

Vor allem kann die Visualisierung in ihrer jetzigen Form das aktuelle Klassifikationsergebnis aller Klassifikatoren grafisch und trotzdem bedeutungsvoll darstellen. Damit hat sie die Anforderungen erfüllt.

Die Visualisierung ist darauf spezialisiert, das momentanen Ergebnis der Vorverarbeitung in der KI zu präsentieren, keinen Verlauf. Sie gibt so einen Eindruck des aktuellen Zustands des Benutzers wieder, keinen Gesamtüberblick über sein Befinden während des Spiels. Die Visualisierung läuft parallel zum Spiel in Echtzeit und hat eine zu vernachlässigende Latenz.

Die Visualisierung mittels Comicgesichtern stellt eine starke Vereinfachung dar. Sie kommuniziert gewisse emotionale Zustände sehr effektiv, verhindert aber die Erkennung von Nuancen und Abstufungen. Sie ist somit auch nur komplementär zu den anderen Darstellungsarten sinnvoll.

## 5.3 Verbesserungsmöglichkeiten mit Potential

Bisher gibt es keinen Gesamtüberblick über alle Klassifikationsergebnisse. Daher ist auch die zeitliche Veränderung der betrachteten Größen nicht erkennbar. Hier könnte ein erster Schritt sein, das ‚History‘ der VA Punkte besser darzustellen, z.B. über Verbindungen zwischen den Punkten bzw. leichten Farb-, Helligkeits- oder Größenänderungen). Um einen großen Überblick zu erhalten, müßte man jedoch auf andere Visualisierungstechniken zurückgreifen, etwa parallele Koordinaten (siehe Abschnitt 2.2), weil ein Kaviatplot mit mehreren „Sternen“ übereinander uns somit voller Linien keinen Informationsgewinn bringt, sondern eher verwirrt.

Ein großer Nachteil unserer Visualisierung ist, daß sie das von der KI gelieferte Ergebnis der Größe ‚Kontrollverlust‘ überhaupt nicht auswertet und darstellt. Begründung dafür war, daß dieser Zustand eher eine Vorbedingung für die anderen gemessenen Emotionen ist. Ginge man aber davon aus, daß der Grad an Kontrolle eine eigene Dimension aufspanne, so könnte man möglicherweise aussagekräftige Diagramme und aus ihnen neue Erkenntnisse erhalten. Dieser Ansatz findet sich auch bei Schloßberg (1954), Dietz & Lang (1999) (Abbildung 5.1) und Schuster (2004) (Abbildung 5.2) wieder.

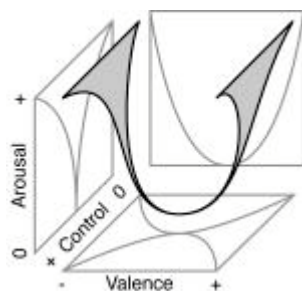


Abb. 5.1: Um die Dimension Kontrolle erweitertes Valenz-Erregungs-Diagramm (Quelle: Dietz & Lang 1999)

Die dritte Dimension könnte man auch nutzen, um die Intensität der Emotion (also in unserem System die Klassifikation) abzutragen (Schuster 2004).

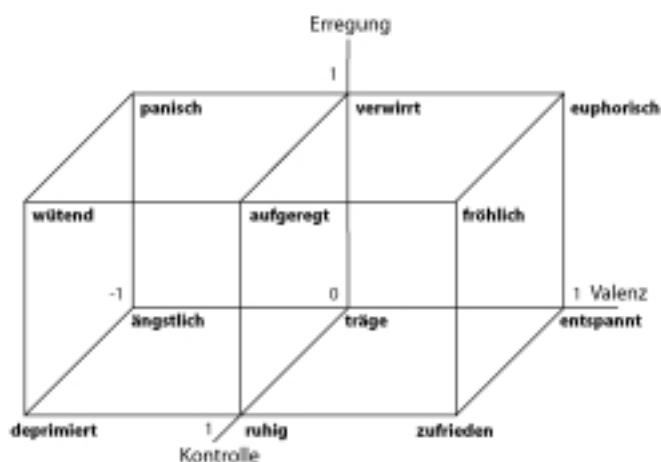


Abb. 5.2: Einordnung einiger Emotionen in den 3D-Raum aus Valenz, Erregung und Kontrolle (Quelle: Schuster 2004)

Weitere Verbesserung der bestehenden Lösung wären denkbar: Die dynamische Anpassung der Fenstergröße an den wirklichen Platzbedarf der gerade dargestellten Elemente oder die Realisierung der Bedienelemente mittels Menüs. Es hätte den Vorteil, daß ggf. noch andere Visualisierungen in einem Extrafenster neben jetzt bestehenden ohne Überdeckungsprobleme dargestellt werden können. Soweit ich jedoch in Vortests feststellen konnte, sind dynamische Größenänderungen des Hauptfensters nicht ohne weiteres möglich, wenn der Layoutmanager erstmal mit seiner Grundkonfiguration instanziiert ist. Setzt man z.B. den Status einer Beschriftung auf ‚false‘ beachtet der Manager nicht, daß dieser im späteren Verlauf wieder auf ‚true‘ gesetzt werden könnte und vergibt den entsprechenden Platz an ein anderes Widget. Aktiviert man danach das anfangs versteckte Objekt, wird es nicht angezeigt. Dies ist auch bei der dynamischer Änderung der Fenstergröße ein Problem. Menüs sind zwar Platz sparer als Kombinationsboxen oder Auswahlfeldern, lassen aber nicht



erkennen, was sich hinter ihnen verbirgt (die Unterpunkte sind in der Normalansicht nicht zu sehen). Unter der Annahme, daß nicht völlige Laien die Visualisierung bedienen werden, könnte man jedoch auch Menüs einsetzen.

Eine letzte Verbesserung wäre es, wenn man auf die zusätzlichen Hilfsprogramme zur permanenten Vordergrundanzeige ohne gleichzeitigen Fokusbindung verzichten könnte. Es würde die Handhabung des Programms im praktischen Einsatz im Demokoffer erleichtern. Jedoch sind alle Hilfsprogramme, die eine solche Funktionalität bieten, nicht in Java, sondern in C++ implementiert, das direkt auf die proprietäre MS Windows API zugreift. Daher sind allgemeine Bedenken angebracht, was diese Realisierungsmöglichkeit angeht, da es der Java-Idee widerspricht, proprietären Code z.B. von Microsoft Windows für eine solche Funktion zu unterstützen.

## **5.4 Erweiterungen & Ausblick**

Neben den reinen Verbesserungen der bestehenden Visualisierung kann ich mir andere Ansätze vorstellen, die für bestimmten Anwendungen und Zielgruppen sicher interessant wären. Dazu gehören die von mir in den Vorüberlegungen für unsere Zwecke erwähnten photorealistischen Kopfmodelle. Sie nutzen überwiegend das „Facial Actions Coding System“ (Ekman & Friesen 1978), das auf einem physikalischen Muskelmodell des Kopfs aufsetzt (Terzopoulos, D. & K. Waters 1991). Physikalische Muskelmodelle beschreiben die Mimik als physikalisch begründete Deformationen des Hautgewebes, wobei sie von den Eigenschaften von Weichgewebe und Haut ausgehen, indem sie Feder-Masse-Netzwerken simulieren (Terzopoulos, D. & K. Waters 1990). Sie sind über die Jahre verbessert worden (Waters 1992) und werden auch weiterhin von anderen Forschern erfolgreich benutzt werden (z.B. Erol, Güdükbay 2001, siehe Abbildung 5.2). Das zugrundeliegende Modell von Waters [www4] habe ich für das IGD nach VC++ 6.0 portiert. Es liegt von nun an als Quellcode vor und könnte weiterentwickelt werden. Wenn man den Weg noch größeren Realismus‘ einschlagen möchte, sind z.Z. Videotexturen (Fei 2001, Oziem et al. 2004) eine Erwägung wert.

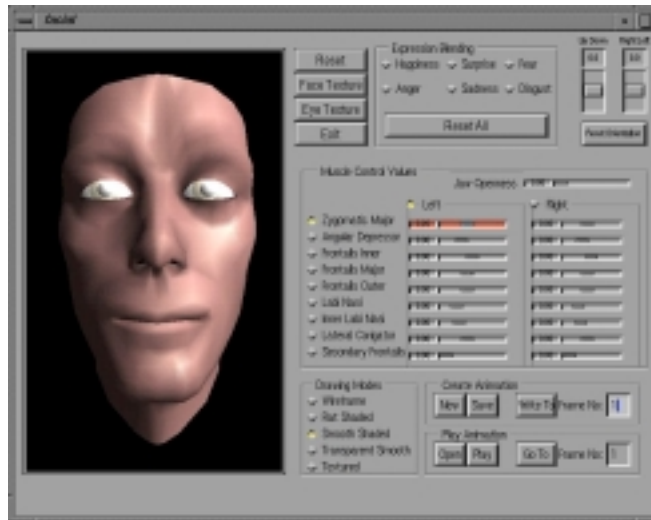


Abb. 5.2: Weiterentwicklung von Waters Kopfmodell, hier mit „Expression-Blending“ der sechs Grundemotionsausdrücke

Will man die Visualisierung verbessern, indem mehr Informationen aus den Daten extrahiert werden, so müßte dies in der Verarbeitungspipeline vor der Ergebnisvisualisierung durchgeführt werden. Mittels einer Faktorenanalyse eines kompletten Trainingsdatensatzes (siehe Anlagen) ist jetzt schon festzustellen, daß bestimmte Emotionen meist in Gruppen auftreten. Hier könnte man sich bemühen, ein für die jeweilige Gruppe und die darin enthaltene Mischung aus Emotionen einen spezifischen Gesichtsausdruck zu schaffen. Weiterhin legen die bisher ausgewerteten Daten nahe, daß es auch andere, feiner strukturierte Zusammenhänge zwischen den Emotionen gibt.

