



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Masterarbeit

Larissa Müller

Emotionale Modellierung in Mensch-Maschine-Interaktionen

*Fakultät Technik und Informatik
Studiendepartment Informatik*

*Faculty of Engineering and Computer Science
Department of Computer Science*

Larissa Müller

Emotionale Modellierung in Mensch-Maschine-Interaktionen

Masterarbeit eingereicht im Rahmen der Masterprüfung

im Studiengang Master of Science Informatik
am Department Informatik
der Fakultät Technik und Informatik
der Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Betreuender Prüfer: Prof. Dr. Kai von Luck
Zweitgutachter: Prof. Dr. Gunter Klemke

Eingereicht am: 15. März 2013

Larissa Müller

Thema der Arbeit

Emotionale Modellierung in Mensch-Maschine-Interaktionen

Stichworte

Companion Technologies, Emotional Dialogue, Affective Computing, Emotionale Modellierung, Mensch-Maschinen-Interaktion, Emotionen

Kurzzusammenfassung

Der Inhalt der Arbeit befasst sich mit der Modellierung von Mensch-Maschine-Interaktionen. Es werden zunächst vergleichbare Arbeiten vorgestellt und die Grundlagen für die betreffenden Forschungsfelder eingeführt. Im nächsten Schritt werden die für die Modellierung notwendigen Experimente vorgestellt und auf die Architektur eines solchen Systems eingegangen. Anhand des Projektes „Emotional Dialogue“ wird ein ganzheitlicher Ansatz diskutiert und evaluiert. Im Anschluss wird eine Erweiterung der vorhandenen Modelle konzeptioniert und vorgeschlagen. Am Ende stehen eine Zusammenfassung und ein Ausblick.

Larissa Müller

Title of the paper

Emotional Modelling in human computer interactions

Keywords

Companion Technologies, Emotional Dialogue, Affective Computing, Emotional Modelling, Human Computer Interaction, Emotions

Abstract

This thesis is about emotional modelling in human computer interaction. It starts with an overview about related elaborations, an introduction to the related research fields and selected experiments are presented. The underlying architecture is described and one complete project is shown in detail and evaluated. In the following the results are used to develop an extended architecture which includes the use of emotional models. The thesis ends with a subsumption and future prospects are pointed out.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Vergleichbare Arbeiten	3
2.1	Affective Computing	3
2.1.1	Ziele der Affective Computing Research Group	4
2.1.2	Ausgewählte Ergebnisse der Affective Computing Research Group	4
2.2	Smart Environment	6
2.2.1	Ambient Assisted Living - Beispiel Fraunhofer Institut	6
2.2.2	Gewonnene Erkenntnisse	8
2.3	Companion Technologies	9
2.3.1	Sonderforschungsbereich SFB Transregio 62	9
2.3.2	Companions Project	10
2.3.3	Aussehen und Struktur eines Companion	12
2.3.4	Kismet	12
2.3.5	Mensch-Maschinen-Interaktion in der Spielebranche	13
2.3.6	Von der Ähnlichkeit zu Tieren zu der des Menschen	16
2.3.7	Christian Becker-Asano	16
2.3.8	Vom Avatar zum Androiden	18
2.3.9	Intelligent Robotics Laboratory	18
2.3.10	Abgrenzung und Fazit	19
3	Experimente in Richtung emotionaler Modellierung	21
3.1	Erklärung der Architektur	21
3.2	Technische Realisierung der Architektur	23
3.3	Erste Experimente	24
3.3.1	SHORE Softwarebibliothek	24
3.3.2	Kombination Kinect und SHORE	24
3.3.3	Kombination SHORE und die Darstellung von Emotionen durch Licht	26
3.4	Aufbau eines Rahmens für Experimente im Bereich „Emotional Dialogue“	27
3.4.1	Emotion Lab	27
3.4.2	Kurs Emotion Lab	28
3.4.3	Entwicklungszyklen	29
3.5	Fazit	30
4	Lomelia: Ganzheitlicher Ansatz für eine neuartige Mensch-Maschinen-Interaktion	33
4.1	Begriffsdefinitionen	33

4.2	Ansätze aus den vergleichbaren Arbeiten	33
4.3	Ansatz dieser Arbeit	34
4.4	Emotional Dialogue - Lomelia	34
4.5	Systembeschreibung	35
4.6	Designkonzept	36
4.7	Lomelia ausgestellt bei der DMY	37
4.7.1	Urban Stories - Estoban	37
4.7.2	Come Closer - Mocoleme	37
4.7.3	Emotional Dialogue - Lomelia	38
4.8	Informelle Evaluation	40
4.9	Fazit	40
5	Emotionsmodelle	42
5.1	Emotionsformen des Dialoges	43
5.1.1	Emotionen des Anwenders	43
5.1.2	Emotionen des Systems	44
5.1.3	Kombination der Emotionen des Anwenders mit denen des Systems	44
5.1.4	Fazit	44
5.2	Erweiterung der Architektur	44
5.2.1	Ansatz multimodales System	45
5.2.2	Grundlagen über die Bildung einer Hypothese	47
5.2.3	Anforderungen an die Wahl eines Emotionsmodells	47
5.2.4	Erweiterung der Architektur um Emotionsmodelle	48
5.2.5	Erweiterung für die gegebenen Anforderungen	49
5.3	Darstellung von Emotionen	52
5.3.1	Diskreter Ansatz - Basisemotionen	53
5.3.2	Vergleich des statischen gegen den kontinuierlichen Ansatz	56
5.3.3	Kontinuierlicher Ansatz - Verwendung von Dimensionen	56
5.3.4	Beispiel einer Umsetzung	57
5.4	Zusammenfassung	59
6	Zusammenfassung und Ausblick	61
6.1	Zusammenfassung der Arbeit	61
6.2	Ausblick	61
	Anhang	63
	Literaturverzeichnis	67

Abbildungsverzeichnis

2.1	Grenzen der Mimik zur Erkennung von Emotionen [26]	5
2.2	ABRA System [62]	7
2.3	Tamagotchi [42]	11
2.4	Kismet [8]	13
2.5	Der Dinosaurierroboter Pleo [76]	14
2.6	Der Staubsaugerroboter Roomba [35]	14
2.7	Die Robbe Paro [10]	15
2.8	Interaktives Spielzeug Barney von Microsoft [27]	16
2.9	Max, entwickelt an der Universität Bielefeld [34]	17
2.10	An Android: Geminoid HI-1 [33]	19
3.1	Aufbau eines multimodalen Systems zur Emotionserkennung	22
3.2	Architektur eines multimodalen Systems zur Emotionserkennung	23
3.3	Technische Umsetzung	24
3.4	Bild der SHORE Library [44]	25
3.5	Experimente mit der Kinect Kamera von Microsoft	26
3.6	Jahresausstellung in der Armgartstraße	27
3.7	Grundriss des Labors [3]	28
3.8	Lifelong Kindergarten [67]	29
3.9	Ablaufplan innerhalb der Kurse [3]	30
3.10	Nacht des Wissens an der HAW Hamburg	31
3.11	Plakat des Projektes Emotional Dialogue	32
4.1	Systembeschreibung	35
4.2	Oberflächencollage zur Formfindung	36
4.3	Das Objekt Mocoleme während der DMY	38
4.4	Das Objekt Lomelia während der DMY	39
5.1	Grobarchitektur von SmartKom (Quelle: [14])	45
5.2	Prozess der Bildung einer Hypothese	48
5.3	Erweiterung der Architektur um die Modellierung von systemeigenen Emotionen und eine Planing Unit	50
5.4	Abbildungsprozess innerhalb der erweiterten Architektur	51
5.5	PAD-Raum (Pleasure-Arousal-Dominance) [6]	57
5.6	Emotion Module [6]	58
5.7	Abbildung der Emotionen [6]	59

Abbildungsverzeichnis

5.8	PAD-Raum (2) [6]	59
5.9	Wasabi [6]	60
.1	Artikel des Fraunhofer Instituts Teil I [78]	64
.2	Artikel des Fraunhofer Instituts Teil II [78]	65
.3	Auszug aus einem Artikel der HAW Hamburg [73]	66

1 Einleitung

Die Verbesserung der Interaktion von Mensch und Maschinen hat in der Informatik eine lange Tradition. Bereits in den 70er Jahren wurden im Xerox PARC (Palo Alto Research Center) viele Ideen zu dieser Thematik entwickelt, die einen großen Einfluss auf die Informatik hatten. 1991 entstand hier der unter anderem von Mark Weiser geprägte Begriff Ubiquitous Computing, welcher die zukünftige Allgegenwärtigkeit von Computern beschreibt. Diese Theorie besagt, dass Computer bald nicht mehr als solche wahrgenommen werden, sondern allein ihre Funktionen im Vordergrund stehen. [60, 72]

Um diese Wahrnehmung auf die reine Funktionalität reduzieren zu können, muss eine für den Menschen natürliche Interaktion ermöglicht werden. Ein Bestandteil dieses Ansatzes ist die Verwendung von User-Modellen. Diese Modelle ermöglichen es, eine brauchbare Hypothese über die agierende Person bzw. den Benutzer zu liefern. Bei natürlicher Interaktion spielen Emotionen als wichtiger Teil der zwischenmenschlichen Kommunikation eine entscheidende Rolle und müssen daher innerhalb dieser Modelle berücksichtigt werden. Erste Faktoren, aus denen solche Modelle gespeist werden können, kamen aus dem SmartKom Projekt, in dem eine multimodale Architektur, die Emotionen berücksichtigt, entwickelt wurde (siehe Kapitel 5.2.1). [82, 14] Weitere Forschungen wurden von Yorick Wilks durchgeführt (siehe Kapitel 2.3). Wilks postuliert, dass das Thema Computer und Emotionen in den letzten Jahren von einem einstigen Tabuthema zu einem zentralen Punkt in der Forschung geworden ist. [85] Die umfangreichen aktuellen Arbeiten von Heiko Neumann und anderen im Sonderforschungsbereich „Companion Technology“ [74] stützen diese These (siehe Kapitel 2.3).

User-Modelle haben aber nicht nur eine lange Tradition im Bereich Human Computer Interaction (HCI) und in der Künstlichen Intelligenz (KI). Auch im Cognitive Science (CS) sind User-Modelle schon lange bekannt und zusätzlich Teil der aktuellen Forschung.

Auch außerhalb der Forschung gewinnt die Einbeziehung von Emotionen in die Mensch-Maschinen-Interaktion an Bedeutung, wie eine aktuelle Ausschreibung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) beweist. Die am 13.12.2012 erlassenen Richtlinien beschäftigen sich mit der Förderung der Forschung und Entwicklung von innovativen Schnittstellen zwischen Mensch und Technik, wobei der Begriff Schnittstelle inzwischen vielfältigste

Formen der Interaktion impliziert. Die inzwischen alltägliche Nutzung von technischen Geräten soll dadurch verbessert werden, dass die Systeme sich verstärkt an die individuelle Situation des jeweiligen Nutzers anpassen und dem Menschen hierdurch einen intuitiveren Zugang zur Technik ermöglichen. Die Realisierung soll also weit über den Bereich traditioneller Ein-/Ausgabe-Geräte hinausgehen, um die Voraussetzung für eine menschenähnliche und somit natürliche Kommunikation, die multimodal verschiedene Sinne ansprechen kann, zu schaffen. [31]

Diese Masterarbeit konzentriert sich auf Mensch-Maschinen-Interaktionen auf Basis von Emotionen. In einer langjährigen Kooperation an der HAW Hamburg zwischen den Departments Informatik und Design sind hierbei Konzepte entstanden, aus denen weiterführende Studien und Experimente hervorgingen. In diesen Experimenten wurde durch die Erkennung und Kommunikation von Emotionen die menschliche Interaktion mit Maschinen getestet. Die Ergebnisse zeigen ein stark erhöhtes Interesse der Menschen an der Interaktion mit technischen Objekten, die in der Lage sind, Emotionen zu interpretieren und zu simulieren. Hierfür wurden die Objekte mit verschiedenen Sensoren ausgestattet, die es ihnen ermöglichen, menschliche Emotionen zu erfassen. Eine zu diesem Zweck entwickelte Software-Architektur wertet die gewonnenen Informationen aus und steuert das Verhalten eines Design-Objekts, das wiederum Emotionen im Betrachter auslöst. Durch diese Rückkopplung entsteht die eigentliche Kommunikation zwischen Mensch und Maschine. In dieser Arbeit werden die wesentlichen Ergebnisse dieser Studien vorgestellt und ausgewertet. Außerdem wird von den konkreten Experimenten abstrahiert, um eine allgemeine Architekturweiterung zur Nutzung austauschbarer emotionaler Modelle vorzustellen.

Hierzu werden im Kapitel 2 vergleichbare Arbeiten vorgestellt. Im Anschluss werden im Kapitel 3 die Ergebnisse aus den Studien, die anhand dieser Arbeiten entworfen wurden, sowie die diesen Experimenten zugrunde liegende Architektur beschrieben. Im Kapitel 4 wird ein ganzheitlicher Ansatz für eine neuartige Mensch-Maschinen-Interaktion evaluiert. Als letzte Abstraktionsebene werden im Kapitel 5 eine Architekturweiterung zur Nutzung austauschbarer emotionaler Modelle vorgestellt und zwei ausgewählte Emotionsmodelle präsentiert.

2 Vergleichbare Arbeiten

In diesem Kapitel werden die für dieses Thema relevanten vergleichbaren Arbeiten vorgestellt. Zu Beginn werden ausgewählte Forschungsergebnisse aus dem Bereich Affective Computing beschrieben, da dort einige Grundlagen entwickelt wurden, die im Bereich Companion Technologies Anwendung finden. Danach werden Erkenntnisse aus dem Smart Environment anhand eines Beispiels im Ambient Assisted Living vorgestellt, denn auch dort findet die Erkennung und Nutzung von Emotionen Verwendung. Am Ende des Kapitels wird der Bereich Companion Technologies vorgestellt. Nach der Beschreibung der vergleichbaren Arbeiten wird eine Abgrenzung vorgenommen oder der Einfluss auf die hier vorgestellte Arbeit beschrieben.