Die vom Datamining Programm WEKA [www1] gelieferten Assoziationsregeln könnten wieder in die KI eingebaut werden und so helfen, widersprüchliche oder unmögliche (auf Fehlmessung beruhende) Zustände aufzulösen und damit eine genauere und aussagekräftigere Visualisierung zu generieren. Dies wäre besonders wichtig, wenn auf Kopf- oder Gesichtsmodelle abgebildet wird, denn widersprüchliche oder unmögliche Darstellungen würden hier besonders stören.

Noch früher auf dem Weg zur Emotionserkennung und -darstellung würden Ideen ansetzen, die nicht auf direkt gemessenen physiologischen Daten angewiesen sind, sondern indirekt auf den inneren Zustand schließen. Denkbar wären die Analyse der Mausbewegungen oder Tastaturanschläge, der Sprache (Scherer 2000, Borchert 2005), des Atems (Venables 2004), der Kopfbewegung und Gesichtsausdrücke (Kaliouby & Robinson 2004) und Kombinationen zweier (De

Silva and Pei Chi Ng 2000, Zeng et al. 2004) oder mehrere dieser (De Silva et al. 1997, Busso et al. 2004).

Unabhängig davon, welche Daten nun wie zu gewinnen wären, kann das Modell von Russell (1980) auch nicht alle Phänomene erklären. Es wäre bestimmt interessant, für die Interpretation nicht nur dieses Modell sondern auch andere Theorien zur Beschreibung von Emotionen zu Grunde zu legen. Hier wäre das prozedurale OCC-Modell von Ortony, Clore und Collins (1988) zu nennen oder die Einschätzungs- und Bewertungstheorie (engl. „Appraisal Theory“ - Ortony et al. 1988). Beschreibungen in diesen Modellen würden es auch erlauben, einen bisher unbeachteten Einflussfaktor zu modellieren: die Persönlichkeit.

Das bestehende System ist darauf ausgelegt, für einen bestimmten Benutzer trainiert zu werden und dessen emotionalen Zustand nach der Trainingsphase zu erkennen. Der emotionale Zustand ist in den erweiterten Modellen nur eine Einflußgröße auf das Handeln (z.B. wie der Nutzer EmoTetris spielt, was für Handlungen er dabei realisiert, aber auch verbale Äußerungen). In den erweiterten Modellen ergänzen die Größen Persönlichkeit und Stimmung (dynamischer Vermittler zwischen Persönlichkeit und emotionalem Zustand) die Betrachtungsweise. Die von uns bisher gemessenen und weiterverarbeiteten Daten werden auch von diesen Größen beeinflusst. Wir können sie aber mit dem bisherigen Ansatz nicht in unseren Messdaten trennen.

Mit einer Versuchsanordnung, die dem Ansatzes eines Persönlichkeitsmodell wie OCEAN (Costa & McCrae 1985, John 1990) (eine Übersicht über Persönlichkeitsmodelle ist in der Dissertation von Ilke Lißmann zu finden [www2]) Rechnung trägt, könnte man über Versuchsreihen mit standardisierten Situationen und darauf erfolgenden Reaktionen eine Einordnung in Spielertypen versuchen. Die gewonnenen Persönlichkeitsmerkmale könnten hoch interessant für z.B. das Design von vergleichbaren Spielen oder Benutzeroberfläche allgemein. Der Einsatz in Agentensystemen, die z.B. den Spielspaß erhöhen sollen, indem sie individuell das Spiel an seinen Spielertypen anpassen, wäre denkbar. Wirkliches anwenderspezifisches Verhalten könnte so möglich werden. Erste Spiele (z.B. „The Journey to Wild Divine“ [www3]) mit Biofeedback existieren bereits.

Auch im Bereich des Trainings und der Ausbildung könnten Fortschritte erzielt werden, z.B. durch emotionalen Dialog (Piesk & Trogemann 1997, Gratch 2000). Weitere Felder sind denkbar (Picard 1997, Picard 2000).



Abb. 5.3: Ein Spiel mit Biofeedback-Möglichkeit (Quelle: [www3])

## 5.5 Reflexion & Danksagung

Die Beschäftigung mit der Visualisierung des emotionalen Zustandes eines Menschen war komplizierter als ich anfangs dachte, weil jede der in Frage kommenden Visualisierungstechniken ihre Vor- und Nachteile hat, die man nicht unbedingt von Anfang an bedenkt. Die Einbindung in ein Projekt, das sich noch in der aktiven Entwicklungsphase befindet, hat meinen Blick auch in interessante Richtungen und Probleme schweifen lassen, die ich sonst vielleicht nicht entdeckt hätte. Aus dieser Arbeit haben sich für mich viele neue Ideen ergeben, die es wert wären, näher erforscht zu werden. Wenn nicht von mir im Rahmen einer Diplomarbeit, dann greift jemand anders womöglich eine Idee auf und denkt sie weiter. Man sollte sich aber klar darüber sein, daß adaptive Benutzerschnittstellen in ihrer Finalität als interaktive künstliche Charaktere eine immense Herausforderungen darstellen (Gratch et al. 2002).

Ich möchte mich bei allen Mitarbeitern des IGD in Rostock bedanken, die mir eine kollegiale und warmherzige Arbeitsumgebung geboten haben. Bedanken möchte ich mich auch allen Kollegen der Arbeitsgruppe AR 2, die in unseren Forschungsrunden immer ein paar konstruktive Anmerkungen beisteuern konnten. Für eben solche, für ein bißchen Spaß zwischendurch und die gute Atmosphäre in unserem Raum möchte ich meinen Mitstreitern Stefan Morgenstern und Gösta Fischer danken. Von meinem Betreuer Knut Hartmann am Magdeburger Institut

für Simulation und Grafik der Otto-von-Guericke-Universität stammen hilfreiche Referenzen und Quellen zu Modellen für Persönlichkeit und Emotionen. Die Comicgesichter für den Benutzertest hat vor allem Sebastian Anger gezeichnet. Beiden gilt mein Dank. Meinem Betreuer Randolf Schultz am IGD sei gedankt für seine Hilfe und Wegweisung in schwierigen Situationen und seine unerschütterliche Ruhe, die bestimmt nicht ohne Einfluß auf das Gesamtergebnis ist. Danke noch einmal an alle, die zum Ergebnis und meinem positiven Erleben des Arbeitens am IGD beigetragen haben, auch wenn sie nicht explizit in diesem Absatz genannt werden.

**Danke für die vielen Ideen und Einblicke.**

**Es hat unheimlich Spaß gemacht!**

# Anhänge

## Komponentenanalyse einer Klassifikationsreihe

	Komponente		
	1	2	3
valence	-,750	,500	-,068
arousal	,667	,523	,299
tense	,222	,127	,866
surprise	,154	,133	,879
joy	-,452	,678	,207
helpless	,893	-,092	,255
fear	,690	-,101	,021
euphoric	-,138	,800	,177
boredom	-,007	-,870	-,003
anger	,798	-,088	,251

Tab. 6.1: Rotierte Komponentenmatrix

1. Inhalt: Zusammenhänge zwischen Emotionen
2. Zweck: mögliche Orientierung der Visualisierung an den enthaltenden Zusammenhängen
3. Datenquelle: eine Testreihe eines Probanden mit WEKA [www1] analysiert
4. Verständnishilfe:
  - Ein Faktor kann ‚systematisch negativ‘ oder ‚systematisch positiv‘ laden, maximal bis zu  $|1|$ .
  - Valence und Arousal werden getrennt betrachtet (daher stellt ‚joy‘ eine Komponente für sich dar, obwohl es mit ‚valence‘ korreliert).
  - Faktoren ab einer Größe eines Absolutwerts von etwa 0,5 werden als signifikant angesehen.
  - Gleichfarbige Faktoren gehören zu einer Komponente, d.h. sie laden ähnlich.
  - Gegensätzliche Faktoren beschreiben ein Erregungsmaß (sie müssen in allen Komponenten gegensätzlich sein, nicht nur in einer!).
  - Wenn ein Faktor auf zwei Komponenten signifikant lädt (z.B. valence), dann fällt die Interpretation schwerer, weil die Unabhängigkeit der Variablen nicht mehr gegeben ist. Dann ist eine clevere Interpretation nötig, oder man läßt den Faktor einfach weg.

## Vorlagen für die Gesichtsausdrücke

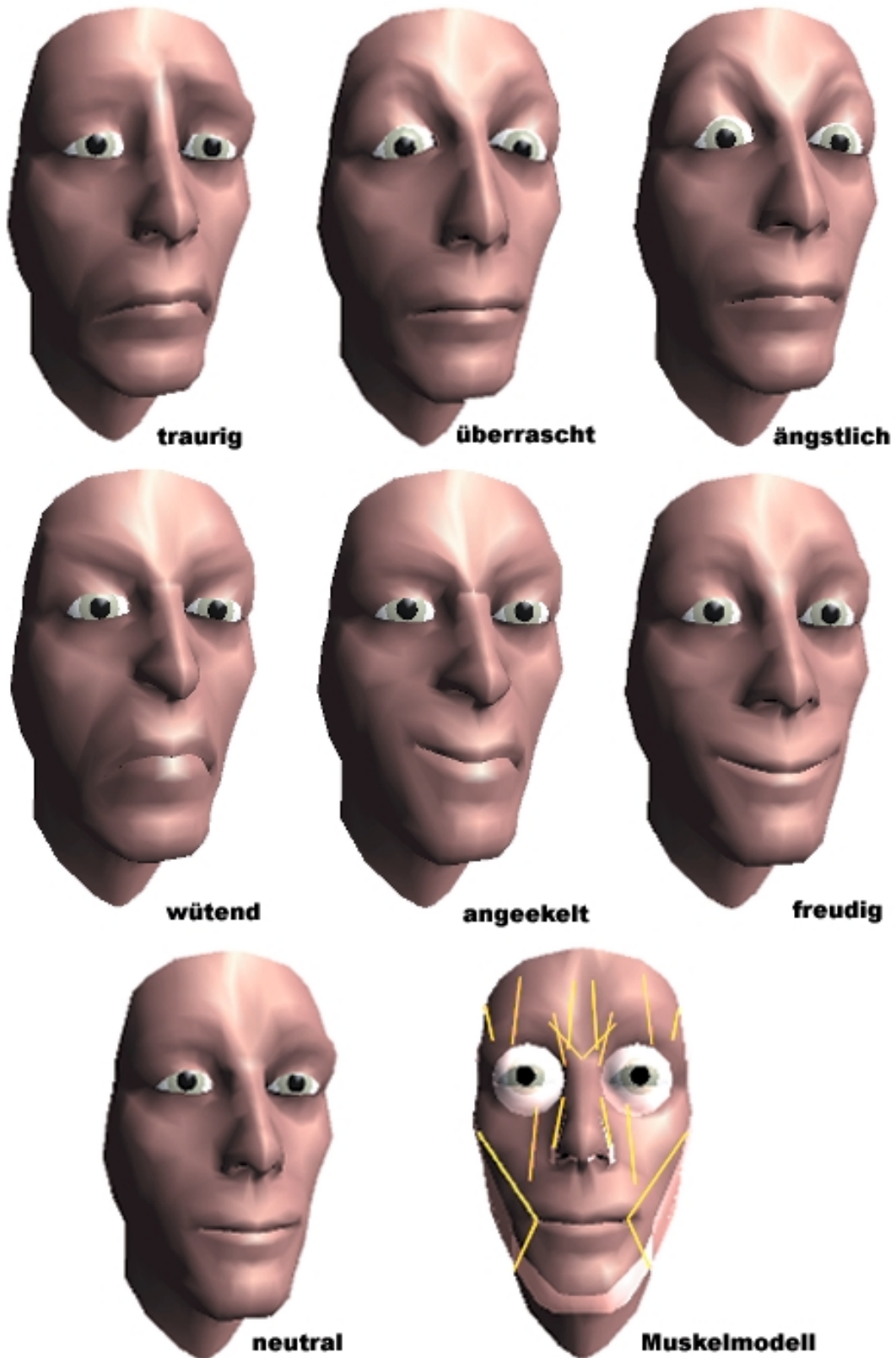


Abb. 6.0: Fest definierte Ausdrücke im Gesichtsmodell von Waters & Parke (1996)  
(Quelle: eigene Darstellung des nach VC++ portierten Modells [www0])

# Bildschirmfotos des Online-Benutzertests

**Willkommen zum Online Test von Gesichtsausdrücken**

Fraunhofer IDG Rostock - Abteilung AR2

---

**Worum geht's?**

Wir wollen in einem späteren Experiment Beobachtern über abstrakte Gesichtsausdrücke Emotionen näher bringen, die eine andere Person gerade hat. Für dieses Vorhaben brauchen wir eine gewisse Anzahl eindeutiger Gesichtsausdrücke. "Eindeutig" messen wir daran, daß sie möglichst von jedem erkannt und ohne großes Rätselraten dekodiert werden können. Um die Qualität der bisher für den Gebrauch vorgesehenen Gesichtsausdrücke zu testen und diese eventuell noch zu verbessern, brauchen wir **DEINE** Hilfe! Alle im Laufe dieser Untersuchung gewonnenen Daten werden vollständig anonym behandelt und dienen ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken. Schön, daß du mitmachen willst.

**Wie geht's?**

Im nachfolgenden Versuch werden dir Bilder von Gesichtern präsentiert, die bewertet werden sollen. Die zentrale Frage dabei: Welche Gesichtsausdruck passt zu welcher Emotion? Daher brauchen wir deine Mitarbeit bei der Einschätzung von Beispielgesichtsausdrücken. Im Verlauf des Versuchs wirst du auf drei Fragearten stoßen:

- Du sollst aus einer Auswahl von acht Gesichtern wählen, welches **am besten** zu der als Adjektiv beschriebenen Emotion passt
- Du hast die Auswahl von acht Gesichtsausdrücken, aus denen du den benennen sollst, der die benannte Emotion **am zutreffendsten** darstellt.
- Du bekommst ein Gesicht präsentiert, das du über alle acht Dimensionen einschätzen sollst, also jeweils wie fröhlich, wütend usw. es auf dich wirkt. Dazu kannst du auf kontinuierlichen Skalen auf einem Spektrum von "gar nicht" bis "sehr stark" wählen.

**Wichtig: Der ersten Eindruck zählt! Nicht lange überlegen!**

**Technische Voraussetzungen**

Die nachfolgenden Webseiten erfordern einen Java fähigen, grafikorientierten Web-Browser, d.h. sowohl Bilder und Java-Script als auch Java-Klassen müssen unterstützt werden. Ist kein Java installiert oder sollte deine lokale Sicherheitsrichtlinie Javaanwendungen nicht zulassen, mache es bitte für diesen Versuch möglich, d.h. schalte Java und Java-Script ein. Das temporäre Abspeichern eines Cookies ist auf manchen Systemen ebenfalls nötig. Es wird am Ende wieder gelöscht.

Zur einheitlichen Darstellung sind diese Seiten mit Cascading Style Sheets formatiert. Unterstützt dein Browser diese nicht oder interpretiert sie falsch, kann es u.a. dazu kommen, dass Grafiken zu groß angezeigt werden. Die Funktionalität der Website wird dadurch nicht eingeschränkt, aber unschön (optische) Effekte werden dann auftreten.

Aus technischen Gründen werden Umlaute auf den Versuchsseiten in der Umschrift ("ä"="ae", "ö"="oe", "ü"="ue") besetzt. Bitte störe dich daran nicht.

**Ablauf**

Dieser Fragebogen besteht aus drei Probeseiten (zum Eingewöhnen) und 16 Seiten, die in die Auswertung einfließen. Er dauert etwa 5-10 Minuten. Du kannst die Geschwindigkeit des Versuchs selber steuern. Es gibt keine Stopuhr und auch kein Zeitlimit. Vorteilhaft wäre, daß du den Versuch in einem Schwung durchmachst, d.h. Unterbrechungen und Ablenkungen möglichst vermieden werden. Vor allen Dingen solltest du den Versuch nicht nur anfangen, sondern vor allem auch bis zum Ende machen! Selbst wenn du dich mal veräppelt haben solltest: das macht nichts, suche nicht nach einer Korrekturmöglichkeit, fahre einfach fort. Aufgepaßt: die Antwortmöglichkeiten sind in **wechselnden Reihenfolge** angeordnet, also wirklich auf die Beschriftung achten und nicht einfach auf eine Position klicken, weil du meinst, dort stünde das zutreffende Wort oder habe im letzten Durchlauf gestanden!

**Dieser Versuch ist anonym und dient ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken.**

**Nicht du wirst getestet, sondern das dir dargebotene Bildmaterial.**

**Es gibt weder 'Fehler' noch irgendeine Bewertung.**

**Klicke intuitiv, nicht groß nachdenken!**

Hast du schon einmal teilgenommen, mache ihn bitte nicht noch einmal, sondern informiere deine Kollegen und Freunde. Wir brauchen viele Teilnehmer. Danke!

---

>>>> Sofort starten <<<<<      Probelauf starten >>>>

Abb. 6.1: Die ausführliche Beschreibung des Tests



# Willkommen zum Online Test von Gesichtsausdrücken

Fraunhofer IGD Rostock - Abteilung AR2

## In aller Kürze

In diesem Versuch geht es um die Wirkung von Gesichtsausdrücken auf dich. Diese werden in einer zufälligen Reihenfolge dargeboten. Du wirst nach deinem Eindruck eines jeden gefragt und nutzt diesen mittels dargebotenen Beschreibungswörtern oder Skalen über Beschreibungswörtern einschätzen. Es ist ganz einfach, setzt keine speziellen Kenntnisse voraus und ist in ca. 5-10min getan.

**Bitte verhalte während der Versuchs unbedingt auf die Benutzung der Browser-Funktionalität ("Vor", "Zurück", "Neu laden")!** Nur in aussergewöhnlichen Situationen (Seite hängt, es geht nicht weiter), sollte auf diese zurückgegriffen werden. Hast du schon einmal teilgenommen, mache den Versuch bitte nicht noch einmal, sondern informiere deine Kollegen und Freunde. Wir brauchen viele Teilnehmer. Danke & Viel Spaß!

## Ausführliche Beschreibung

Dieser Versuch ist anonym und dient ausschließlich wissenschaftlichen Zwecken.

Nicht du wirst getestet, sondern das dir dargebotene Bildmaterial.

Es gibt weder 'Fehler' noch irgendeine Bewertung.

Klicke intuitiv, nicht groß nachdenken!