2.1 Affective Computing

Die Forschung im Bereich Affective Computing wurde geprägt von Rosalind Picard mit ihrer Veröffentlichung aus dem Jahr 1997. Im folgenden Abschnitt wird die unter ihrer Leitung stehende Affective Computing Research Group vorgestellt. Einige Erkenntnisse dieser Forschung bilden die Grundlage für die hier vorgestellten vergleichbaren Arbeiten. Viele Erkenntnisse ihrer Forschung ziehen sich durch die in diesem Kapitel beschriebenen Projekte. Die in der Gruppe erarbeiteten Ergebnisse können u. a. autistisch veranlagten Personen helfen. Dies zeigt die Wichtigkeit der Forschung und ihre Auswirkungen sogar in medizinischen Bereichen. [2] [64]

Folgendes Zitat beschreibt, was Rosalind Picard unter Affective Computing versteht. In ihrem Buch aus dem Jahre 1997 gibt sie folgende Definition für Affective Computing:

„[...]computing that relates to, arises from, or deliberately influences emotions. This is different from presenting a theory of emotions; the latter usually focuses on what human emotions are, how and when they are produced, and what they accomplish. Affective Computing includes implementing emotions, and therefore can aid the development and testing of new and old emotion theories. However, affective Computing also includes many other things, such as giving a computer the ability to recognize and express emotions, developing its ability to respond intelligently to human emotion, and enabling it to regulate and utilize its emotions.“ [64]

Picard merkt u. a. an, dass Affective Computing einen Einfluss auf Emotionen hat. Es umfasst die Implementation von Emotionen und kann dazu benutzt werden, alte Emotionsmodelle zu testen und neue zu entwickeln. Außerdem kann es dazu verwendet werden, Emotionen zu erkennen und auszudrücken, um intelligent auf die Emotionen des Anwenders zu reagieren.

2.1.1 Ziele der Affective Computing Research Group

Die Ideen und Forschungen von Rosalind Picard haben den Bereich Affective Computing in der Informatik etabliert. Sie ist die Gründerin der Affective Computing Research Group [2] am Massachusetts Institute of Technology [52]. Im Folgenden werden für diese Arbeit relevante, ausgewählte Forschungsergebnisse dieser Gruppe vorgestellt.

Die Forschungen der Research Group sind quer durch den Bereich Affective Computing gestreut. Sie verfolgen u. a. Ziele wie die Entwicklung neuer Techniken zur Messung von Frustration, Stress und Stimmungen. Zusätzlich wird an dem Ausdruck von emotional-kognitiven Zuständen gearbeitet. [2] Anwendung finden diese Entwicklungen wie bereits zuvor erwähnt in der Unterstützung von autistisch veranlagten Menschen. Personen mit dieser Krankheit soll durch die ihnen zur Verfügung gestellten Hilfen die Möglichkeit gegeben werden, ihre eigenen Emotionen und die anderer Personen besser zu deuten. Ein weiterer wesentlicher Kern ist auch das Verständnis der Gruppe für die ethische Relevanz des Themas, denn zusätzlich spielen ethische Grundsätze in ihren Arbeiten eine wichtige Rolle. Laut ihren Veröffentlichungen soll ein Mensch selbst entscheiden können, wem er seine Emotionen anvertraut, um eine selektive Kommunikation zu ermöglichen. [19, 65] Umgesetzt werden kann dies durch einen weiteren Schwerpunkt der Forschung: die Entwicklung neuartiger, tragbarer Sensoren und Algorithmen im maschinellen Lernen, welche das Zusammenwirken von multimodalen Eingängen analysieren. [19, 65, 2]

2.1.2 Ausgewählte Ergebnisse der Affective Computing Research Group

Ein weiterer Kernbereich der Forschung liegt in der natürlichen Interaktion und Konversation, sowie der Reaktion auf Frustration, um negative Emotionen zu reduzieren. Die Arbeit „When Human Coders (and Machines) Disagree on the Meaning of Facial Affect in Spontaneous Videos“ [26] beschäftigt sich mit diesem Thema. Diese Ausarbeitung zeigt, dass die Mimik des Menschen nicht immer einen eindeutigen Rückschluss auf die Emotionen einer Person erlaubt. Die Grafiken 2.1a und 2.1b zeigen, dass die Erkennung von Gesichtsausdrücken für die Kategorisierung einer Emotion nicht ausreicht. In Abbildung 2.1a wird der Mann als angewidert erkannt, in Abbildung 2.1b hingegen als wütend. Beide Bilder beinhalten jedoch



(a) Bild lässt Wut erkennen

(b) Bild lässt Ekel erkennen

Abbildung 2.1: Grenzen der Mimik zur Erkennung von Emotionen [26]

denselben Gesichtsausdruck. Erst durch die Hinzunahme der Körpersprache kann die Emotion eindeutig erkannt werden. Diese Erkenntnisse waren ausschlaggebend für die in dieser Arbeit beschriebenen feasibility studies in Kapitel 3.3.2.

Eine weitere für diese Arbeit wichtige Veröffentlichung der Gruppe trägt den Namen: „Acted vs. natural frustration and delight: Many people smile in natural frustration“. [17] Hier wird die in Kapitel 3.3.1 beschriebene Softwarebibliothek SHORE vom Fraunhofer Institute for Integrated Circuits auf ihre Schwachstellen hin untersucht. In dieser Arbeit wird gezeigt, dass Menschen in einem Zustand einer natürlichen Frustration mit einer Wahrscheinlichkeit von 90 Prozent lächeln. Bei einer gespielten Frustration hingegen lächeln sie nicht. Auch an dieser Stelle wird deutlich, dass eine reine Gesichtserkennung für die Erkennung von Emotionen nicht ausreicht. Die Körpersprache ist hier keine mögliche Lösung, denn bei einem Lächeln wird nicht zwangsläufig eine Gestik eingesetzt. In der Arbeit wird stattdessen die Nutzung einer Sprachanalyse genutzt, um das Problem zu lösen. Die Ergebnisse werden jedoch in der Veröffentlichung „Acted vs. natural frustration and delight: Many people smile in natural frustration“ nicht vorgestellt. [17]

Die Problematik von gespielten und natürlichen Emotionen ist ein der Autorin bekanntes Problem, denn auch bei allen im Rahmen dieser Arbeit verwendeten Datenbanken mit Video und Bildsequenzen handelt es sich um gespielte Emotionen. Für die hier vorgestellte Arbeit ist dies aber nicht relevant, da der Unterschied zwischen normaler und gespielter Emotion vernachlässigt werden kann. In dieser Untersuchung hatte es, wie in Kapitel 4 beschrieben wird, sogar einen positiven Effekt, wenn Menschen versucht haben, Emotionen nachzuahmen.

2.2 Smart Environment

Der zweite wichtige Bereich für die Arbeit mit Emotionen ist die Forschung zum Thema Smart Environment. Zusätzlich zu der Person wird hier die jeweilige Umgebung mitbetrachtet. Dieser Kontext wird in der Bildung einer These über eine Emotion herangezogen, um eine kontext-adäquate Steuerung zu ermöglichen. Im nächsten Abschnitt wird ein Beispiel beschrieben, wie ein solches System im Bereich Ambient Assisted Living (AAL) aussieht. Im AAL geht es um die Entwicklung von Technologien und Produkten zur Verbesserung der Lebensqualität älterer Menschen. [24] Ein Fokus liegt auf der Entwicklung von Assistenzsystemen, die dem Anwender eine unbemerkte Unterstützung bieten. Laut dem Schlussbericht des Fraunhofer Instituts GDB liegt angesichts der demografischen Alterung der Bevölkerung ein Hauptaugenmerk auf der Entwicklung von intelligenten Assistenzsystemen, welche Menschen, die in ihrer Bewegungsfreiheit eingeschränkt sind, helfen, ein selbstständiges Leben in ihrer gewohnten Umgebung zu führen. Die Lebensqualität soll durch den Erhalt und die Förderung der Selbstständigkeit im Alltag erreicht werden. [16]

In dem im Folgenden vorgestellten Artikel vom Fraunhofer Institut geht es ebenfalls um verbesserte Lebensbedingungen für ältere Personen. Der Bezug zu dieser Arbeit ist in der verwendeten Architektur zu finden. Beschrieben wird ein modularer Aufbau für die verbesserte Erkennung und Kommunikation von Emotionen.

2.2.1 Ambient Assisted Living - Beispiel Fraunhofer Institut

In der Arbeit von Peter et al. wird versucht, einen positiven Einfluss auf das zunehmende Auseinanderdriften einer modernen Familie zu nehmen. Vorgestellt wird hierzu das ABRA System (Affect- and Behaviour-Related Assistance for Families in the Home Environment), welches die negativen Auswirkungen dieser Tendenz minimieren soll. [62] Konkret wird eine Isolation von älteren Familienmitgliedern durch dieses System vermindert, und die damit einhergehenden negativen Auswirkungen auf das körperliche und geistige Wohlbefinden der betreffenden Person werden minimiert. Eine für diese Thematik typische Herausforderung sehen Peter et al. in dem schlechteren Zugang älterer Menschen zu neuen Technologien. [54]

Ein für diese Arbeit relevanter Aspekt ist der Versuch, einen Einfluss auf das Wohlbefinden über die Kommunikation des emotionalen Zustandes an die Angehörigen zu nehmen. Bei dem beschriebenen System handelt es sich um einen gefühls- und verhaltensbasierten Assistenten für Familien in einer häuslichen Umgebung.

Die Architektur beinhaltet die Komponenten „Sensing“, „Reasoning“ und „Assistance“ (siehe Grafik 2.2). Mögliche Sensoren sind z. B. Kameras, Mikrofone, tragbare Geräte oder ambient

Sensoren. Jeder der Sensoren schickt die Daten an eine zentrale Reasoning Komponente. Nach einer Analyse wird der ermittelte emotionale Zustand an Assistance Module übertragen. Diese berechnen dann eigenständig Annahmen über Handlungen, die auf einen entsprechenden Zustand folgen sollten. Denkbar sind hier Erinnerungen oder auch das Rufen eines Krankenhauses.

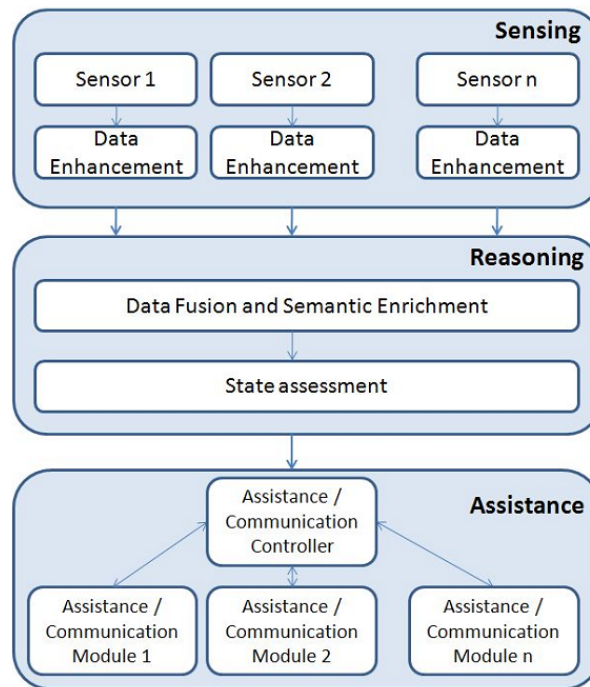


Abbildung 2.2: ABRA System [62]

Zur Erkennung des Gemütszustandes werden unterschiedliche Module verwendet. Der physische Zustand wird über einen Sensor erkannt und das System vergleicht diese Aussagen mit dem alltäglichen Verhalten der Person. Das in dieser Arbeit verwendete System zur Erkennung des emotionalen Zustandes über physiologische Daten heißt EREC (Emotion RECOgnition). [63] Zur Bestimmung der Emotionen misst es die Hauttemperatur, die Frequenz des Herzschlags und die Schweißkonzentration auf der Haut des Anwenders. Das System besteht aus einem Sensorhandschuh, einem Brustgurt und einer Datenerfassungseinheit. [41]

Die Erkennung des alltäglichen Verhaltens wird über das DiaTrace System vorgenommen. [7] Dieses System ist in der Lage, die täglichen Aktivitäten eines Nutzers darzustellen. Die Auswertung des Beschleunigungssensors in herkömmlichen Handys führt zu einem Bewegungsmonitoring und ermöglicht so Rückschlüsse auf das Bewegungsverhalten. Es ist in

der Lage, zwischen verschiedenen Bewegungsformen wie z. B. Laufen, Gehen, Autofahren, Fahrradfahren und Hüpfen zu unterscheiden. [23]

Außerdem wird in dieser Arbeit die SHORE Library (Sophisticated High-speed Object Recognition Engine) des Fraunhofer Institute for Integrated Circuits verwendet. [47] Diese detektiert auf einem Videobild in Echtzeit Details wie Bewegung, Stimmung, Alter, Geschlecht oder Anzahl der Personen vor einer Kamera. Sie wird in Kapitel 3.3.1 näher erläutert. [20, 21]

Die Auswertung dieser drei Systeme führt zu einer Hypothese des emotionalen Zustandes einer Person. Die Erkennung bedenklicher physiologischer Daten in Kombination mit einer Veränderung im täglichen Ablauf werden als besonders kritisch erachtet. Wenn bei einer Person negative Emotionen erkannt werden und sie zusätzlich das Haus nicht wie gewohnt verlässt, können nahe Verwandte alarmiert werden.

Der erkannte Gemütszustand wird der Verwandtschaft über eine Weboberfläche zur Verfügung gestellt. Bei Bedarf kann diese so versuchen, einen Einfluss zu nehmen. Den jüngeren Teilnehmern soll zusätzlich über einen „Picture Frame“ die Möglichkeit gegeben werden, Bilder auf den Fernseher (ein bekanntes Medium) ihrer Bekannten zu übertragen. So können die sogenannten neuen Medien wie z. B. Facebook eingebunden werden und Enkelkinder können ihre Großeltern ohne physikalische Anwesenheit an ihrem Leben teilhaben lassen.

2.2.2 Gewonnene Erkenntnisse

Das zuvor vorgestellte Beispiel zeigt eine konkrete Herangehensweise aus dem Bereich Ambient Assisted Living, um Emotionen einer Person zu erkennen und gegebenenfalls zu kommunizieren. Eine Kombination aus negativer Stimmung und einer Veränderung im alltäglichen Verhalten wird als Indiz für nötige Hilfe gewertet und so können Verwandte unterstützend eingreifen.

Eine weiterführende Idee nach dem Smart Environment ist die, ein User-Modelling vorzunehmen (eine Modellierung über den Anwender), was dafür sorgt, dass direkt auf den Anwender eingegangen werden kann. Dafür muss zunächst die Frage beantwortet werden, welche Annahme über die Person selbst getroffen werden kann. Die Vorlieben einer Person können dafür verwendet werden, sich an ihre Bedürfnisse anzupassen. Der im nächsten Kapitel beschriebene Bereich Companion Technologies geht näher auf diese Forschungen ein. Bei Smart Environment wird auf den proportionalen Gehalt weitestgehend verzichtet. Im Companion Bereich werden im System selbst Emotionen modelliert. So können Systeme entstehen, die ihre eigenen Emotionen haben.

2.3 Companion Technologies

Die Idee im Forschungsfeld Companion Technologies ist der Traum vom Computer als Gefährten. Der Companion soll zur rechten Hand seines Besitzers werden. Er könnte ihn zum Beispiel wie eine Art Butler unterstützen. Ein wichtiger Faktor an dieser Stelle ist aber, dass er dem Anwender nicht überdrüssig wird. Ein Verständnis über seine Gefühlszustände ist also unerlässlich. Außerdem ist es fraglich, ob sich ein Mensch auf Dauer in der Gegenwart eines Computers wohlfühlen kann oder ob nach einer Weile Gefühle des Unbehagens ausgelöst werden. Die Theorien des Uncanny Valley beschäftigen sich mit diesem Phänomen.

Ein wichtiger Faktor in zwischenmenschlichen Beziehungen ist die Kommunikation. Auch ein Companion muss in der Lage sein, mit seinem Besitzer zu kommunizieren. Die Kommunikation zwischen Menschen ist sehr komplex. Im Wesentlichen besteht sie aus zwei Ebenen. Einem proportionalen Inhaltsteil und einem emotionalen Anteil. Dem Gegenüber wird innerhalb einer Nachricht mehr übermittelt als nur eine Aufforderung. Mitgeteilt wird des Weiteren die Beziehung zum Gegenüber. [83] Neben direkten verbalen Nachrichten ist die menschliche Kommunikation mit vielen wichtigen unterschweligen Informationen gefüllt. Durch sein Verhalten, Gestik, Mimik, Tonfall, Bewegungen werden emotionale Aspekte mitgeteilt, die Aufschluss über den Übermittler sowie die Beziehung zum Kommunikationspartner geben. Der emotionale Aspekt in der Kommunikation ist von äußerster Relevanz, um eine dauerhafte Beziehung zu einem Companion zu ermöglichen. Ein Fokus der Forschungen liegt deshalb genau in diesem Bereich.

Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele vorgestellt, welche die unterschiedlichen Teilbereiche der Forschungen zu dem Thema Companion Technologies behandeln. Die Ausschreibung des BMWF mit dem Titel „Technik stellt sich auf den Menschen ein - innovative Schnittstellen zwischen Mensch und Technik“ [31] zeigt die Aktualität und das wachsende Interesse in Forschung und Wirtschaft.

2.3.1 Sonderforschungsbereich SFB Transregio 62

Im Sonderforschungsbereich SFB Transregio 62 wird an einer Companion-Technologie für kognitive technische Systeme geforscht. Die Universitäten Ulm und Magdeburg sowie das Leibniz-Institut für Neurobiologie arbeiten gemeinsam an der Vision, dass technische Systeme der Zukunft Companion-Systeme werden. In einem interdisziplinären Konsortium aus Informatikern, Ingenieuren, Medizinern, Neurobiologen und Psychologen werden kognitive Fähigkeiten und deren Realisierung in technischen Systemen erforscht.

Unter einem Companion verstehen die Forscher des Transregio 62 an dieser Stelle kognitive technische Systeme, die ihre Funktionalität vollkommen individuell auf den jeweiligen Nutzer abstimmen und sich an seine Fähigkeiten, Vorlieben, Anforderungen und aktuellen Bedürfnisse anpassen. Außerdem soll der Companion in der Lage sein, sich auf seine Situation und emotionale Befindlichkeit einstellen zu können. Weitere wichtige Eigenschaften des Agenten sind Individualität, Anpassungsfähigkeit, Verfügbarkeit, Kooperativität und Vertrauenswürdigkeit. So soll gewährleistet werden, dass der Companion dem Nutzer als partnerschaftlicher Dienstleister gegenüber treten kann. [74]

2.3.2 Companions Project

Das Companions Project entwickelt virtuelle Gefährten, mit dem Ziel, die Beziehung zwischen Menschen und Computern zu verändern. Auch hier geht der Weg in Richtung einer sozialen Interaktion und weg von traditionellen task-basierten Systemen. In diesem Projekt werden intelligente, persistente, personalisierte multimodale Interfaces für das Internet erforscht. Dem Anwender soll hierdurch eine Unterstützung im Umgang mit dem Internet gegeben werden. So können seine Möglichkeiten auch den Alltag des Anwenders verbessern. [13]

Yorick Wilks versucht in einer vergleichbaren Arbeit mit dem Namen „Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues“ [84] die Frage zu beantworten, wie die Zukunft mit Artificial Companions aussehen wird. Dazu versucht er zunächst die Fragen zu beantworten, ob und wie es möglich ist, eine Bindung zwischen einem Computer und seinem Nutzer herzustellen. Wie müssen also Techniken aussehen, damit ein Mensch sich von einem Computer verstanden fühlt und ihm das Gefühl einer emotionalen Beziehung gegeben wird. Was beinhaltet, auf seine Bedürfnisse und Gefühle Rücksicht zu nehmen. [85]

Interessante ethische und philosophische Ansätze aus dem Buch von Wilks gehen in Richtung der Fragestellungen, wie es wäre, wenn wir intelligente Gefährten hätten, und wie diese unsere Zukunft verändern würden. Denn die Vergangenheit hat am Beispiel des Tamagotchis (siehe Grafik 2.3) gezeigt, dass sogar zu sehr einfacher Technik eine emotionale Abhängigkeit entstehen kann.

Eine weitere Frage, die in Wilks Buch angesprochen wird, ist, wie mit den Daten über eine Person verfahren werden soll oder ob sich Companions untereinander über ihre Nutzer unterhalten dürfen. Des Weiteren wird die Frage über den Verbleib der Daten nach dem Tod eines Anwenders aufgeworfen. Diese spannenden Fragestellungen sind Gegenstand des interdisziplinären Forschungsbereichs Companion Technologies. Welche sozialen Veränderungen diese mit sich bringen werden, bleibt abzuwarten. Viele Menschen haben heute Angst vor



Abbildung 2.3: Tamagotchi [42]

Enttäuschungen und vielleicht wird es eines Tages möglich sein, dass ein Companion für seinen Anwender zu einem loyalen Freund werden kann. [79]

Wilks geht in seinem Buch sogar noch einen Schritt weiter: Er beschreibt das Phänomen, dass ältere Menschen, die ein Haustier besitzen, länger leben. Einen technischen Gefährten an dieser Stelle zu positionieren, wäre wesentlich einfacher, denn er ist einfacher zu versorgen. Außerdem könnte dieser durch nützliche Funktionalitäten erweitert werden, wie zum Beispiel das Erinnern an die Einnahme wichtiger Tabletten. Ähnliche Ideen sind bereits in der Robbe Paro umgesetzt worden (siehe Kapitel 2).

Ein Companion könnte auch bei dem täglichen Umgang mit der Umgebung helfen. Laut Wilks sind ältere Menschen aufgrund motorischer Schwierigkeiten von der Informationstechnologie ausgeschlossen, sie haben z. B. kein Verständnis dafür, wie Knöpfe betätigt werden müssen oder hören die Türklingel nicht. Bei all diesen Problemen könnte ein Companion sinnvolle Unterstützung bieten. [86]

Außerdem forscht das Companion Project daran, die Komplexität des Internets durch Companions beherrschbarer zu machen. [13] Weitere spannende Ideen von Wilks sind die Hilfe bei der zeitlichen Orientierung von Erlebnissen. Häufig sind ältere Menschen nicht mehr in der Lage, ihre Erinnerungen zeitlich einzuordnen. [86]

Eine weitere Idee von Wilks ist, dass ein Companion nach dem Tod seines Besitzers für die Hinterbliebenen Unterstützung anbieten könnte. Eine Zusammenfassung über das Leben des Verstorbenen in Form von Bildern, Videos oder Tonaufnahmen. [86] Alle hier vorgestellten Ideen gilt es aber auf ethische Grundlagen zu überprüfen.

2.3.3 Aussehen und Struktur eines Companion

In vielen vergleichbaren Arbeiten spielt die Verwendung des Kindchemas für das Aussehen eines Companions eine große Rolle. Die emotionale Bindung soll so verstärkt werden. Häufig wird das Äußere aber auch einem Tier oder sogar dem Menschen nachempfunden. Hierdurch wird versucht, die Glaubwürdigkeit eines Companion zu verstärken. Im Folgenden werden ausgewählte Beispiele vorgestellt, die verdeutlichen, wie Aussehen und Struktur in vergleichbaren Arbeiten gewählt wurden.

2.3.4 Kismet

Kismet (siehe Grafik 2.4) ist ein humanoider Roboter. Auch wenn er im Rahmen der Forschung des Affective Computing entwickelt wurde, wird er wegen seines Aufbaus an dieser Stelle der Arbeit beschrieben. Seine Entwicklung wurde darauf ausgelegt, eine natürliche und ausdrucksstarke Interaktion von Angesicht zu Angesicht zwischen ihm und einem Menschen zu ermöglichen. Um das Ziel einer intuitiven Interaktion zu erreichen, wurden Erkenntnisse und Konzepte aus der Psychologie und der Verhaltensforschung berücksichtigt. Kismet kann in definierten Rahmen Emotionen erkennen und ausdrücken. Die an dieser Stelle berücksichtigten Emotionen sind: Ruhe, Ärger, Freude, Ekel, Überraschung, Trauer und Interesse. Im Original wurden die Zustände mit: „calm“, „angry“, „happy“, „disgust“, „surprised“, „sad“ and „interest“ beschrieben, mögliche Probleme in der Übersetzung von Emotionen werden in Kapitel 5.3 diskutiert. [28]

Sein Äußeres orientiert sich stark am aus der Psychologie bekannten Kindchema (siehe Grafik 2.4). Er ist in der Lage, Gesichtsausdrücke zu imitieren und seine Blickrichtung zu ändern. Eine interne Sensorik erlaubt es ihm, visuelle und auditive Reize seiner Umgebung wahrzunehmen. Eine Kamera erkennt den Gesichtsausdruck seines Gegenübers. Außerdem wird der Abstand zu der Person gemessen, um gegebenenfalls ein Näherkommen zu fordern. Denn Kismet ist auch in der Lage, verbal auf sich aufmerksam zu machen und sogar zu sprechen. So ist es ihm auch möglich, eine größere Distanz zu fordern, falls die Erkennung des vollständigen Gesichts nicht mehr möglich ist. [28]

Eine weitere Fähigkeit von Kismet ist, dass er in der Lage ist, von seinem Gegenüber zu lernen. Rückmeldungen über den aktuellen Lernfortschritt erhält der Anwender anhand der von ihm gezeigten Emotionen. Somit kann auf die Überforderung von Kismet mit einer Reduzierung des Lerntempos reagiert werden. Angelehnt ist diese Interaktion an eine Eltern-Kind-Beziehung. [28] Erwachsene Testpersonen redeten mit Kismet wie mit einem Kleinkind. [9] An dieser Stelle wird also das sogenannte Kindchema voll ausgenutzt. In der hier beschriebenen

Arbeit wird versucht, dieses zu vermeiden. Die Gründe hierfür werden im Rahmen dieser Arbeit näher erläutert.

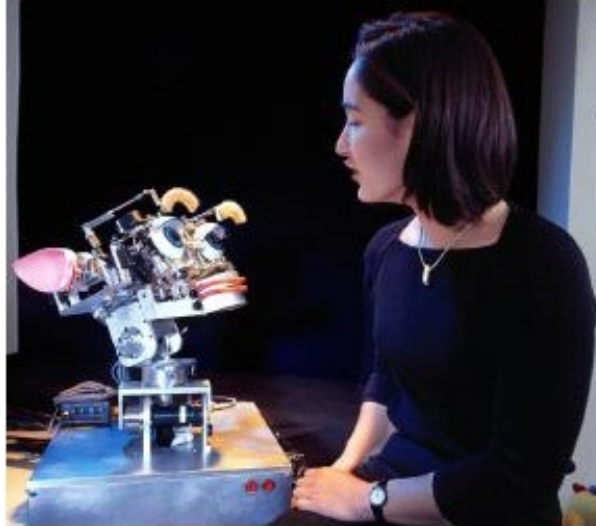


Abbildung 2.4: Kismet [8]

2.3.5 Mensch-Maschinen-Interaktion in der Spielebranche

Neuartige Spielzeugroboter agieren scheinbar selbstständig, sind anhänglich und sogar liebesbedürftig. Nicht nur Kinder verfallen dem Reiz dieser Interaktion. Die Psychologie versucht derzeit, die emotionalen Aspekte dieser Art der Mensch-Maschine-Interaktion zu ergründen. [68] Bereits vor einigen Jahren traten diese Phänomene bei wesentlich einfacherer technischer Umsetzung auf: Beim Tamagotchi (siehe Grafik 2.3) fühlten sich Menschen regelrecht schuldig, wenn sie ihr „Tierchen“ zu lange nicht gefüttert hatten. [86]

Das im Folgenden vorgestellte Beispiel ist der Roboter Pleo, dessen Aussehen dem eines Dinosauriers nachempfunden wurde (siehe Grafik 2.5). [77]

Der smarte Pleo reagiert sowohl auf Berührungen als auch auf Sprache. Des Weiteren sucht er nach Futter und will gestreichelt werden. Ähnlich wie ein echtes Haustier. Die eingebaute Technik besteht aus einer Kamera, Servomotoren, Infrarot- und Berührungssensoren. Viele solcher „Haustiere“ erobern derzeit die Märkte. Ein weiteres Beispiel aus dem Spielbereich sind die NintendoDogs, aber auch der smarte Staubsauger Roomba (siehe Grafik 2.6) fällt im weitesten Sinne in diese Kategorie. [36]

Der Bereich Ambient Assisted Living nutzt diese neuartigen Erscheinungen. Die Robbe Paro (siehe Grafik 2.7) wurde eigens für Altenheime entwickelt und wird zu therapeutischen

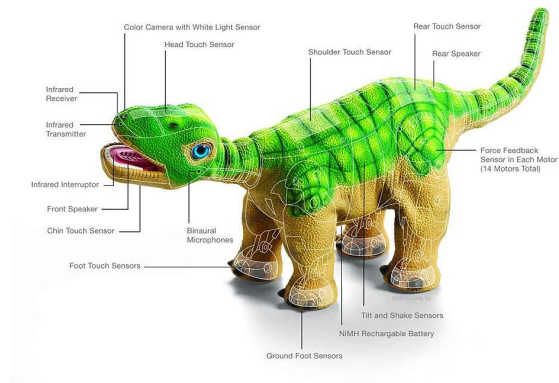


Abbildung 2.5: Der Dinosaurierroboter Pleo [76]



Abbildung 2.6: Der Staubsaugerroboter Roomba [35]

Zwecken eingesetzt. Durch die emotionale Bindung sollen Depressionen gelindert, Stress abgebaut, das Sozialverhalten geschult und die kognitiven Fähigkeiten von Demenzkranken verbessert werden. [61, 68, 81]



Abbildung 2.7: Die Robbe Paro [10]

Die Wahl des Aussehens der Robbe und des Dinosauriers ist bewusst gewählt, denn es fehlt an Assoziationen zu einem natürlichen Verhalten solcher Tiere. Verwendet man das Äußere eines Hundes oder einer Katze, haben Probanden häufig eine gewisse Erwartungshaltung, die von heutigen Robotern meist noch nicht in allen Belangen erfüllt werden kann. Die Motorik oder die bei Bewegung entstehenden „unnatürlichen“ Geräusche sind nur Beispiele, bei denen Herausforderungen bewältigt werden müssen.