>>>> Sofort starten <<<<

Probelauf starten >>>>

Abb. 6.2: Der Eingangsbildschirm

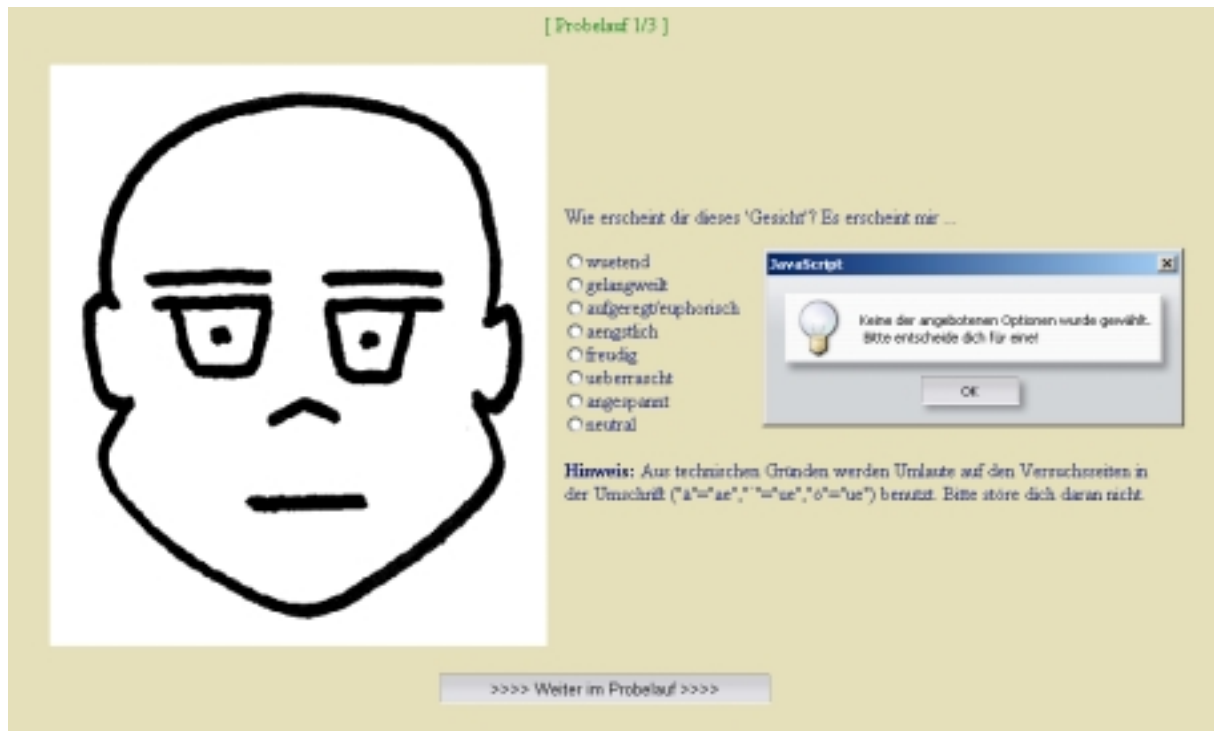


Abb. 6.3: Probelauf 1: Bewertung eines Gesichtes – ‚forced choice‘ (mit eingeblendeter Erinnerung)

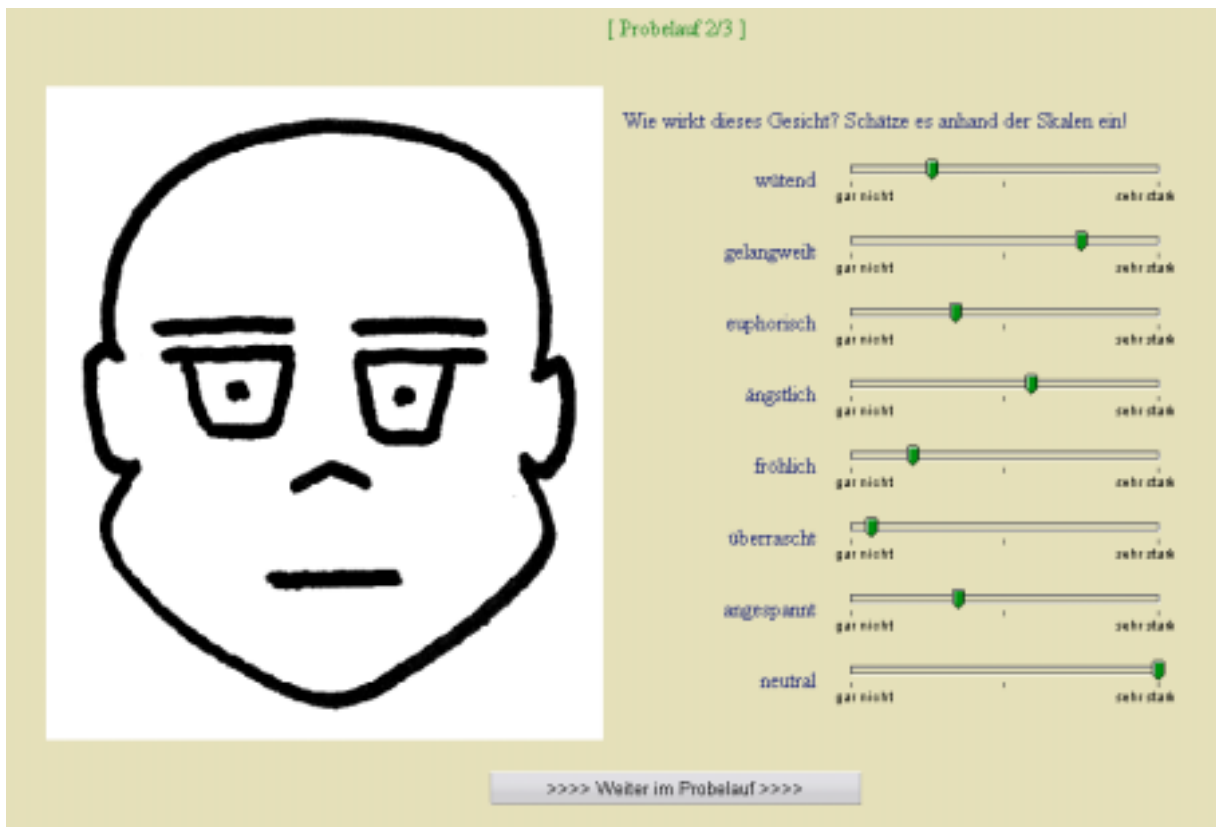


Abb. 6.4: Probelauf 2: Bewertung eines Gesichtes mittels kontinuierlicher Schieberegler

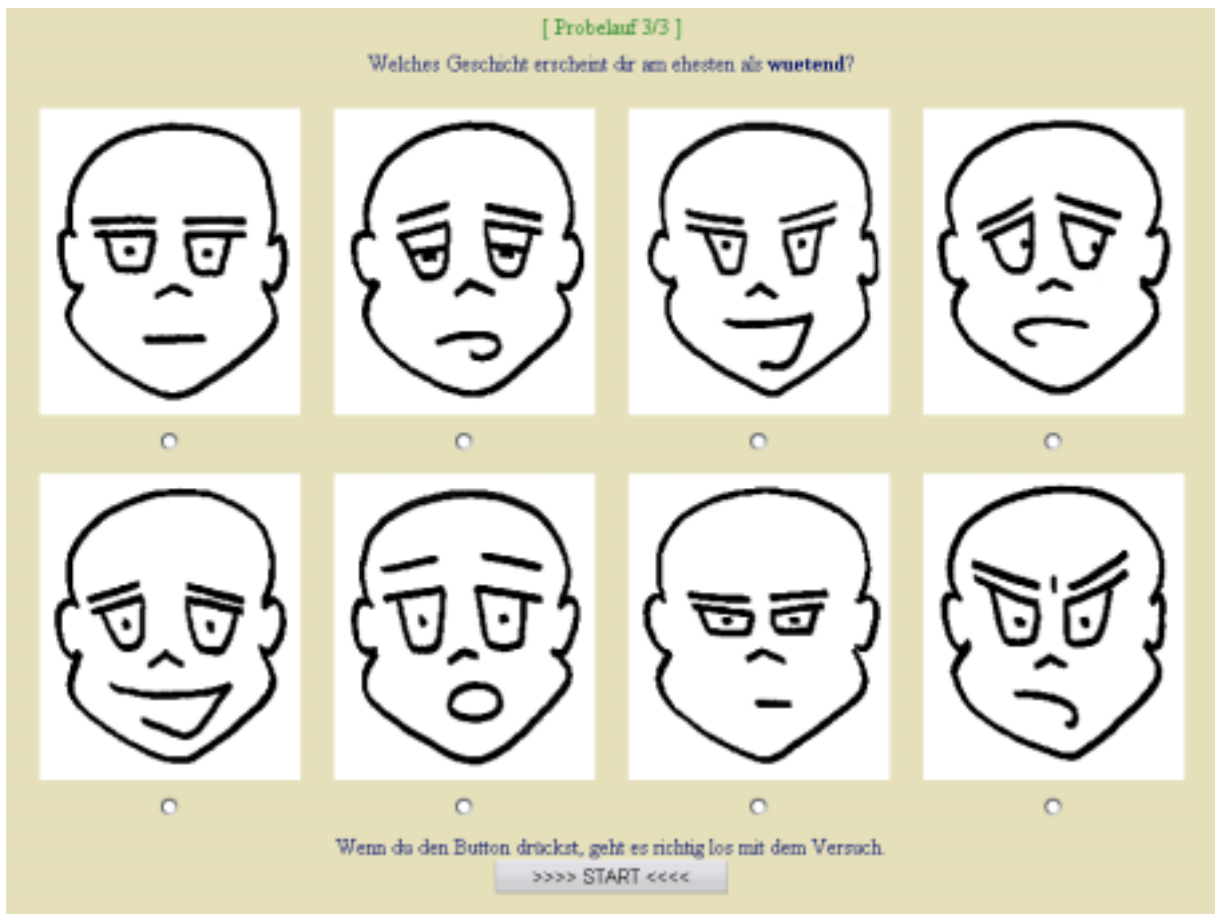


Abb. 6.5: Probelauf 3: Auswahl von Gesichtsausdrücken zu einem Beschreibungswort

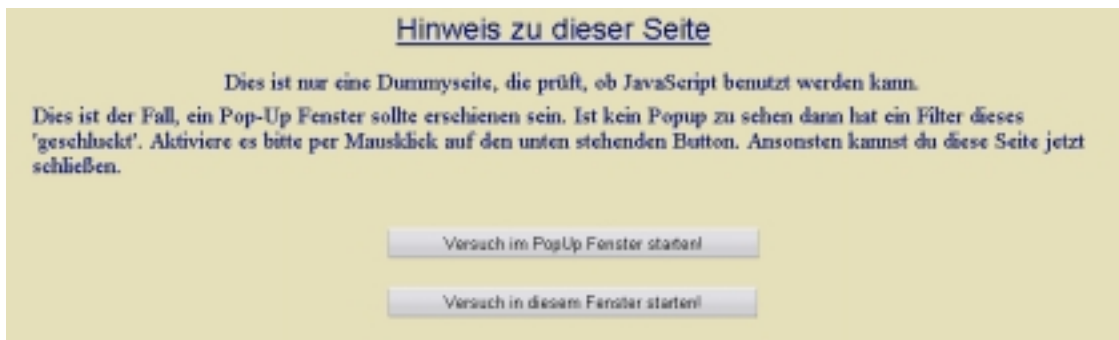


Abb. 6.6: Zwischenbildschirm

**Demographische Angaben**  
= freiwillig auszufüllen =

Dein Geschlecht:  weiblich  männlich

Dein Alter:  Jahre

Dein Bildungsstand:  kein Abschluß  
 Hauptschule  
 Realschule  
 Abitur o. Fachhochschulreife  
 Bachelor o. Grundstudium  
 Master o. Diplom  
 PhD o. Doktor

Abb. 6.7: Unmittelbar vor dem Test: fakultative Abfrage der demografischen Daten

Bei Problemen bitte [Mail an mich](#) [Seite 3 von 24]

Welches Gesicht erscheint dir am ehesten als wütend?









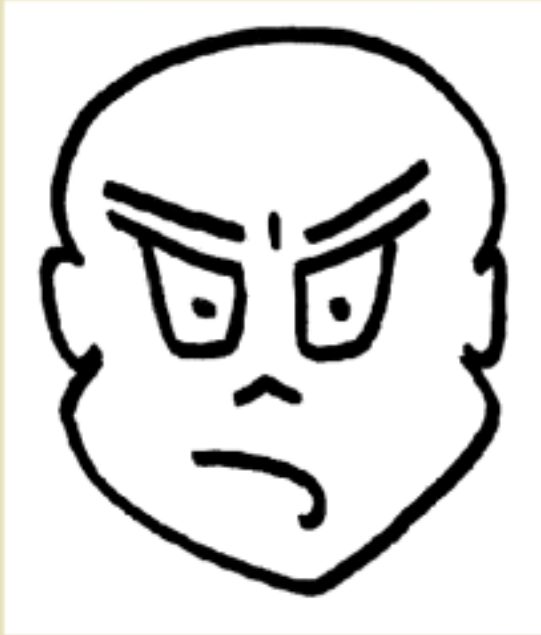
			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Abb. 6.8: Zufällig werden die Abfragearten und die Antwortmöglichkeiten gemischt (hier wie in Probelauf 3)

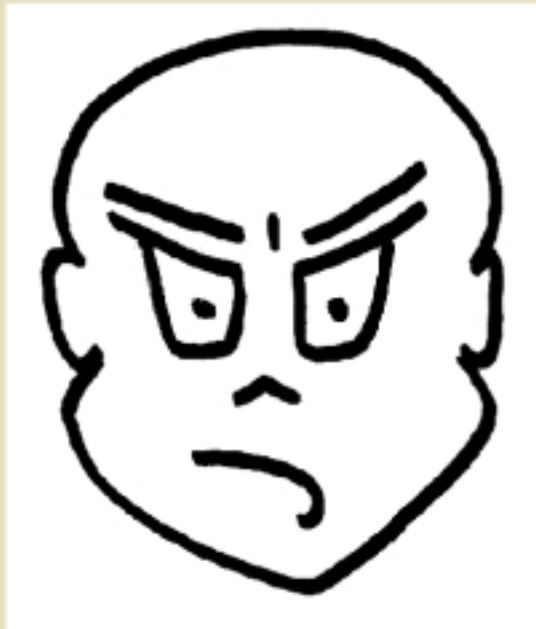


Wie sieht dieses Gesicht aus? Es erscheint mir vor allem...

- euphorisch
- angespannt
- ängstlich
- ueberrascht
- gelangweilt
- wuetend
- froehlich
- neutral

Weiter >>>>

Abb. 6.9: Zufällig werden die Abfragearten und die Antwortmöglichkeiten gemischt (hier wie in Probelauf 1)



Wie wirkt dieses Gesicht? Schätze es anhand der Skalen ein!

- ängstlich  gar nicht sehr stark
- neutral  gar nicht sehr stark
- ueberrascht  gar nicht sehr stark
- wuetend  gar nicht sehr stark
- gelangweilt  gar nicht sehr stark
- euphorisch  gar nicht sehr stark
- froehlich  gar nicht sehr stark
- angespannt  gar nicht sehr stark

Weiter >>>>

Abb. 6.10: Zufällig werden die Abfragearten und die Antwortmöglichkeiten gemischt (hier wie in Probelauf 2)



Abb. 6.11: Der Versuch ist zu Ende

## Kommentare und Verbesserungsvorschläge zum Test

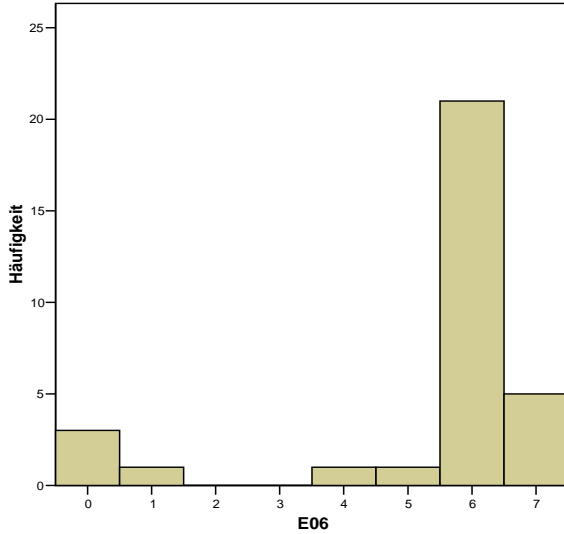
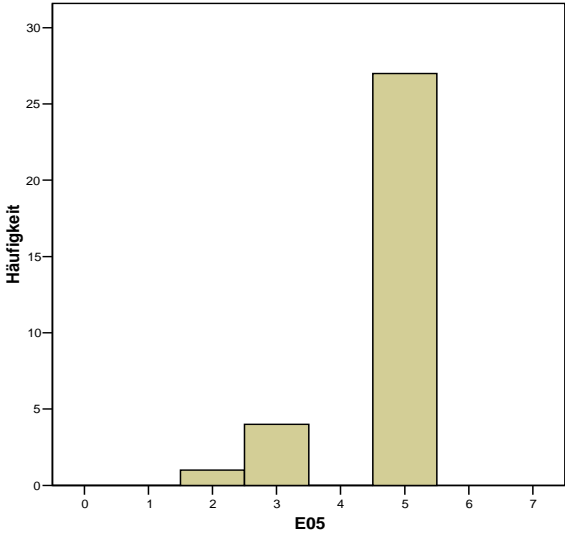
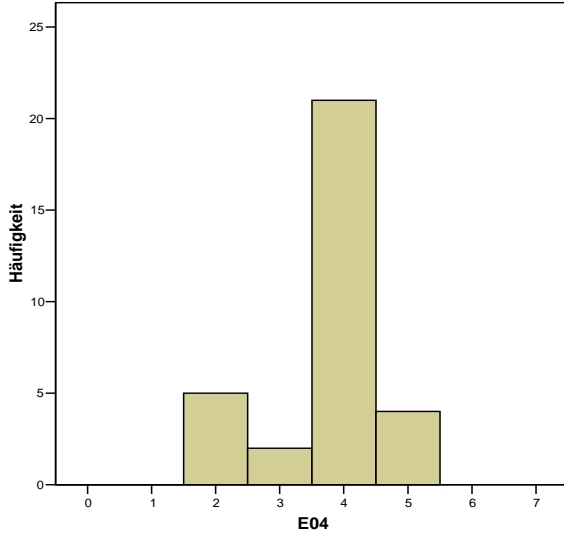
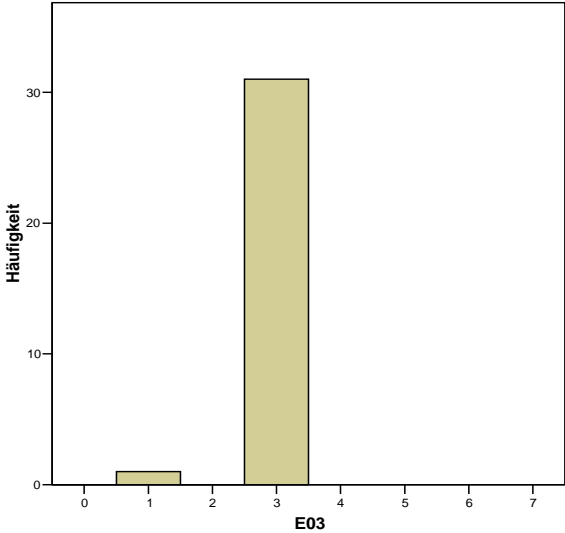
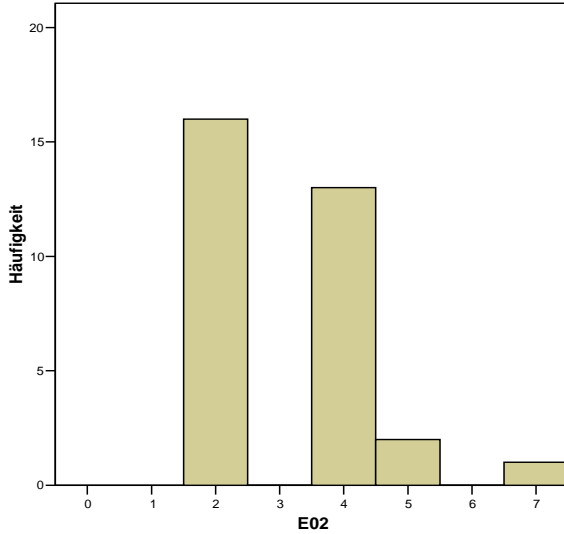
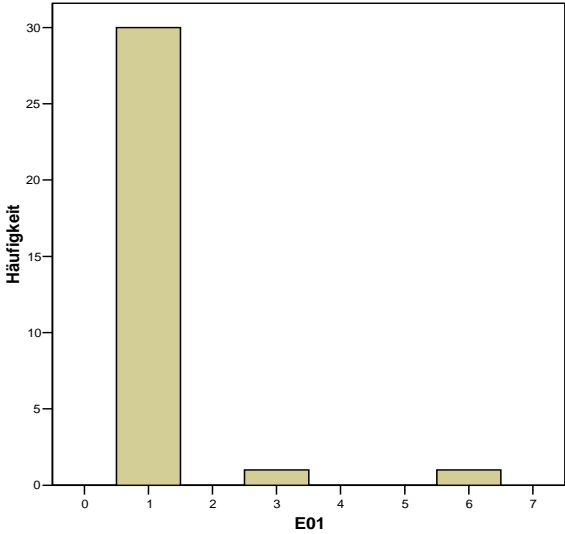
Proband 1: „die Augenbrauen sind schwierig, da sie entweder außen nach oben oder nach unten gehen, aber nie neutral sind (hab ich jedenfalls in Erinnerung) außen nach oben gezogenen brauen, deute ich immer als negative Emotion, Stirn runzeln... außen nach unten als ängstliche Emotion“