Langfristig darf Pleo nicht vollständig berechenbar sein, denn dann würde das Spielen mit ihm schnell langweilig werden. Das Aussehen ist nur am Anfang wichtig, um sich darauf einlassen zu können. Pleo ermöglicht deshalb neue Updates. So können neue Angewohnheiten und Verhaltensweisen beim Hersteller heruntergeladen werden.

Eine andere Herausforderung ist der Nutzen eines solchen Objektes. Es gilt zu klären, ob zu Pleo dauerhaft eine soziale Beziehung entstehen kann, auch wenn es keinen direkten Mehrwert gibt. Ein an dieser Stelle ansetzender Versuch ist auch hier der Staubsauger Roomba. [36] Anwender bauen erstaunlich schnell eine Beziehung zu ihm auf und bezeichnen ihn als Freund oder erklären, dass er für sie zu einem Mitbewohner geworden sei. [68]

Fragen, die es aus der Psychologie im Bereich Companion Technologies zu beantworten gilt, sind u. a., ob wir es auf Dauer mit diesen „Tierchen“ aushalten oder ob sie mit der Zeit sogar bedrohlich auf uns wirken. Außerdem ist von großer Relevanz, wie ein Roboter aussehen und welche Eigenschaften er zu erfüllen in der Lage sein muss, damit er über einen längeren Zeitraum zu einem „Freund“ werden kann. Ein großes Forschungsprojekt mit dem Namen LIREC (Living with Robots and Interactive Companions) [49, 51] beschäftigt sich derzeit mit

der Frage, wie eine langfristige Bindung zwischen einem Menschen und einem Companion entstehen kann. [68, 49]

Ein weiteres Beispiel aus der Wirtschaft ist das Kuscheltier Barney (siehe Grafik 2.8) von Microsoft. Hier wird die Fähigkeit zur Empathie genutzt, eine persönliche Beziehung zu einer sonst abstrakten Maschine aufzubauen. Barney soll mit Hilfe von Technik das Interesse von Kindern wecken, weil durch seine Lebendigkeit Emotionen aufgebaut werden. Durch diese Eigenschaft findet eine Personifizierung statt, so kann die Fähigkeit zur emotionalen Bindung vergrößert werden, da deutlich mehr emotionale Qualitäten vorhanden sind. Diese Eigenschaften führen dazu, dass ein Mitfühlen oder Mitfreuen erzeugt wird. [55, 75]



Abbildung 2.8: Interaktives Spielzeug Barney von Microsoft [27]

2.3.6 Von der Ähnlichkeit zu Tieren zu der des Menschen

Alle bisher vorgestellten Arbeiten basieren auf der Ähnlichkeit zu Tieren oder verwenden das sogenannte Kindchenschema. In den im Folgenden vorgestellten Beispielen werden Menschen als Basis genommen. Im ersten Abschnitt geht es um die Modellierung von Emotionen im Gesicht eines virtuellen Avatars. In den Arbeiten von Hiroshi Ishiguro geht es um den Bau von Androiden, also menschenähnlichen Robotern.

2.3.7 Christian Becker-Asano

Das im Folgenden erklärte Beispiel von Christian Becker-Asano ist in seiner Modellierung wesentlich komplexer als die zuvor genannten. Es verwendet als Grundlage ein Emotions-

modell, in dem eine Funktion den Zustandsübergang auf der Basis von Emotionen induziert. Außerdem wird eine Veränderung der Gestalt in Form der Gesichtsmimik vorgenommen, die den aktuellen Zustand nach außen kommuniziert. Das Gesicht des Avatars ist somit in der Lage, deutlich menschlichere emotionale Gesichtsausdrücke zu zeigen. Das zugrunde liegende Emotionsmodell ähnelt dem von Kismet, bei der Darstellung der Emotionen werden jedoch menschliche Avatare verwendet, statt eines tierischen Äußeren. [56]

Christian Becker-Asano zeigt in seiner Arbeit, dass die Akzeptanz eines Anwenders gegenüber einem virtuellen Agenten steigt, wenn dieser in der Lage ist, menschliches Verhalten zu simulieren. Er nutzt den virtuellen Avatar Max (siehe Grafik 2.9), um Emotionen zu kommunizieren. Max wurde an der Universität Bielefeld entwickelt und ist in der Lage, emotional auf den Anwender zu reagieren. Seine Gesichtsmimik kann dahingehend verändert werden, dass menschliche Emotionen daraus erkannt werden. Christian Becker-Asano hat gezeigt, dass die Glaubwürdigkeit eines Agenten steigt, wenn dieser in der Lage ist, sich zu entschuldigen. Für Human Computer Interaction bedeutet dies, dass durch die Berücksichtigung von Emotionen eine verbesserte Interaktion ermöglicht werden kann.



Abbildung 2.9: Max, entwickelt an der Universität Bielefeld [34]

Außerdem hängt laut Christian Becker-Asano die Glaubwürdigkeit eines Agenten auch von seiner Persönlichkeit ab. Gemeint ist an dieser Stelle beispielsweise, wie lange es dauert, bis seine emotionale Erregung abklingt. Es ist also nötig, das System so zu gestalten, dass es in einer Weise parametrisierbar ist, um unterschiedliche Zeitverläufe darstellen zu können. [6]

Eine weitere interessante Modellierung von Christian Becker-Asano ist die Unterscheidung zwischen „kurzfristigen“ Emotionen und einer „langfristigen“ Stimmung einer Person. Beides wird von ihm in seinen früheren Arbeiten zur Berechnung einer Hypothese herangezogen. Denn laut Becker-Asano hängt die zu einem bestimmten Zeitpunkt empfundene Emotion eng mit der aktuellen Stimmungslage zusammen. So wird jemand, der in einer positiven Stimmung ist, nicht so schnell aggressiv reagieren, wie jemand, der negativ gestimmt ist. [5]

2.3.8 Vom Avatar zum Androiden

Am Ende liegen bei den in diesem Kapitel vorgestellten Arbeiten endogene¹ und exogene² Reize zugrunde. Ein großer Unterschied liegt in den exogenen Reizen, welche von den einzelnen Arbeiten genutzt werden. Das heißt, auf welche Einflüsse sie eigentlich reagieren. Der einzige, der zusätzlich hierzu auch endogene Reize verwendet, ist Christian Becker-Asano. Der Avatar Max hat zu einem gewissen Teil eine eigene Persönlichkeit. Sein „Charakter“ ist parametrisierbar, das bedeutet, dass die Dauer von gezeigten Emotionen einstellbar ist.

Im Folgenden wird ein humanoider Roboter vorgestellt. Das genutzte Vorgehen erinnert an ein Imitationsspiel, es werden also keine endogenen oder exogenen Reize verwendet. Mit Hilfe des Androiden wird untersucht, welche Reaktionen beim Betrachter provoziert werden können. Das interne Modell ist an dieser Stelle nicht von Interesse, da der Fokus auf der Darstellung liegt.

2.3.9 Intelligent Robotics Laboratory

Das Intelligent Robotics Laboratory [33] steht unter der Leitung von Hiroshi Ishiguro und arbeitet an der Entwicklung von humanoiden Robotern. Die hier entstandenen Arbeiten sind für viele Europäer etwas befremdlich, haben in Asien aber eine lange Tradition. Die Akzeptanz der Menschen den moralischen Aspekten gegenüber ist dort sehr hoch. Das zeigt sich vor allem darin, dass die Asiaten weniger Angst vor derartig neuen Technologien haben. [25]

Christian Becker-Asano hat eine Weile in der Gruppe um Ishiguro am Intelligent Robotics and Communication Labs [32] am ATR (Advanced Telecommunications Research Institute International) [1] in Kyoto, Japan geforscht. [12] In dieser Zusammenarbeit ist die Veröffentlichung „An Android in the Field“ [80] entstanden. Hier wird in einer Feldstudie die Akzeptanz des von Ishiguro entwickelten Androiden „Geminoid HI-1“ getestet. Im Rahmen der ARS Electronica in Linz [4] wurde der Android so positioniert, dass zufällige Besucher mit ihm in Kontakt kamen. Die Studie hat ergeben, dass die meisten Personen ihn nicht als Androiden erkannt bzw. ihn nicht wahrgenommen haben. Denn dieser Android (siehe Abbildung 2.10) ist sehr detailgetreu gefertigt und wurde mit den Haaren seines Machers ausgestattet. Deutlich als Android erkannt haben ihn lediglich die Personen, die direkten Blickkontakt mit ihm hatten, denn an dieser Stelle hat er Schwierigkeiten mit seiner „Menschlichkeit“. [54]

In der Arbeit von Ishiguro wird ein humanoider Roboter nach der „Puppet on a String“-Metapher entwickelt. Das bedeutet, dass der Android nicht interaktionsfähig ist, sondern von Menschenhand ferngesteuert wird, was einen großen Unterschied zu der hier vorgestellten

¹Endogene Reize entstehen im Körper

²Exogene Reize entstehen außerhalb des Körpers



Abbildung 2.10: An Android: Geminoid HI-1 [33]

Arbeit darstellt. Die in Kapitel 3 vorgestellten Experimente zielen darauf ab, eine andere Form der Mensch-Maschinen-Interaktion zu ermöglichen. Es soll versucht werden, eine möglichst intelligente Kommunikation, also eine automatisierte Interaktion ohne menschliches Eingreifen, zu ermöglichen.

2.3.10 Abgrenzung und Fazit

Die in diesem Kapitel vorgestellten Forschungen nutzen menschliches oder tierisches Aussehen, um Emotionen zu transportieren. Die Darstellung der Emotionen nach außen hin bietet eine große Vielfalt an Möglichkeiten. Sie unterscheiden sich in der Nutzung von verschiedenen exogenen Reizen. Nur zum Teil werden auch endogene Reize verwendet.

Die Gestalt hat sich im zeitlichen Verlauf der Arbeiten entwickelt. Kismet versucht, sich näher an Bekanntem zu orientieren. An dieser Stelle spielt Empathie zunächst keine Rolle. Paro und Pleo versuchen, sich bewusst von Bekanntem abzugrenzen, da zu große Erwartungen seitens der Anwender von Nachteil sind.

Kerninhalt der aufgezeigten Versuche ist es, Emotionen zu provozieren. Die Deutungsmöglichkeiten für den Betrachter sind jedoch sehr unterschiedlich. Eine mögliche Graduierung ist

die zwischen Bekanntem und nicht Bekanntem. Je näher etwas an dem Anwender bekannten Erscheinungen modelliert wurde, desto leichter fällt ihm die Deutung.

Eine Gemeinsamkeit in den präsentierten Arbeiten ist die Darstellung der Zustände nach außen. Dieser Punkt wird auch im Rahmen dieser Arbeit aufgegriffen und in Kapitel 4 wird ein neuartiges emotionales Display beschrieben. Zusätzlich werden verschiedene exogene Reize auf ihre Anwendbarkeit überprüft und mögliche emotionale Modellierungen beschrieben. Entstanden ist so eine neuartige Mensch-Maschinen-Interaktion.

3 Experimente in Richtung emotionaler Modellierung

Die vorliegende Thesis stützt sich auf die gewonnenen Erkenntnisse aus den recherchierten Referenzprojekten. Mit diesem Hintergrund wurden verschiedene, selbst initiierte Experimente gemacht, um Emotionen möglichst zuverlässig zu erkennen, zu modellieren und darzustellen. Das Kapitel beginnt mit der Erklärung der gewählten Architektur.

3.1 Erklärung der Architektur

Ein Schwerpunkt in der Arbeit mit Emotionen ist eine zuverlässige Erkennung. Hierfür können unterschiedliche Sensoren verwendet werden. Am geeignetsten ist an dieser Stelle jedoch die Kombination diverser Sensoren zu einer möglichst exakten Emotionserkennung. Wie bereits im Kapitel 2 beschrieben, reicht zum Beispiel eine reine Gesichtserkennung nicht aus, um auf eine Emotion schließen zu können. Ein multimodaler Aufbau soll dafür sorgen, dass Emotionen möglichst zuverlässig erkannt werden können. Im Rahmen dieser Arbeit wurden verschiedene Experimente gemacht, um geeignete Sensoren zu finden. Ausgewählte Beispiele werden in diesem Kapitel vorgestellt.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Modellierung von Emotionen. Die verschiedenen Sensordaten müssen verarbeitet und richtig interpretiert werden, um eine Hypothese über den emotionalen Zustand eines Anwenders treffen zu können. Die Literaturrecherche hat ergeben, dass sich die Unterscheidung der Emotionen „neutral“, „happiness“, „sadness“, „surprise“, „fear“, „anger“ und „disgust“ bewährt hat. [17] Die in diversen Experimenten verwendete SHORE Library vom Fraunhofer Institut erkennt nur die Emotionen „happiness“, „sadness“, „surprise“ und „anger“.

Der dritte Schwerpunkt beinhaltet die Darstellung von Emotionen. Einige Experimente sind in einer interdisziplinären Zusammenarbeit mit einer Designerin entstanden. Der künstlerische Bereich hat einige Erfahrung im Provozieren von Emotionen. Gestaltungsmittel wie Farbe, Form und Material spielen hierbei eine große Rolle und bilden auch für den hier gewählten Ansatz eine zusätzliche, sehr wirkungsvolle Ebene. Diese konnten in die Experimente mit

einfließen, um einen möglichst großen Einfluss auf die Emotionen des Betrachters zu nehmen. Die konkreten Designüberlegungen werden in der Arbeit „Sind Oberflächen oberflächlich, haben Räume ein Gefühl? Ein emotionaler Dialog“ von Svenja Keune genauer beschrieben. [44]

Die Grafik 3.1 verdeutlicht den für die Experimente gewählten Aufbau eines multimodalen Systems. Das wichtigste Ziel dieser Aufteilung war die Ersetzbarkeit einzelner Teilbereiche. Es wurden viele verschiedene Experimente für die einzelnen Bereiche gemacht, um herauszufinden, welche Sensorik für die Erkennung und welche Materialien sich für den Ausdruck von Emotionen eignen. Erste Experimente kombinieren die Erkennung von Mimik und Gestik. Nach der Auswertung unterschiedlicher Sensordaten wird eine Hypothese über den emotionalen Zustand einer Person gemacht. Diese wird dann in einem emotionalen Raum abgebildet. Am Ende wird die Emotion dargestellt und somit wieder an den Anwender kommuniziert.

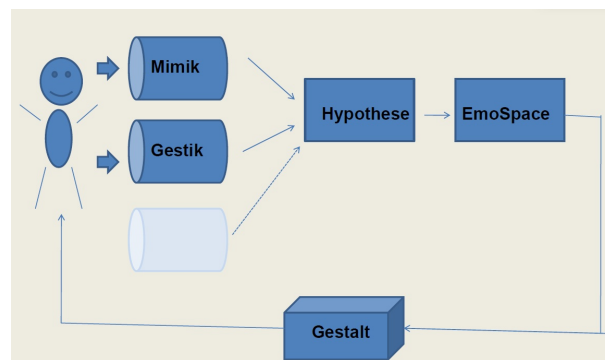


Abbildung 3.1: Aufbau eines multimodalen Systems zur Emotionserkennung

Die dieser Arbeit zugrunde liegende grobe Architektur besteht also anders dargestellt aus drei Komponenten: Sensing, Reasoning und Expression (siehe Grafik 3.2). Der *Sensing-Bereich* sorgt dafür, dass verschiedene Sensordaten über eine Person oder die Umwelt eingelesen und vorverarbeitet werden. In der *Reasoning-Komponente* findet eine Interpretation der Daten statt. Unterschiedliche Daten werden mit dem Ziel ausgewertet, eine Aussage über den emotionalen Zustand des Nutzers treffen zu können. Eine kreative Nutzung verschiedener Sensoren kann an dieser Stelle dazu führen, qualitativ hochwertigere Ergebnisse zu liefern. In der *Expression-Komponente* wird versucht, die Emotionen für die Nutzer sichtbar zu machen. Also eine entsprechende Widerspiegelung des emotionalen Zustandes vorzunehmen und im besten Fall sogar einen Einfluss auf seine Emotionen zu ermöglichen. Diese Architektur berücksichtigt zusätzlich die Wahrnehmung der Umgebung bezogen auf einfache Wahrnehmbarkeiten.

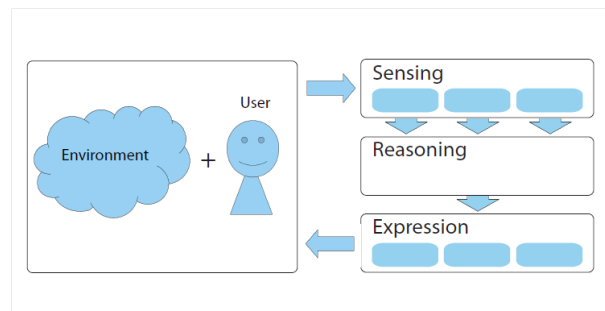


Abbildung 3.2: Architektur eines multimodalen Systems zur Emotionserkennung

3.2 Technische Realisierung der Architektur

Um einen modularen Aufbau der Architektur mit einer leichten Erweiterbarkeit zu gewährleisten, wurde ein Message-Broker-System verwendet. Die Wahl fiel, angelehnt an die Architekturentscheidung im Living Place Hamburg, auf den ActiveMQ. [46] Die Ähnlichkeit der Anforderungen an das System begründeten die Entscheidung. Eine Übertragung und Auswertung der Sensordaten nahezu in Echtzeit muss in beiden Fällen gewährleistet sein. Des Weiteren muss ein leichter Austausch der einzelnen Komponenten genauso möglich sein wie die Kombination verschiedener Module. Die Blackboard-Architektur bietet zusätzlich den Vorteil, dass durch die Implementierung des Consumer/Producer- bzw. Publish/Subscribe-Prinzips ausgewählte Nachrichten abonniert werden können. Dies ermöglicht, dass ohne großen Zeitaufwand einzelne Teile des Systems zu Testzwecken verwendet werden können.

Zusätzlich bietet der ActiveMQ die Möglichkeit, dass er in vielen verschiedenen Programmiersprachen angesprochen werden kann. So ist unter anderem die Verwendung von Ruby, Python, C, C++, C# und Java möglich. Die Sprachunabhängigkeit ist für die im Folgenden beschriebenen Experimente von großer Bedeutung, denn die SHORE Softwarebibliothek ist in C++ geschrieben, die weitere Verarbeitung erfolgt in Java und das Kinect SDK ist in C# implementiert worden. [71, 46, 50]

In der konkreten Umsetzung werden die Werte über einen emotionalen Zustand aus der SHORE Softwarebibliothek als JSON-Objekte aus C++ an den ActiveMQ übertragen. Eine Java-Applikation ruft die Daten aus dem ActiveMQ ab, um sie zur weiteren Interpretation mit anderen Sensorwerten zu kombinieren. Die JSON-Objekte werden dann über die serielle Schnittstelle zum Beispiel auf einen Arduino oder LilyPad übertragen, wo sie für entsprechende Programmausführungen genutzt werden. Die Grafik 3.3 zeigt den technischen Aufbau.

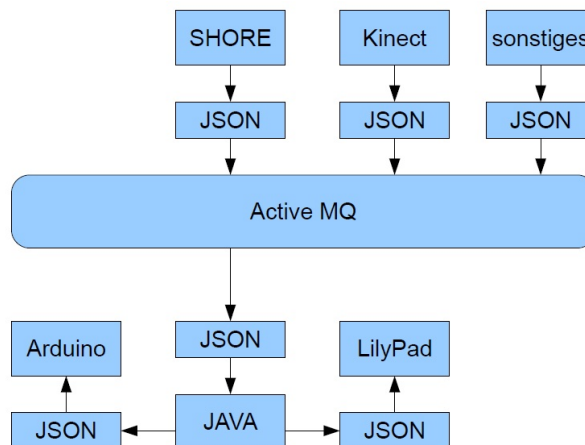


Abbildung 3.3: Technische Umsetzung

3.3 Erste Experimente

Im Folgenden werden ausgewählte Experimente geschildert, die im Laufe der Masterprojekte gemacht wurden. Die Verwendung unterschiedlicher Sensoren wurde genauso getestet, wie die Darstellung von Emotionen und der entsprechende Einfluss auf den Nutzer.

3.3.1 SHORE Softwarebibliothek

Die SHORE Softwarebibliothek (Sophisticated High-speed Object Recognition Engine) des Fraunhofer Instituts for Integrated Circuits ISS ist in der Lage, auf einem Videobild in Echtzeit Details wie Bewegung, Stimmung, Alter, Geschlecht oder Anzahl der Personen vor einer Kamera zu detektieren (siehe Grafik 3.4). Entwickelt wurde sie zur schnellen Gesichts- und Objekterkennung. Die robusten Algorithmen aus dem Bereich Echtzeit-Computer-Sehen unterstützen eine Erkennung selbst unter schwierigen Beleuchtungsbedingungen. Die Verfahren sind modular aufgebaut und können deshalb u. a. in Systemen zur Mensch-Maschine-Kommunikation eingesetzt werden. Die Library bestimmt den emotionalen Zustand einer Person durch die Auswertung der Gesichtsmimik. Sie liefert Werte über die Ausprägung der Zustände „happy“, „sad“, „surprised“ und „angry“. [47, 22, 20, 21]

3.3.2 Kombination Kinect und SHORE

Erste Tests, die im Rahmen dieser Arbeit mit der Kombination verschiedener Sensoren zur Verbesserung der Emotionserkennung gemacht wurden, beinhalten die Verwendung der Kinect



Abbildung 3.4: Bild der SHORE Library [44]

Kamera von Microsoft und die SHORE Library vom Fraunhofer Institute for Integrated Circuits ISS.

Der Ausdruck von Emotionen beim Menschen schließt, wie bereits im Kapitel „Vergleichbare Arbeiten“ 2 beschrieben, häufig Körpersprache mit ein. Im Rahmen einiger Ausstellungen ist mehrfach aufgefallen, dass Menschen dazu neigen, in die am Objekt befestigte Kamera zu winken. In diesem speziellen Falle war dieses Verhalten häufig ein Indiz für Freude. Dies führte zu der Idee, die Kinect zu nutzen, um ein Winken zu erkennen und es als Indiz für den emotionalen Zustand „Freude“ zu verwenden.

Das Microsoft SDK und die darin beinhaltete NUI Bibliothek (Natural User Interface) erlauben es, auf die Schnittstellen „Color Image Data“, „Depth Data“ und den „Audio Stream“ zuzugreifen. Es folgten einige Experimente mit diesen Daten, diese wurden von der Autorin bereits in einer anderen Arbeit genauer beschrieben (siehe [58]). Für die Erkennung des Winkens einer Person in die Kamera wurde das von der Anwendung zur Verfügung gestellte Skelett-Modell genutzt. Dieses bietet die Möglichkeit, auf diverse Punkte innerhalb des Modells zuzugreifen und z. B. die Position der Hände auszulesen.

Darauffolgend wurden diverse Experimente gemacht, die im System vorhandenen Daten zu kombinieren. So sollte das Wissen über das Winken einer Person noch mit der Annahme über das jeweilige Geschlecht kombiniert werden, welches von der SHORE Library zur Verfügung gestellt wird. Hierfür wurden die Daten der SHORE Softwarebibliothek mit denen der Kinect verbunden. Die Abbildung 3.5 zeigt einen blauen Punkt in der Hand einer winkenden männlichen Person und einen roten im Falle einer als weiblich erkannten Person.

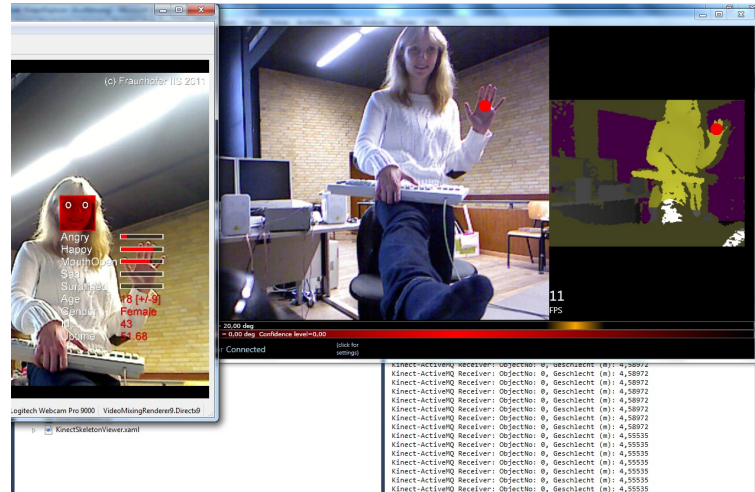


Abbildung 3.5: Experimente mit der Kinect Kamera von Microsoft

3.3.3 Kombination SHORE und die Darstellung von Emotionen durch Licht

Im Folgenden werden erste Experimente mit einer Kombination von einer Emotionserkennung und einer Einheit zur Widerspiegelung von Emotionen vorgestellt. Im Rahmen der Masterprojekte wurde ein Objekt entwickelt, welches als Sensor auf die von der SHORE zur Verfügung gestellten emotionalen Zustände zurückgreift und als Aktor LEDs verwendet. Die Widerspiegelung der Emotionen fand somit über Licht statt.

Die Abbildung 3.6 zeigt den Prototypen. Die Zustände „happy“, „sad“ und „surprised“ lösten ein Pulsieren unterschiedlicher Intensität und Stärke aus. „Angry“ hingegen führte zu einem schnellen Blinken. Lediglich bei der Darstellung von „angry“ war für den Anwender ein deutlicher Unterschied erkennbar. Das Mapping der Emotionen erwies sich an dieser Stelle als verbesserungswürdig. Dieses Objekt wurde bei der Jahresausstellung in der Armgartstraße 2011 getestet. Aufgrund der Tatsache, dass die Besucher dieser Ausstellung nicht wütend waren, gestaltete sich der Aufbau als nicht intuitiv und es bedurfte einiger Erklärungen.

Diese negativen Erfahrungen und diverse Änderungen im Designkonzept führten dazu, dass bei den darauffolgenden Prototypen von der Verwendung von LEDs zur Kommunikation von Emotionen abgesehen wurde. Der Fokus fiel zunächst auf Bewegung und im Anschluss zusätzlich auf Sound. Diese Experimente werden im Abschnitt 4 beschrieben.



Abbildung 3.6: Jahresausstellung in der Armgartstraße

3.4 Aufbau eines Rahmens für Experimente im Bereich „Emotional Dialogue“

Das Ziel, einen emotionalen Dialog aufzubauen, sollte durch die Durchführung des Emotion Labs unterstützt werden. Hier sollte die Frage geklärt werden, wie ein solcher Dialog ermöglicht wird. So wurden in kurzen iterativen Zyklen verschiedene Opportunitäten getestet, die sich für einen emotionalen Dialog eignen.

3.4.1 Emotion Lab

Im Rahmen der Masterprojekte wurde von der Autorin ein „Fab Lab“ an der HAW Hamburg eingerichtet. Inspiriert von den Ideen des MIT (Massachusetts Institute of Technology), Labore zu errichten, in denen Menschen mit unterschiedlichen Fachkenntnissen die Möglichkeit gegeben wird, eigene Projektideen umzusetzen. Das so entstehende Wissen wird allen Teilnehmern zur Verfügung gestellt. Eingerichtet werden diese Labore häufig in schwachen Gebieten, um soziale Ungerechtigkeiten auszugleichen oder eine erhöhte Lebensqualität zu erreichen. Fab Labs sind inzwischen über die ganze Welt verteilt. [11]

Das an der HAW entstandene „Fab Lab“ trägt den Namen Emotion Lab und bietet Studierenden unterschiedlicher Fachbereiche die Möglichkeit, eigene Projekte umzusetzen und sich

außerhalb des regulären Studienbetriebes weiterzubilden. In Rahmen dieses Labors wird ihnen erlaubt, ihre kreativen Ideen selbstständig in die Tat umzusetzen. Die Laboreinrichtung ist eine Kombination aus Materialien aus dem Design, einer breiten Auswahl an Technik und Werkzeugen zur Bearbeitung. Die Grafik 3.7 zeigt den Grundriss des Labors.