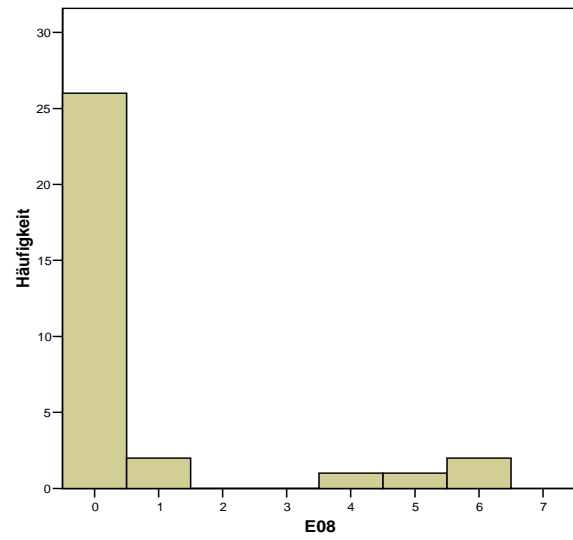
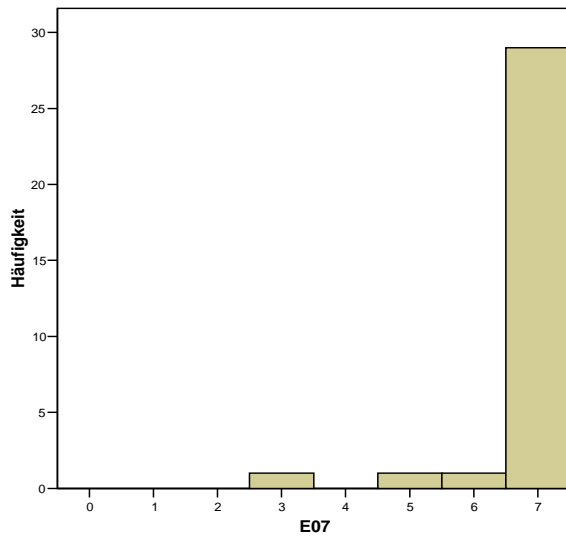
Proband 2: „ich würde die Skalen nicht fließend machen, sondern klare Werte vorgeben (von 1-7 oder so)“

Proband 3: „Du solltest die Leute zwingen den Probelauf zu machen, sonst kriegst Du verfälschte Ergebnisse, und Du brauchst eine Anleitung, um die Studie zu bearbeiten wenn Probleme auftreten bzw. um das zu vermeiden“

# Auswertung Online-Benutzertest

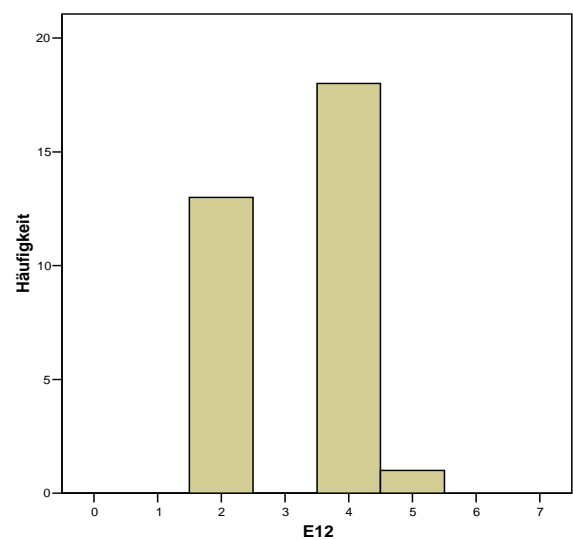
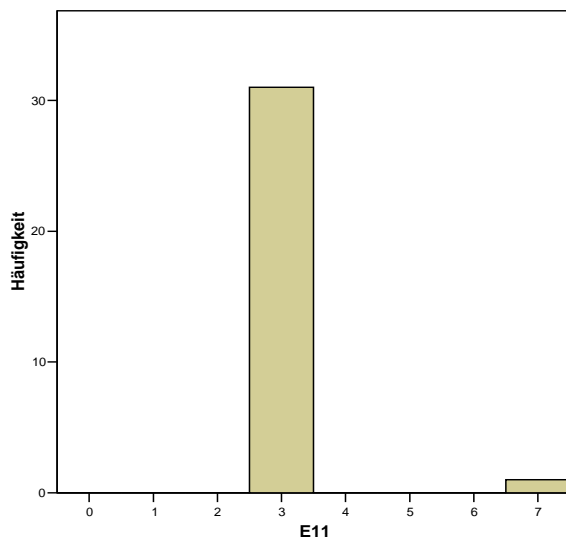
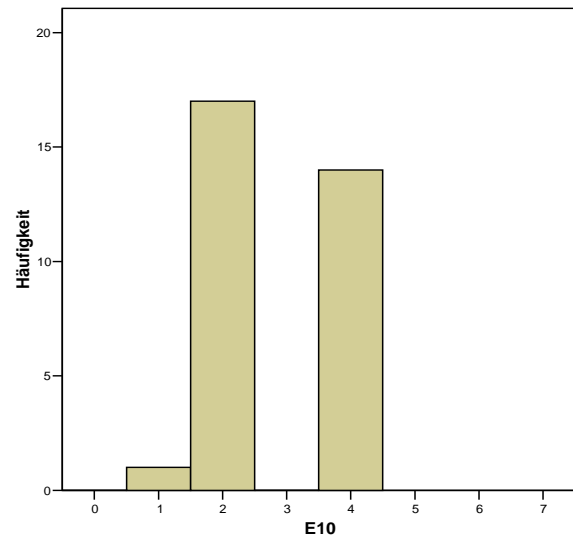
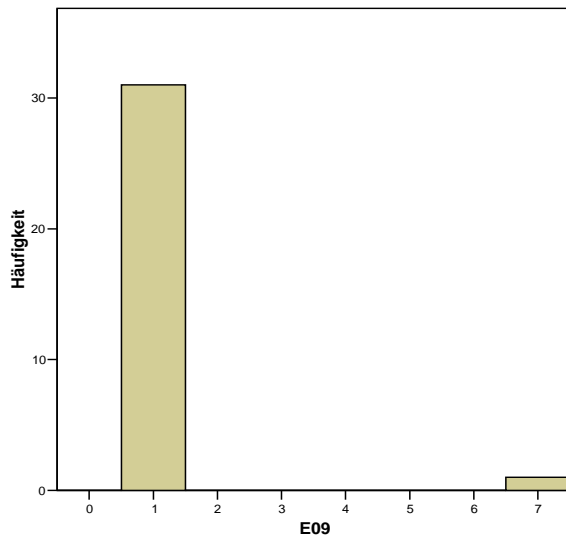
## Versuchsbedingung 1: Histogramme der Ergebnisse