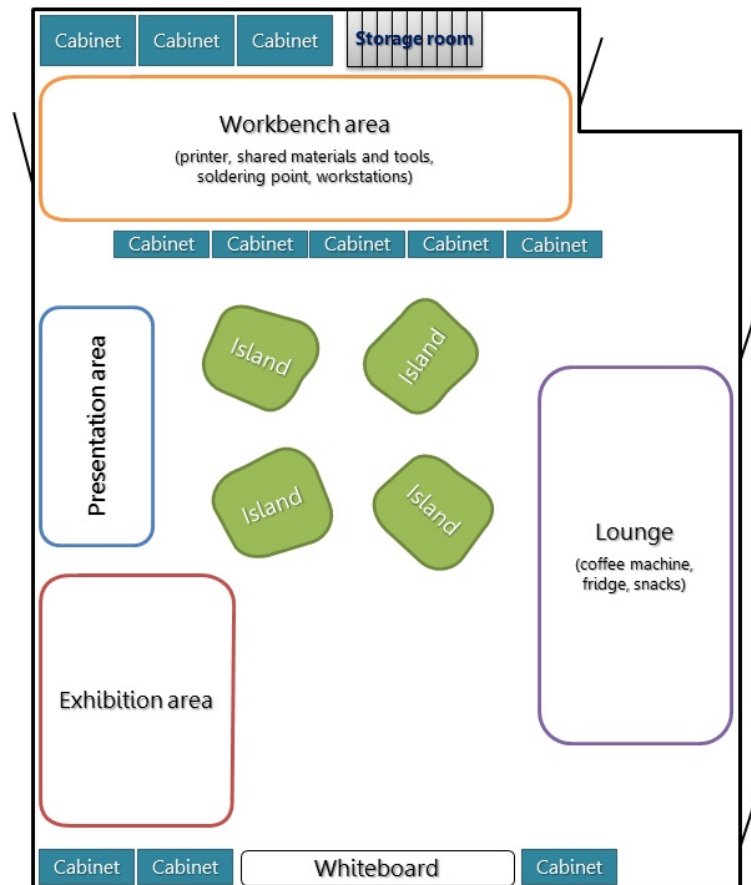


Abbildung 3.7: Grundriss des Labors [3]

3.4.2 Kurs Emotion Lab

Unter dem Namen Emotion Lab wurde im Jahr 2011 der erste Kurs im neuen Labor durchgeführt. [45] Dieser hat bewiesen, dass die zur Verfügung gestellten Räumlichkeiten und Materialien eine erfolgreiche Umsetzung solcher Projekte ermöglichen. Die von der Autorin bereits in ihrer Bachelorarbeit untersuchten interdisziplinären Projekte konnten auch hier erfolgreich umgesetzt werden. So arbeiteten im Emotion Lab u. a. Informatiker, Designer und Elektrotechniker

zusammen, um ihre Ideen kreativ umzusetzen. Die bereits vorhandenen Erfahrungen in der Durchführung haben zu dem Erfolg des Kurses beigetragen. [53, 43, 40, 39, 38]

Ein Ziel des Kurses war, die Arbeit mit Emotionen in die interdisziplinären Projekte einzubinden. Die schnelle Herstellung von Prototypen ermöglicht das spielerische Testen verschiedener Materialien, Sensoren und Aktoren für die Erkennung und den Ausdruck von Emotionen. Dank dieser Möglichkeiten konnten äußerst kreative Wege ermittelt werden, die eine Erkennung und den Ausdruck von Emotionen unterstützen. Durch die bereits zu Beginn dieses Kapitels beschriebene modulare Architektur des Systems ist eine leichte Erweiterbarkeit gegeben. So konnten die neu entwickelten Teile einfach und schnell integriert werden. [58, 57]

3.4.3 Entwicklungszyklen

Der Begriff „Lifelong Kindergarten“ wurde geprägt von Mitchel Resnick. Laut diesem am MIT (Massachusetts Institute of Technology) entwickelten Konzept lernen auch Erwachsene auf spielerische Art und Weise äußerst erfolgreich. Resnick hat einen Zyklus bestehend aus den Teilen „Imagine“, „Create“, „Play“, „Share“ und „Reflect“ konzipiert und getestet (siehe Grafik 3.8). Orientiert an diesen Forschungsergebnissen wurden die Aufgaben im Emotion Lab gestaltet. In kleinen Gruppen sollten die Teilnehmer Konzepte entwickeln und an deren Umsetzung arbeiten. Anschließend wurde in großer Runde die Visualisierung vorgestellt. Anknüpfend konnten die Anregungen umgesetzt werden. [67] [66] Die Grafik 3.9 zeigt den auf diesen Ansätzen basierenden, generellen Ablaufplan. Eine ausführliche Beschreibung findet sich in der Arbeit von André Jeworutzki. [3]

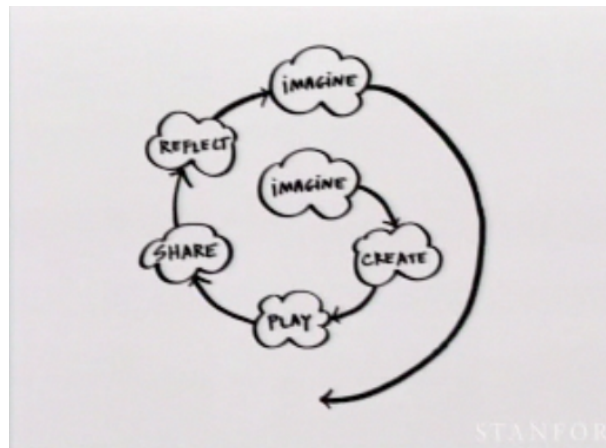


Abbildung 3.8: Lifelong Kindergarten [67]

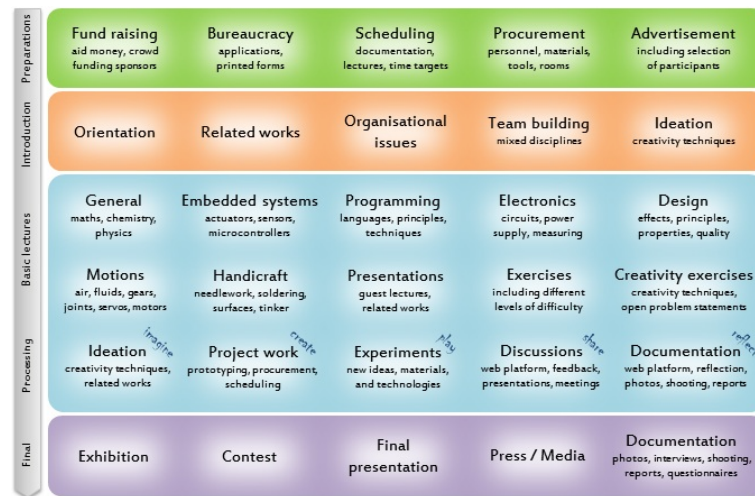


Abbildung 3.9: Ablaufplan innerhalb der Kurse [3]

Laut Resnick ist es dank einer solchen Herangehensweise möglich, in kürzester Zeit zu guten Ergebnissen zu kommen. Die Erfahrungen im Emotion Lab bestätigen diese Aussage. Bereits nach wenigen Terminen konnten im Rahmen der „Nacht des Wissens“ Objekte präsentiert werden (siehe 3.10, 3.11).

3.5 Fazit

Der größte Vorteil in der Zusammenarbeit mit Künstlern war, dass es keinerlei Vorgaben oder direkte Anforderungen umzusetzen galt. Die schnelllebig iterative Vorgehensweise der Designer kann sich positiv auf die schnelle Entwicklung von Prototypen auswirken. Ein weiterer großer Vorteil ist die Möglichkeit, in Form von Ausstellungen sehr einfach eine große breite Masse von Menschen zu Testzwecken zur Verfügung zu haben.

Die Architektur hat sich als äußerst flexibel und zuverlässig erwiesen.

Die ersten Experimente wurden sehr positiv vom Publikum aufgenommen. Die Ausstellungen brachten viele Anregungen für die Weiterentwicklung der Objekte.

Die Einrichtung eines Labors war sehr erfolgreich. Die Durchführung diverser Workshops hat viele Erkenntnisse für die weiteren Arbeiten geliefert.



Abbildung 3.10: Nacht des Wissens an der HAW Hamburg

Emotional Dialogue

Interactive Surfaces

Svenja Keune
Larissa Müller
www.interactivedesignlab.de
info@interactivedesignlab.de

(c) Fraunhofer IIS X

Tracked
75
Update: 8.22

Angry
Happy
MouthOpen
Smile
Surprised
Attention
Confused

FrameRate: 19.5110722
imageCount: 73318
imageHeight: 480
imageWidth: 640

Fraunhofer

<http://www.iis.fraunhofer.de/en/bf/bw/ks/gpe/index.jsp>
Christian Kueblbeck and Andreas Ernst:
"Face detection and tracking in video sequences
using the modified census transformation", Journal
on Image and Vision Computing, vol. 24, issue 6,
pp. 564-572, 2006, ISSN 0262-8856"

HAW HAMBURG

Abbildung 3.11: Plakat des Projektes Emotional Dialogue

4 Lomelia: Ganzheitlicher Ansatz für eine neuartige Mensch-Maschinen-Interaktion

Die Erkenntnisse aus dem Kapitel „Experimente in Richtung emotionaler Modellierung“ 3 konnten bei dem im Folgenden beschriebenen Teil der Arbeit berücksichtigt werden und führten zu großem Erfolg. In diesem Kapitel wird der genaue Ablauf eines kompletten Projektes beschrieben und am Ende eine informelle Evaluierung auf einem internationalen Designfestival beschrieben.

4.1 Begriffsdefinitionen

Innerhalb der Projekte fand immer wieder eine Vermischung der Begrifflichkeiten statt. An dieser Stelle wird deshalb eine klare Abgrenzung der Begrifflichkeiten *Kommunikation*, *Interaktion* und *Dialog* gemacht. Diese Unterteilung beruht auf den Arbeiten des Kommunikationswissenschaftlers Paul Watzlawick. [83]

Interaktion Als Interaktion wird ein wechselseitiger Ablauf zwischen zwei oder mehreren Personen bezeichnet. [83]

Dialog Dialoge kann man auch in seiner Fantasie haben, sogar mit seinen Halluzinationen oder mit seiner Existenz. [83]

Kommunikation Kommunikation besteht aus mehr als nur gesprochenen Worten. Auch paralinguistische Phänomene (u. a. Tonfall, Geschwindigkeit der Sprache, Pausen, Seufzen), Körperhaltung und Ausdrucksbewegungen (Körpersprache) innerhalb eines bestimmten Kontextes sind Material der Kommunikation. Oder wie Paul Watzlawick in Kurzform sagte: „Man kann nicht nicht kommunizieren.“ [83]

4.2 Ansätze aus den vergleichbaren Arbeiten

Die in Kapitel 2 beschriebenen vergleichbaren Arbeiten basieren entweder auf der Ähnlichkeit zu Tieren oder sogar auf der Ähnlichkeit zum Menschen. Häufig wird unter Zuhilfenahme des

Kindchenschemas versucht, eine emotionale Bindung zu einem Companion zu ermöglichen. Die Ähnlichkeit kann aber dank nicht zu erfüllender Erwartungen auch einen deutlichen Nachteil darstellen.

4.3 Ansatz dieser Arbeit

Die Verwendung abstrakter textiler Oberflächen sorgt für minimale Vorerwartungen an die Gestalt. Durch das Fehlen von Assoziationen zu Bekanntem ist der Anwender frei von jeglicher Erwartungshaltung. Kein Kindchenschema oder sogar ein menschliches Äußeres lässt auf ein zu erwartendes Verhalten schließen. Die Ansätze hinter der Robbe Paro und dem Dinosaurier Pleo über ein Äußeres, das keine Erwartungshaltung zulässt, wurden auch in dieser Arbeit aufgegriffen und zusätzlich um eine Abstraktionsebene erweitert.

In der Architektur und im Design ist die Nutzung von Formen, Farben, Lichtreflexion, Haptik, Struktur und Beschaffenheit als Möglichkeit zum Transport von Emotionen wohl bekannt. Das künstlerische Spiel wird dafür genutzt, die Aufmerksamkeit auf das Objekt zu ziehen. Durch die Verwendung gewisser Eigenschaften der Oberflächenbeschaffenheit ist es möglich, Emotionen zu erzeugen. Helle Farben und glatte Formen haben zum Beispiel eine andere Wirkung auf den Betrachter als spitze und dunkle Oberflächen.

4.4 Emotional Dialogue - Lomelia

Das entstandene Projekt mit dem Namen Emotional Dialogue versucht auf spielerische Art und Weise, einen Betrachter in einen Dialog zu verwickeln. In der Entwicklung traten mehrere Fragen auf, die bei der Umsetzung berücksichtigt wurden. Die wohl gravierendste Frage war die nach der Machbarkeit der Darstellung von Emotionen über eine abstrakte Oberfläche. Damit gemeint ist vor allem, ob Anwender die Emotionen als solche erkennen können. Eine informelle Evaluierung bei einem internationalen Designfestival wurde zur Beantwortung dieser Frage durchgeführt. Die Ergebnisse werden beschrieben in 4.8.

Des Weiteren war es spannend herauszufinden, ob es überhaupt möglich ist, mit einer abstrakten Oberfläche in einen Dialog zu treten. Die bereits beschriebene Definition des Begriffes Dialog lässt einen gewissen Fantasiespielraum zu, aber trotzdem schließt sich die Frage an, ob einer abstrakten Oberfläche ein Verhalten zugeschrieben werden kann. Denn sowohl die in 4.6 beschriebenen Ideen zum Designkonzept als auch die in Kapitel „Vergleichbare Arbeiten“ 2 beschriebenen Ansätze besagen, dass eine gewisse Unvorhersagbarkeit gewährleistet sein muss, um ein längerfristiges Vergnügen zu ermöglichen. Die Frage nach einer möglichen

emotionalen Bindung zu einem Objekt kann in kurzen oder selbst mehrtägigen Ausstellungen nicht beantwortet werden. Hierfür sind weit längerfristige Experimente nötig.

4.5 Systembeschreibung

Die verwendete Architektur wurde bereits in Kapitel 3.1 beschrieben. In diesem Fall wurde als Sensor eine Kamera verwendet und die Modellierung der Emotionen beruhte auf den Algorithmen, die von der SHORE Softwarebibliothek zur Verfügung gestellt werden. Der Expression-Teil wird im Abschnitt „Designkonzept“ näher erläutert. Als technischer Background ist auch hier der ActiveMQ als Message-Broker verwendet worden. Die in Java abgefragten JSON-Nachrichten werden an einen Arduino Pro Mini übertragen, welcher die Ansteuerung der Servomotoren übernimmt. Die Grafik 4.1 veranschaulicht die Systembeschreibung.