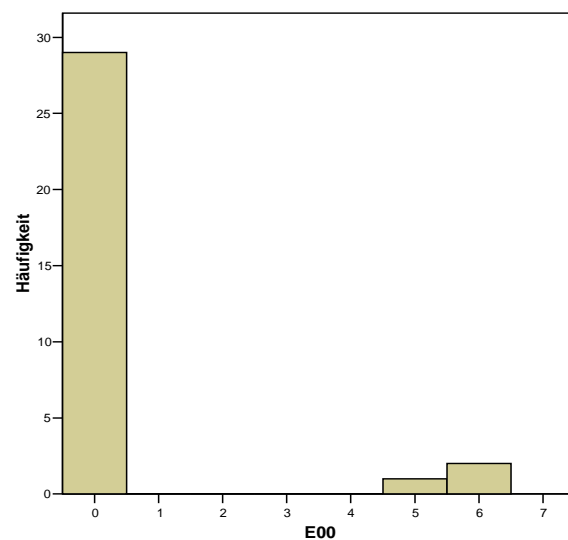
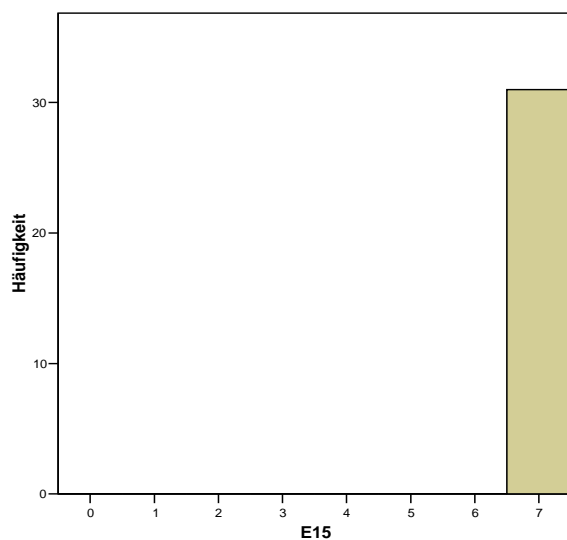
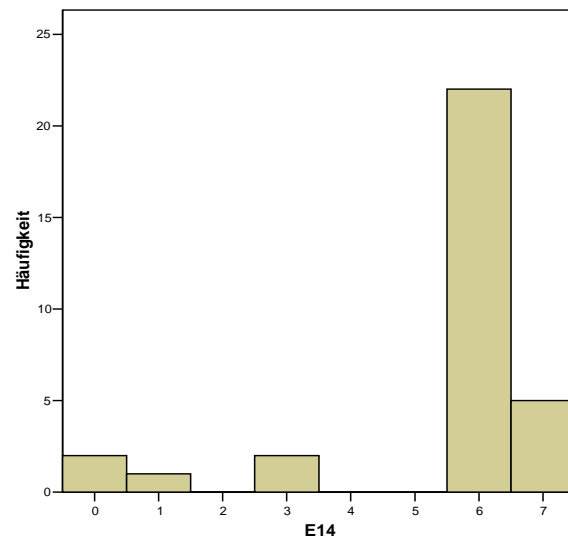
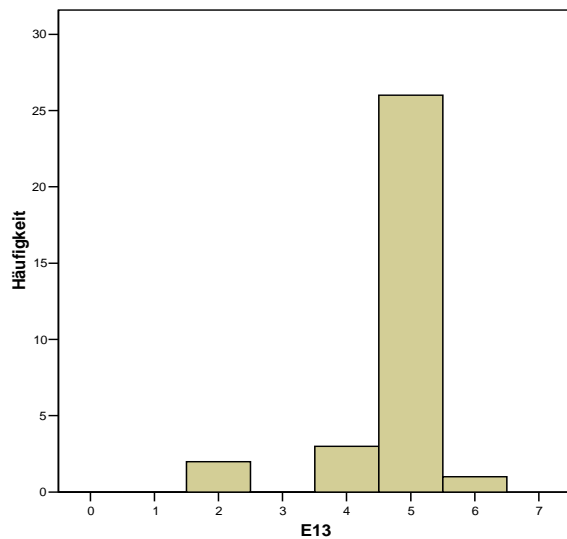




Hinweis: die Skalenbezeichnungen der Form **Ex** sind immer so zu lesen, daß (**x mod 8**) den Index für dieses Array darstellt: {neutral, langweilig, euphorisch, ängstlich, fröhlich, überrascht, wütend} (siehe auch Tabelle 6.2)

## Versuchsbedingung 2: Histogramme der Ergebnisse





Hinweis: die Skalenbezeichnungen der Form **Ex** sind immer so zu lesen, daß (**x mod 8**) den Index für dieses Array darstellt: {neutral, langweilig, euphorisch, ängstlich, fröhlich, überrascht, wütend} (siehe auch Tabelle 6.2)

### Versuchsbedingung 3: Deskriptive Statistik

	ID	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Rating für Neutralität	0	183	0	250	64,57	77,168
Rating für Langeweile	1	184	0	250	69,29	87,373
Rating für Euphorie	2	181	0	250	60,80	75,521
Rating für Angst	3	183	0	250	75,79	89,098
Rating für Freude	4	183	0	250	65,99	86,458
Rating für Überraschung	5	183	0	250	84,67	84,671
Rating für Anspannung	6	184	0	250	120,95	83,767
Rating für Wut	7	183	0	250	66,26	87,929

Tab. 6.2: Deskriptive Statistik für die Ergebnisse aus der dritten Versuchsbedingung

Bemerkung: Bei sonstige Vergleichbarkeit scheint es eine Tendenz in den Bewertungen für Anspannung nach oben zu geben, d.h. die Testpersonen haben die Gesichter im Durchschnitt als angespannter empfunden als es für andere Ausprägungen gilt. Bei der Auswertung und dem Vergleich der Ergebnisse sollte dies beachtet werden.



# Konfusionmatrizen

## Präsentierter Gesichtsausdruck

### Versuchsbedingung 1: Ein Bild, Auswahl von Emotionswörtern

	gelangweilt	euphorisch	ängstlich	fröhlich	überrascht	angespannt	wütend	neutral
gelangweilt	29						1	2
euphorisch		16		4				
ängstlich	1		31	2	4		1	
fröhlich		12		21		1		1
überrascht		2		4	27			
angespannt	1					21	1	2
wütend		1				5	29	
neutral						3		26
<b>Trefferquote</b>	<b>93,55</b>	<b>51,61</b>	<b>100,00</b>	<b>67,74</b>	<b>87,10</b>	<b>67,74</b>	<b>93,55</b>	<b>83,87</b>

### Versuchsbedingung 2: Eine Emotionswort, Auswahl von Bildern

	gelangweilt	euphorisch	ängstlich	fröhlich	überrascht	angespannt	wütend	neutral
gelangweilt	31						1	
euphorisch		17		13	2			
ängstlich			31				2	
fröhlich		14		18	3			
überrascht					26			
angespannt						22		2
wütend						4	31	
neutral						2		29
<b>Trefferquote</b>	<b>100,00</b>	<b>54,84</b>	<b>100,00</b>	<b>58,06</b>	<b>83,87</b>	<b>70,97</b>	<b>100,00</b>	<b>93,55</b>

### Versuchsbedingung 3: Bewertung einer jeden Emotion über alle Dimensionen gleichzeitig (Max.: 250)

	neutral	gelangweilt	euphorisch	ängstlich	fröhlich	ueberrascht	angespannt	wütend	
neutral	<b>208,3</b>	117,1	20,7	49,1	42,8	24,0	116,8	41,1	Mittelwert
	54,9	80,5	43,7	61,8	57,2	42,5	77,2	63,6	Standardabweichung
gelangweilt	49,7	<b>229,5</b>	3,5	35,1	22,2	11,4	24,2	10,6	Mittelwert
	55,8	54,0	10,3	53,8	41,4	25,2	46,5	21,3	Standardabweichung
euphorisch	37,5	14,7	<b>170,0</b>	18,8	187,7	120,2	70,0	43,9	Mittelwert
	45,4	34,5	33,0	35,8	60,8	71,4	76,2	68,0	Standardabweichung
ängstlich	27,1	29,3	25,2	<b>233,0</b>	14,3	105,7	166,2	21,3	Mittelwert
	33,9	49,5	36,0	40,6	35,0	68,8	59,6	39,2	Standardabweichung
überrascht	44,2	33,4	131,3	53,9	<b>192,2</b>	125,7	84,9	15,7	Mittelwert
	59,9	58,4	81,1	68,1	56,6	82,4	82,1	44,5	Standardabweichung
fröhlich	36,7	31,6	65,4	151,9	39,3	<b>197,3</b>	135,1	47,4	Mittelwert
	40,4	47,6	60,4	65,4	49,5	50,6	67,6	59,3	Standardabweichung
angespannt	96,0	71,3	26,5	27,2	23,6	23,2	<b>196,4</b>	126,1	Mittelwert
	70,2	66,2	51,4	45,1	44,1	38,8	41,1	69,6	Standardabweichung
wütend	17,6	27,4	46,7	37,3	6,2	69,5	174,1	<b>224,5</b>	Mittelwert
	33,3	41,8	62,7	53,1	21,9	75,6	52,4	58,8	Standardabweichung

# Copyright

## Quellcode

Die Emotionsvisualisierung,, der Online-Test zum Validieren der Comicgesichter und die Win32 Variante des OpenGL Gesichts wurden im

Fraunhofer-Institut Graphische Datenverarbeitung  
Institutsteil Rostock  
AR2: Human Centered Interaction Technologies  
Joachim-Jungius-Straße 11  
18059 Rostock

von Christian Graf entwickelt. Dabei wurde für die Erstellung der Vorlagen für die emotionalen Ausdrücke auf das Gesichtsmodell von Keith Waters zurückgegriffen (Waters & Parke 1996) und das „sr“-Applet (www5) im Versuch benutzt. Alle damit oder auch sonst entwickelten Lösungen innerhalb des Praktikums sind geistiges Eigentum des Autors und in ihrer Gesamtheit dem IGD zur weiteren uneingeschränkten und kostenlosen Verwertung überlassen.