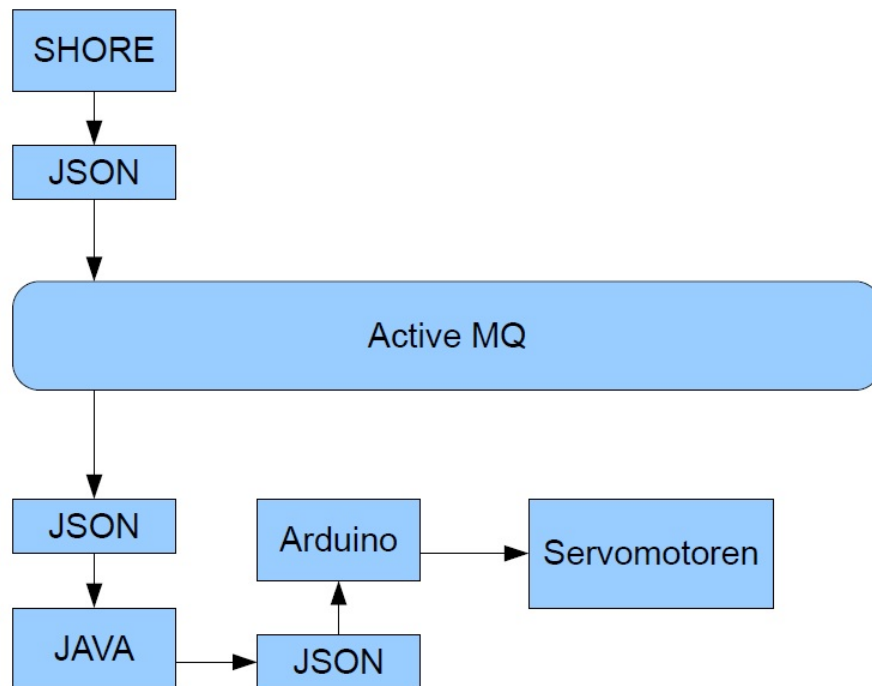


Abbildung 4.1: Systembeschreibung

4.6 Designkonzept

Die Beschaffenheit, die Form und die Farbe der Oberfläche wurden von natürlichen Strukturen inspiriert. Die Textile ähnelt Korallen, Schmetterlingsflügeln und zum Teil sogar Blütenblättern. [44] Auf einem Hintergrund aus Holz wurden verschiedene Formen aus Kunststoff ausgeschnitten und in verschiedene Jerseystoffe eingnäht. Entstanden sind so Oberflächen mit kleinen und großen Schuppen (siehe Grafik 4.2), welche über Servomotoren in Bewegung gesetzt werden. Die mit Stoff bespannten, muschelförmigen Plastikteile, die auf einer Oberfläche aufgenäht sind, können durch Servomotoren in ca. zehn unterschiedlichen Teilen bewegt werden.



Abbildung 4.2: Oberflächencollage zur Formfindung

Folgendes Zitat aus der Masterarbeit von Svenja Keune beschreibt die Idee für die Entwicklung des ablaufenden Verhaltens eines der Objekte:

„Wichtig in einer Szenerie ist mir die Ungewissheit. Die potenziellen Akteure sollen keine Ahnung haben, dass oder was passieren könnte. Eine undefinierte Erwartung ist genauso wie die Ungewissheit eine wunderbare Basis, um einen kleinen Schreck, ein großes Erstaunen oder ein Verblüffen auszulösen. Auf dieser Ebene haben sich die Menschen schon auf die Interaktion eingelassen und ihre Neugier ist geweckt.“ [44]

Ähnliche Ansätze aus der Psychologie über eine nötige Unvorhersehbarkeit wurden bereits in Kapitel 2 beschrieben und wirkten sich sicherlich positiv auf den Erfolg der Arbeit aus. Ein einfaches Widerspiegeln der Emotionen kann schnell zu Desinteresse führen.

4.7 Lomelia ausgestellt bei der DMY

Auf der DMY wurden drei Objekte derselben Art und Oberflächenbeschaffenheit ausgestellt. Sie unterschieden sich vor allem in der Farbe und der Funktionalität. Die Erwartungen der Besucher waren, ein neuartiges Design vorzufinden. In einem anderen Kontext wären andere Reaktionen auf das Experiment zu erwarten gewesen.

Das Ziel, Antworten auf die oben beschriebenen Fragen zu bekommen, sollte durch unterschiedliche Funktionalitäten gewährleistet werden. Die Oberflächen wurden mit unterschiedlich komplexen Sensoren ausgestattet. Ein Objekt hatte sogar überhaupt keine interne Sensorik und somit auch keine Möglichkeit, auf den Besucher zu reagieren. Das Ergebnis der informellen Befragung während der Ausstellung sollte beantworten, ob für den Nutzer ein Unterschied im Verhalten der Objekte erkennbar ist.

4.7.1 Urban Stories - Estoban

Das Objekt Estoban beinhaltet keinerlei Sensorik. Durch Sound und Bewegung wird versucht, Emotionen darzustellen. Durch das zufällige Ablaufen der unterschiedlichen Programme soll ein eigenes Verhalten des Objektes oder eine Persönlichkeit simuliert werden.

4.7.2 Come Closer - Mocoleme

Das Objekt Mocoleme (siehe Grafik 4.3) beinhaltet als Sensor einen Infrarotsensor, um die Distanz einer Person zu dem Objekt zu messen. Durch ein „sich nähern“ werden bestimmte Programmabläufe getriggert. Die Art der Bewegung unterscheidet sich wie bei den anderen Objekten vor allem in der Geschwindigkeit, der Intensität und der Platzierung der sich bewegendenden Servomotoren.



Abbildung 4.3: Das Objekt Mocoleme während der DMY

4.7.3 Emotional Dialogue - Lomelia

Das Objekt Lomelia beinhaltet die Emotionserkennung des Fraunhofer Institutes und versucht, über die Bewegungen der Schuppen auf der Oberfläche Emotionen darzustellen. Durchgeführt werden kann die Bewegung durch zehn Servomotoren, welche hinter dem Jerseystoff platziert sind. Freiheitsgrade in der Gestaltung bestehen aus der Geschwindigkeit, der Intensität, aber auch in dem sich bewegenden Areal. In der unteren Mitte des Objektes befindet sich eine Art Blume, die als Eyecatcher fungiert. An dieser Stelle ist die Kamera befestigt, um die Gesichtserkennung der SHORE Softwarebibliothek zu ermöglichen. Das „Wackeln“ der Blume zieht besondere Aufmerksamkeit auf sich. Die Grafik 4.4 zeigt das Objekt während der DMY 2012. Das genaue Mapping der Emotionen wird in der Tabelle 4.1 dargestellt. [59]

SHORE	Lomelia	Expression
happy	happy	rhythmic dance movement
sad	angry	jitter movement
angry	relaxed	breathing movement
suprised	excited	erratic movement

Tabelle 4.1: Das Mapping der Emotionen in dem Objekt Lomelia [59]



Abbildung 4.4: Das Objekt Lomelia während der DMY

4.8 Informelle Evaluation

Ein großer Teil der Befragten war in der Lage, in der abstrakten Oberfläche Emotionen wahrzunehmen. Wobei es sich an dieser Stelle nicht um eine feingranulare Kategorisierung handelte, sondern vielmehr um Richtungen der Emotionen. Freude oder „sich freuen“ wurden sehr häufig als erkannte Emotionen genannt. Zum Teil wurden die Objekte auch als aufgeregt empfunden. Das Objekt Estoban hingegen wurde mehrfach als beruhigend oder ruhig beschrieben. Die Assoziation, die gleich mehrere Befragungsteilnehmer hatten, waren die eines Hundes, der mit dem Schwanz wedelt, sich also freut, wenn man nach Hause kommt. Auch das Wort Mitbewohner wurde genannt, wie dies auch schon im Kapitel „Vergleichbare Arbeiten“ 2 beim Roomba Staubsauger aufgetreten ist. Die Vorstellungskraft der Menschen scheint also groß genug zu sein, sich auch eine abstrakte Oberfläche als Companion vorstellen zu können. Eine ausführliche Beschreibung über die Evaluation befindet sich in der Veröffentlichung „Emotion Sensitive Active Surfaces“. [59]

4.9 Fazit

Im Falle der DMY in Berlin, bei einem mehrtägigen Testlauf, kann ein positives Fazit gezogen werden. Einige Besucher kamen mehrfach zurück und brachten zum Teil sogar Freunde und Verwandte mit, um Lomelia vorzuführen. Der Act-Response-Cycle führt zu einer Art Spiel, weshalb viele Besucher sehr viel Zeit vor dem Objekt verbrachten oder häufig zurückkamen. Die Anwender fanden es sehr unterhaltsam, die Emotionen nachzuahmen, um eine gewünschte Reaktion herbeizuführen. Zusätzlich führte die Ungewissheit über das Verhalten des Objektes bei vielen Anwendern zu großer Freude, insbesondere wenn sie „überrascht“ wurden. Die Veröffentlichung „Emotional Interaction with Surfaces - Works of Design and Computing“ zeigt das große Interesse des Entertainment-Bereiches an dieser Art der Forschung. [48]

Der Erfolg des entwickelten Objektes zeigte sich vor allem in der Verleihung des Publikumsawards während der DMY. Über 2000 Leute haben an der Abstimmung teilgenommen. Zusätzlich wurde ein Preis von einer Jury, bestehend aus Studierenden der Fachhochschule Potsdam, verliehen. Die Auszeichnung mit dem DMY Award bestätigt den Erfolg nicht nur beim Publikum und Studierenden, sondern auch, dass renommierte Designer der Kombination von Design mit Methoden zur emotional interaktiven Mensch-Maschinen-Schnittstelle positiv gegenüber stehen.

Die große Aufmerksamkeit wurde auch in diversen Presseartikeln deutlich. Im Anhang werden ausgewählte Beispiele präsentiert (siehe Anhang ??). Ein solches Interesse an vergleichbaren Neuheiten hat es bereits in der Vergangenheit gegeben. Ein immenser Medienrummel

herrschte, als der von der Firma IBM entwickelte Schachroboter Deep Blue als erster Computer den amtierenden Schachweltmeister besiegte. [29] Bis zu diesem Zeitpunkt waren Computer in den Köpfen der meisten Menschen große Maschinen, die den Menschen schwere Arbeiten erleichtern. Mit der Entwicklung von Deep Blue kam zum ersten Mal das Gefühl in der Öffentlichkeit auf, dass Computer denken könnten. Die zweite Stufe war die Entwicklung des Computerprogramms Watson, ebenfalls von IBM. Watson ist in der Lage, Antworten auf Fragen zu geben, die in digitaler oder natürlicher Sprache vorliegen. [30] Als dieses Programm es schaffte zwei menschliche Gegner in der Quizsendung Jeopardy zu besiegen, gab es ein erneutes großes Interesse der Medien.

Ein großer Kritiker der Künstlichen Intelligenz ist Hubert Dreyfus. In seinen Arbeiten „Die Grenzen Künstlicher Intelligenz: was Computer nicht können“ zeigt er die damaligen Grenzen der KI auf. [15] Diese Grenzen schwinden durch Ereignisse wie das Besiegen des Schachweltmeisters oder das Gewinnen einer Quizshow. Ein weiterer Schritt in diese Richtung ist nun die Verwendung von Emotionen innerhalb eines Systems. In der Vergangenheit gab es an dieser Stelle klare Beschränkungen, die durch aktuelle Forschungen verschwinden. Das große Interesse der Menschen ist also u. a. darauf zurückzuführen, dass eine weitere Grenze der Funktionalität von Computern schwindet.

5 Emotionsmodelle

In den vorherigen Kapiteln dieser Arbeit wurde die szenariobasierte Prüfung der technischen Ausgestaltung beschrieben. Unter der Berücksichtigung vorangegangener Versuche wird an dieser Stelle nun eine mögliche Weiterführung gezeigt. In den Experimenten wurde festgestellt, dass erste Ergebnisse in der Darstellung von Emotionen über abstrakte Oberflächen positiv verlaufen sind.

Zudem haben die bisherigen Arbeiten gezeigt, dass ein spielerischer Dialog mit einer abstrakten Oberfläche möglich ist. Die Kommunikation zwischen Menschen ist jedoch weitaus komplexer. Die emotionale Ebene ist in einer Nachricht ebenso enthalten wie die Sachebene. Die Arbeit in diesem komplexen Gebiet erfordert weitere Forschungen in diese Richtung. Das SmartKom Projekt hat in dieser Richtung diverse Ergebnisse präsentiert und deshalb wird die zugrunde liegende Architektur auszugshalber vorgestellt.

Um eine flexible Umsetzung verschiedener Tests zu ermöglichen, wird im Folgenden eine Architektur Erweiterung vorgestellt. Zuvor werden jedoch verschiedene Formen der Emotionen innerhalb einer Anwendung beschrieben, um eine mögliche Vermischung der unterschiedlichen Bereiche zu vermeiden. Zu Beginn des Kapitels wird gezeigt, dass es unterschiedliche Formen von Emotionen innerhalb eines Systems gibt. Der Anwender hat Emotionen, die ihn beeinflussen. Des Weiteren ist es möglich, systemeigene Emotionen zu modellieren, als Beispiel werden in diesem Kapitel die Arbeiten von Christian Becker-Asano präsentiert. Dieser war unter anderem an der Entwicklung des emotionalen Agenten „Max“ der Universität Bielefeld beteiligt. Max ist in der Lage, eigene Emotionen darzustellen und emotional zu reagieren. Max zeigt seine Emotionen beispielsweise, wenn er beleidigt ist. Zusätzlich wird auf die Herausforderungen hingewiesen, die eine Kombination der Emotionen eines Anwenders mit denen des Systems mit sich bringt.

Das Resümee aus den vorherigen Kapiteln ist: Es ist für einen emotionalen Dialog nötig, die Person vor dem Artefakt zu verstehen. Retrospektiv ist für die systematische Herangehensweise an die Durchführung von Experimenten eine Erweiterung der Architektur um Emotionsmodelle erforderlich. Weiterhin ist eine Voraussetzung zusätzlich die grundsätzlichen Anforderungen

an eine technische Plattform gewährleistet sein. Eine mögliche Erweiterung für die bestehende Architektur um Emotionsmodelle wird in diesem Kapitel vorgestellt.

Am Ende folgen einige allgemeine Informationen über Emotionsmodelle, sowie zwei konkrete Ansätze aus der Forschung mit Emotionen.

5.1 Emotionsformen des Dialoges

Zu Beginn werden einige Begrifflichkeiten erklärt, um Missverständnisse zu vermeiden. Innerhalb eines Systems gibt es unterschiedliche Emotionsformen. Eine Herangehensweise ist die Erkennung der Emotionen der Person, die eine Anwendung benutzt. Im Affective Computing ist ein Anwendungsbeispiel die Erkennung von Emotionen, um Autisten das Leben zu erleichtern. Ein Beispiel hierfür sind Tutorsysteme, die sich auf die Fähigkeiten des Anwenders einstellen. [2]

Eine weitere Herangehensweise ist die Modellierung systemeigener Emotionen, wie dies zum Beispiel im Companion Bereich gemacht wird, um die Glaubwürdigkeit von Agenten zu erhöhen. Ein Beispiel sind hier die Arbeiten von Christian Becker-Asano. [6] In den Ergebnissen, die in den vorherigen Kapiteln vorgestellt wurden, gab es solche systemeigenen Emotionen nicht. Es wurde dessen ungeachtet über die Weise der Bewegungsabläufe versucht, dem Anwender eine Art von Eigenleben zu simulieren.

Die dritte und umfangreichste Herangehensweise ist die Kombination dieser beiden Ansätze. Ein Beispiel hierfür ist eine Flirtmaschine. Hierbei hat nicht nur das System eine Emotion, sondern es nimmt auch noch Einfluss auf die Emotionen des Gegenübers.