## Grafikdateien

Die folgenden Grafikdateien wurden von Sebastian Anger und Christian Graf am Fraunhofer IGD Rostock erzeugt:

aengstlich.png	neutral.png
aengstlich2.png	traurig.png
angespannt.png	ueberrascht.png
euphorisch.png	ueberrascht2.png
euphorisch2.png	vorlage.png
froehlich.png	vorsicht.png
gelangeweilt.png	wuetend.png
hilflosigkeit.png	wuetend2.png

## Literaturnachweis

- Borchert, M. (2005) *Untersuchung zur Erkennung von Emotionen in der Mensch-Maschine-Interaktion auf Basis gesprochener Sprache*. Hochschule Wismar, Fachhochschule für Technik, Wirtschaft und Gestaltung, Fachbereich Elektrotechnik und Informatik. Diplomarbeit Januar 2005.
- Busso, C., Zhigang Deng, Serdar Yildirim, Murtaza Bulut, Chul Min Lee, Abe Kazemzadeh, Sungbok Lee, Ulrich Neumann, and Shrikanth Narayanan (2004). *Analysis of Emotion Recognition using Facial Expressions, Speech and Multimodal Information*. Proceedings of the The Sixth International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI'04): 205-211. State College, Pennsylvania, USA, October 2004.
- Chernoff H. (1973). *The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically*. In: Journal of American Statistic Association, Vol. 68 (1973) 331-368
- Cornelius, R.R. (2000). THEORETICAL APPROACHES TO EMOTION. ISCA Workshop on Speech and Emotion: A conceptual framework for research. Belfast, Northern Ireland 2000. (available from <http://www.qub.ac.uk/en/isca/proceedings/pdfs/cornelius.pdf>)
- Costa, P. T., Jr. & McCrae, R. R. (1985). *NEO: Five-Factor Personality Inventory*. Talahasee, FL: Psychological Assessment Resources.
- De Silva, L.C. T. Miyasato, and R. Nakatsu (1997). *Facial Emotion Recognition Using Multimodal Information*. In Proc. IEEE Int. Conf. on Information, Communications and Signal Processing (ICICS'97), Singapore, pp. 397-401, Sept. 1997.
- De Silva, L.C. and Pei Chi Ng (2000). *Bimodal Emotion Recognition*. Fourth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, March 26 - 30, 2000. Grenoble, France.
- Dietz, R. B. & Lang, A. (1999). *Effective agents: Effects of agent affect on arousal, attention, liking and learning*. In: Proceedings of International Cognitive '99. San Francisco, CA, USA.
- Ekman, P., Friesen, W. V. (1973). *Facial Action Coding System: A Technique for Measurement of Facial Movement*. Consulting Psychologists Press Palo Alto, California, USA.
- Ekman, P. (1994). *Strong evidence for universals in facial expressions: A reply to Russel's mistaken critique*. Psychological Bulletin, 115 (2).
- Ekman, P. (1997). *Should we call it expression or communication?* In: Innovations in Social Science Research, Vol. 10, No. 4 : 333-344.
- Ekman, P. (1999). *Facial Expressions*, in T.Dalgleish and M.Power (eds) Handbook of Cognition and Emotion.(Sussex, UK), John Wiley & Sons Ltd: 301-320, 1999.
- El Kaliouby, Rana and Robinson, Peter (2004). *Real-Time Inference of Complex Mental States from Facial Expressions and Head Gestures*. Proceedings of the 2004 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW'04)

- Erol, F. & Ugur Gdkbay (2001). *An Interactive Facial Animation System*. The Ninth International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Interactive Digital Media'2001, (WSCG'2001), Poster Proceedings, pp. P5-P8, February 7-10, 2001 Plzen - Bory, Czech Republic
- Fei, K. (2001). *Expressive textures*. In: Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics, virtual reality and visualisation, pages 137–141. ACM Press, 2001.
- Goldstein, E. Br. (2002). *Wahrnehmungspsychologie*. Hrsg. von Manfred Ritter. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Gratch (2000). *Emile: Marshalling Passions in Training and Education*. In Proceedings of the 4th International Conference on Autonomous Agents: 325 – 332. Barcelona, Spain, June 2000.
- Gratch, J., Jeff Rickel, Elisabeth Andr, Justine Cassell, Eric Petajan, and Norman Badler (2002). *Creating interactive virtual humans: Some assembly required*. IEEE Intelligent Systems, 17(4):54–63, 2002.
- Hartmann, K. (2004a). *Interaktives Drama: Formale Modelle fr Persnlichkeiten und Emotionen*. AG Computergraphik und interaktive Systeme, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Vorlesungsfolien 10. November 2004
- Hartmann, K. (2004b) *Interaktives Drama: Emotionale Aktionsauswahl*. AG Computergraphik und interaktive Systeme, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Vorlesungsfolien 10. November 2004
- Herbon A., Peter C., Markert L., van der Meer E., Voskamp J. (2005). *Emotion Studies in HCI - a New Approach*. Proceedings of the HCI International Conference, Las Vegas.
- Herbort, O. (2004a). *EmoTetris Benutzerhandbuch*, Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung Rostock, September 2004
- Herbort, O. (2004b). *Emotionsinduktion und automatische Emotionsklassifikation anhand physiologischer Daten bei Benutzern eines Computerspiels*. Fraunhofer Institut Graphische Datenverarbeitung Rostock. Praktikumsbericht + Vortrag Oktober 2004.
- John, O. P. (1990). *The „Big Five“ factor taxonomy: Dimensions of personality in the natural language and in questionnaires*. In L. A. Pervin (Ed.): Handbook of personality. Theory and research (pp. 66-100). New York: The Guilford Press.
- Ortony, A., Gerald L. Clore, and Allan Collins (1988). *The Cognitive Structure of Emotions*. Cambridge University Press, 1988.
- Oziem, D., Lisa Gralewski, Neill Campbell, Colin Dalton, David Gibson, and Barry Thomas (2004). *Synthesising Facial Emotions*. Proceedings of the Theory and Practice of Computer Graphics 2004 (TPCG '04).
- Peter, Chr. & Herbon, A. (submitted 2005). *On Defining the Structure of Emotions for Use in Human-Computer Interaction*. Submitted to Interacting with Computers.
- Picard, R.W. (1997). *Affective Computing*. Cambridge, MA: The MIT Press, 1997.
- Picard, R.W. (2000). *Synthetic Emotion*. Vision Januar/Februar 2000. IEEE, 2000.

- Picard, R.W., Elias Vyzas, and Jennifer Healey (2001). *Toward Machine Emotional Intelligence: Analysis of Affective Physiological State*. IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, VOL. 23, NO. 10, OCTOBER 2001
- Piesk, J., G. Trogemann (1997). *Dialogfähige 3D-Charaktere in emotionsbasierten Lernumgebungen*. GI-Workshop Agenten, Assistenten, Avatars, Darmstadt, 28. - 29. Oktober 1997
- Preim, B. (2003). *Visualisierung*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, Institut für Simulation und Grafik. Vorlesung SS 2003.
- Reeves, B., Nass, C. (1998). *The Media Equation: How people treat computers, television and new media like real people and places*. CSLI Publications.
- Russell, J.A. (1980). *A Circumplex Model of Affect*, Journal of Personality and Social Psychology, Vol.39, No.6, 1161-1178, American Psychological Association, Inc.
- Scherer, K.R. (2000). *Emotion effects on voice and speech - Paradigms and approaches to evaluation*. ISCA Workshop on Speech and Emotion. Belfast, Northern Ireland 2000. (available from <http://www.qub.ac.uk/en/isca/proceedings/pdfs/scherer.pdf>)
- Scherer, K.R. (2001). *Emotion*. In: Hewstone, M., & Strobe, W. (Eds.). Introduction to Social Psychology: A European Perspective (3rd ed.). London: Blackwell.
- Scherer, Thomas M. (2000). *Stimme, Emotion und Psyche : Untersuchungen zur emotionalen Qualität der menschlichen Stimme*. Fachbereich Psychologie, Philipps-Universität Marburg. Dissertation November 2000 (<http://archiv.ub.uni-marburg.de/diss/z2000/0413/>).
- Schloßberg, H. (1954). *Three dimensions of emotion*, Psychological Review, 61 (2): 81-88.
- Schumann, H. & W. Müller (2000). *Visualisierung: Grundlagen und allgemeine Methoden*. Springer Verlag, Heidelberg 2000.
- Schuster, G. (2004). *Persönlichkeitsgesteuerte Charaktere in Interaktiven Welten*. Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Informatik, Institut für Simulation und Grafik. Diplomarbeit September 2004.
- Terzopoulos, D. & K. Waters (1990). *A physical model of facial tissue and muscle articulation*. In: Proceedings of the First Conference on Visualization in Biomedical Computing: 77-82. Mai 1990.
- Terzopoulos, D. & K. Waters (1991). *Techniques for realistic facial modeling and animation*. Seiten 59–74. 1991.
- Venables, L. Jennifer Allanson, and Stephen Fairclough. *The Efficacy of Psychophysiology for Realising Affective Computing*. Late Breaking Results Poster. CHI 2004, April 24–29, 2004, Vienna, Austria.
- Waters, K. & Parke, F. (1987). *A muscle model for animating 3-dimensional facial expression*. SIGGRAPH 87 Conference Proceedings, Computer Graphics, 21 (4), 17-24.
- Waters, K. (1992). *A physical model of facial tissue and muscle articulation derived from computer tomography data*. In: SPIE Vol. 1808 Visualization on Medical Computing, S. 674-582.

Waters, K. & Parke, F. (1996). *Computer Facial Animation*. AK Peters, Ltd.

Zeng, Z., Jilin Tu, Ming Liu, Tong Zhang, Nicholas Rizzolo, Zhenqiu Zhang, Thomas S. Huang, Dan Roth and Stephen Levinson (2004). *Bimodal HCI-related Affect Recognition*. ICMI'04, October 13–15, 2004, State College, Pennsylvania, USA.

www0 Code Samples to Waters & Parke 1996:

<http://www.crl.hpl.hp.com/publications/books/waters/Appendix1/appendix1.html>

www1 WEKA 3 - Data Mining Software in Java (<http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>)

www2 Lißmann, I. (2004). *Intraindividuelle Veränderungen von Extraversion und Neurotizismus im hohen Alter*. Dissertation Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie, Freie Universität Berlin. (<http://www.diss.fu-berlin.de/2004/117/index.html>)

www3 Computerspiel „The Journey to Wild Devine“ (<http://www.wilddivine.com/>)

www4 Cambridge Research Laboratory - Computre Facial Animation: Appendix 1  
(<http://www.crl.hpl.hp.com/publications/books/waters/Appendix1/appendix1.html>)

www5 Java-Applet sr.class (Schieberegler), TU Dresden, Psychologie des Lehrens und Lernens  
(<http://linus.psych.tu-dresden.de/Stupla/sr/index.html>)