5.1.1 Emotionen des Anwenders

Eine mögliche Betrachtung sind die Emotionen des Anwenders. Verschiedene Sensoren werden dafür verwendet, die Emotionen des Benutzers zu erkennen. Es werden Hypothesen über den emotionalen Zustand eines Betrachters gemacht. In den hier vorgestellten Experimenten wurde die SHORE Softwarebibliothek verwendet, um auf die Emotion des Menschen vor dem System zu schließen. Darüber hinaus ist es an dieser Stelle nötig, zusätzlich diverse Kontextinformationen heranzuziehen, um eine geeignete Kategorisierung der Emotionen vorzunehmen. Wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, reicht eine reine Erkennung von Emotionen im Gesicht beispielsweise für eine zuverlässige Einordnung nicht aus. Eine Kombination verschiedener Modalitäten ist an dieser Stelle sinnvoll.

5.1.2 Emotionen des Systems

Die Modellierung systemeigener Emotionen erfordert ein internes Emotionsmodell. Dies schafft Klarheit bezüglich der Übergänge von einem Zustand in einen anderen. So ist es zum Beispiel schwieriger, einen fröhlichen Menschen wütend zu machen, als einen, der bereits schlechte Laune hat. Dieses Wissen muss im System abgebildet werden. Das Ziel dieser Modellierung kann es sein, die Glaubwürdigkeit eines Agenten zu verbessern. Unter Umständen wird sie auch für den Versuch genutzt, eine Art Persönlichkeit darzustellen. Durch die Zuschreibung einer Persönlichkeit ist es möglich, eine emotionale Bindung zu einem Objekt herzustellen. Ein Beispiel an dieser Stelle ist der bereits zuvor erwähnte Max von der Universität in Bielefeld (siehe Grafik 2.9). In diesem Projekt wurde ein Agent geschaffen, den man beleidigen kann.

5.1.3 Kombination der Emotionen des Anwenders mit denen des Systems

Die Modellierung eigener Emotionen mit dem Ziel, die Empfindungen einer Person zu beeinflussen, ist ein komplexes Problem. Als Beispiel ist hier eine Flirtmaschine zu nennen. Auf der ersten Stufe muss man sich eigener Gefühle und Absichten bewusst werden. Auf der zweiten Stufe muss man versuchen, die Absichten des Gegenübers zu erkennen und im besten Fall in der dritten Stufe sogar einen Einfluss darauf nehmen zu können. Kurzgefasst stellt sich die Frage, wie ich das Gegenüber dazu bekomme, mich zu mögen bzw. auf meine Avancen anzuspringen. Dieser Fall muss natürlich nur dann in Kraft treten, wenn die Emotionen des Gegenübers von den eigenen abweichen.

5.1.4 Fazit

Aus den verschiedenen Formen von Emotionen innerhalb eines Dialoges wird ersichtlich, dass eine Erweiterung der in Kapitel 3.1 beschriebenen Architektur nötig ist. So wird ein Freiheitsgrad über die Verwendung systemeigener Emotionen erreicht.

5.2 Erweiterung der Architektur

Im Folgenden wird eine mögliche Erweiterung für das bestehende System beschrieben. Zu Beginn wird der Ansatz aus dem SmartKom Projekt vorgestellt. Daraufhin werden nötige Grundlagen geliefert und es wird die Erweiterung der in Kapitel 3.1 beschriebenen Architektur erläutert.

5.2.1 Ansatz multimodales System

Bereits in der Vergangenheit hat es multimodale Ansätze gegeben, die den emotionalen Zustand einer Person zur Modellierung herangezogen haben. Das SmartKom Projekt hat in den 90er Jahren versucht, verschiedene Modalitäten zu kombinieren, um auf den Zustand des Anwenders zu schließen. [14] Die Grafik 5.1 zeigt den multimodalen Ansatz der Architektur von SmartKom. Unterschiedliche Inputs werden miteinander verrechnet und führen zu einem multimodalen Mediendesign für die Ausgabeplanung. [82]

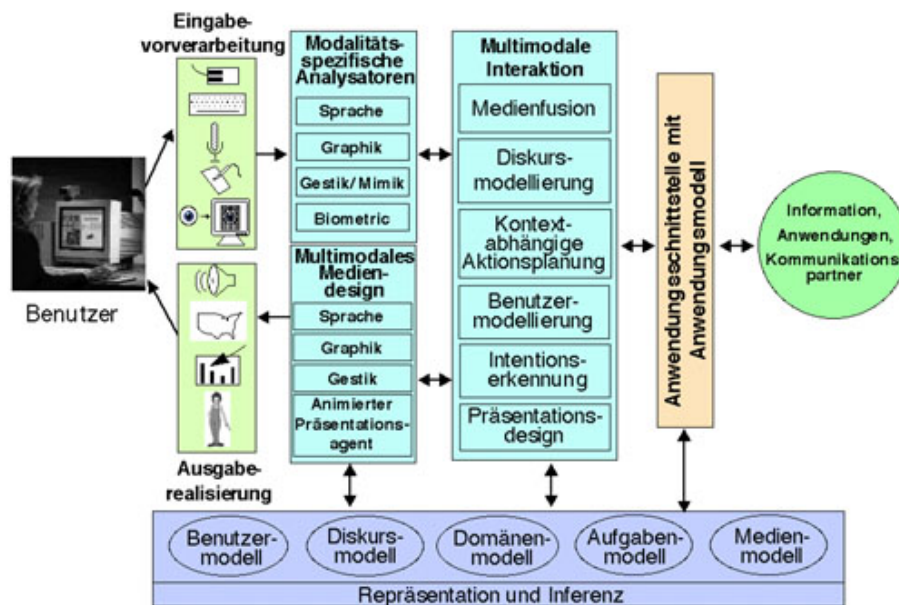


Abbildung 5.1: Grobarchitektur von SmartKom (Quelle: [14])

Das folgende Zitat stammt aus einem dem Projekt zugehörigen Bericht und soll zeigen, wie versucht wird, auf die Emotionen des Nutzers Rücksicht zu nehmen:

„A new direction in improving automatic dialogue systems is to make a human-machine dialogue more similar to a human-human dialogue. A modern system should be able to recognize the semantic content of spoken utterances but also to interpret some paralinguistic or non-verbal information - as indicators of the internal user state - in order to detect success or trouble in communication.“ [37]

Das Zitat besagt, dass moderne Systeme in der Lage sein sollten, nicht nur auf den Sachinhalt eines Dialoges einzugehen, sondern auch eine Idee über den non-verbale Inhalt haben sollten. Dieser non-verbale Hintergrund lässt sich als Indikator für den internen Zustand des Nutzers verwenden. So ist es dem System möglich, Probleme in der Kommunikation zu detektieren.

„A common problem in a human-machine dialogue, where information about a users internal state of mind may give a clue, is, for instance, the recurrent misunderstanding of the user by the system. This can be prevented if we detect the anger in the users voice. In contrast to anger, a joyful face combined with a pleased voice may indicate a satisfied user, who wants to go on with the current dialogue behavior, while a hesitant searching gesture of the user reveals his unsureness.“ [37]

Dieses Zitat weist auf mögliche Probleme in Mensch-Maschinen-Dialogen hin. Eine Fehlinterpretation über den internen Zustand eines Anwenders könnte zu Wut führen. Die Arbeit versucht, das durch die Auswertung von Emotionen in der Stimme des Anwenders zu verhindern. Zusätzlich wird auch ein „glückliches“ Gesicht mitberücksichtigt, genauso wie „suchende“ Gesten auf die Unsicherheit des Anwenders hindeuten können.

Eine Idee von Wolfgang Wahlster ist die Hoffnung, auch Sarkasmus in der Stimme eines Menschen erkennen zu können. So kann der Satz „Das finde ich aber toll!“ je nach Betonung völlig unterschiedliche Bedeutungen haben. Daher war eine Idee in diesem Kontext, die Sprachsteuerung eines Recorders nur dann einen Film aufnehmen zu lassen, wenn kein Sarkasmus in der Aussage vorhanden ist. Somit findet an dieser Stelle eine Reinterpretation des Faktischen durch die Emotionen in der Sprache statt.

Die Architektur des SmartKom Projektes verdeutlicht die Wichtigkeit verschiedener Modalitäten. Es wird versucht, die Komplexität der menschlichen Kommunikation zu berücksichtigen. Die Veröffentlichungen, die im Rahmen der hier präsentierten Arbeit gemacht wurden, konzentrieren sich auf den emotionalen Anteil der Kommunikation. Der dort präsentierte Ansatz basiert deshalb auf der Trennung der Sach- und Emotionsebene. Eine reine Betrachtung der Emotionsebene soll dabei helfen, sich auf diesen Ansatz zu fokussieren und so zu neuen Erkenntnissen führen. Eine genauere Beschreibung befindet sich in der Veröffentlichung „Emotion Sensitive Active Surfaces“. [59]

Um dem Traum eines emotionalen Dialogs zwischen dem Anwender und einem System zu ermöglichen, ist es, wie bereits in den vorherigen Kapiteln beschrieben, nötig, die Emotionen des Anwenders zu erkennen. Hierfür ist es nötig, dass wie in Kapitel 3 gezeigt, verschiedene Sensoren verwendet werden. In Kapitel 3 wurden Experimente in diese Richtung erläutert. Das System muss des Weiteren in der Lage sein, Emotionen zu kommunizieren. Für diese Acting Modelle wurden verschiedene Experimente gemacht, diese wurden in Kapitel 4 und in der Masterarbeit von Svenja Keune vorgestellt. [44] Dadurch ist das System in der Lage, Emotionen nach außen hin transparent zu machen.

Um einen wiederverwendbaren Aufbau zu gewährleisten, ist es erforderlich, Emotionsmodelle leicht austauschbar zu gestalten, um auch an dieser Stelle verschiedene Experimente zu

ermöglichen. In dem bisherigen Ansatz wurde die Implementierung der SHORE Softwarebibliothek als geschlossenes System genutzt. An diese Stelle sollen nun verschiedene Modelle treten, um eine Interpretation durch eigene Modelle zu ermöglichen.

Ziel dieser Arbeit ist somit die Erweiterung einer an SmartKom angelehnten Architektur und deren Erweiterung um emotionale Modelle. Eine Anforderung an solche Emotionsmodelle ist genau wie bei dem Rest der Architektur, dass sie äußerst flexibel, erweiterbar und ersetzbar sind. Nur so können verschiedene Experimente ermöglicht werden, welche dann Rückschlüsse auf die Verwendung solcher Modelle liefern können.

5.2.2 Grundlagen über die Bildung einer Hypothese

Der Prozess für die Bildung einer Hypothese über einen emotionalen Zustand wird in Grafik 5.2 gezeigt. Schwierigkeiten bestehen darin, dass aus einer vorhandenen Menge an Sensordaten nach einer Vorverarbeitung eine Annahme über den emotionalen Zustand einer Person getroffen werden muss. Die aus der Menge von Daten extrahierten Features werden daraufhin für die Bildung der Hypothese herangezogen. Auch hier ist eine große Herausforderung zu bewältigen, denn eine Anforderung an die Wahl der Sensoren ist, dass sie zu dem gewählten Modell passen, denn die entstandenen Feature Vektoren werden daraufhin in einem Zustandsraum abgebildet. Der so entstandene Teilraum dieses Zustandsraumes lässt nun auf eine Emotion schließen. Somit ergibt sich aus dieser Abbildung in einem Emotionsraum dann der emotionale Zustand einer Person. Wichtig ist zu erwähnen, dass es sich an dieser Stelle um eine kaskadierende Interpretation handelt. Als Beispiel werden aus Kamerabildern Gesichter erkannt. Innerhalb dieser Gesichter werden dann Gesichtsausdrücke erkannt. Zum Beispiel aufgrund der Stellung von Augenbrauen und der Nasenflügel werden sogenannte Action Units gebildet, die wiederum einen Rückschluss auf die Emotion einer Person geben. Diese AUs werden somit in dem Emotionsraum abgebildet.

5.2.3 Anforderungen an die Wahl eines Emotionsmodells

Es stellt sich die Frage nach einer geeigneten Auswahl von Modellen, die für eine Feature Extraction verwendet werden können, bzw. welche Modelle für die vorgegebenen Feature Vektoren verwendet werden können oder wie durch die Feature Extraction auf für das Modell geeignete Feature Vektoren geschlossen werden kann. Die Frage ist also, ob es adäquate Modelle gibt, die mit den vorhandenen Features bedient werden können und ob zusätzlich deren Sicherheit relevant ist.

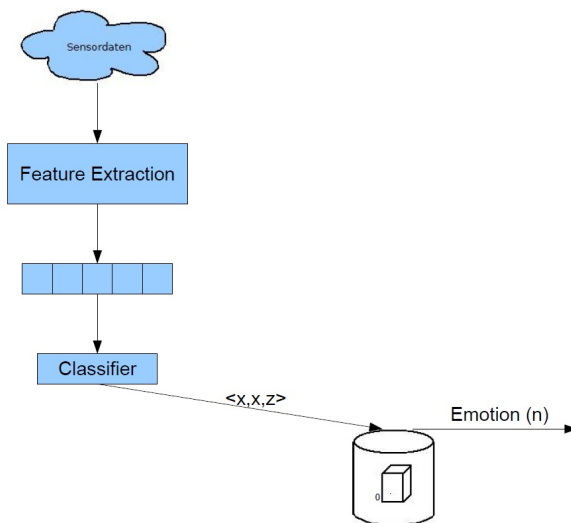


Abbildung 5.2: Prozess der Bildung einer Hypothese

Im Wesentlichen muss beantwortet werden, welche Modelle bei gewissen Features genutzt werden können und welche Emotionen bei den vorgegebenen Features extrahiert werden. Es ist eine immense Herausforderung, aus den vorhandenen Sensordaten einen Vektor einer vorgegebenen Größe zu erhalten. Somit hängt die Wahl des Modells und der Sensoren bzw. Features eng zusammen. Der Hauptaufwand steht also am Anfang bei der Feature Extraction. Das bedeutet unter anderem einen hohen Kommunikationsaufwand, welche Kontextinformationen bezogen auf die Umwelt herangezogen werden sollten. Es ist an dieser Stelle also nötig, eine weitere Zwischeninterpretation oder einen Adapter zu schaffen, der es ermöglicht, diese Komponenten zu verbinden.

5.2.4 Erweiterung der Architektur um Emotionsmodelle

In den zuvor beschriebenen Kapiteln wurde die Wichtigkeit einer flexiblen Architektur dargestellt. Es ist wichtig, dass einzelne Komponenten leicht und schnell ausgetauscht werden können. Auch die Erweiterbarkeit spielt eine große Rolle. An dieser Stelle soll die in Kapitel „Experimente in Richtung emotionaler Modellierung“ (siehe Kapitel 3.1) beschriebene Architektur (siehe Grafik 3.1) um die Verwendung eines Emotionsmodells erweitert werden. Der bisherige Ansatz war durch die Verwendung innerhalb der SHORE Softwarebibliothek verwendeten Algorithmen ein geschlossenes System.

Die Architektur konnte bisher so modular gestaltet werden, dass sie Möglichkeiten für unterschiedliche Experimente bietet. Sie gewährleistet die Möglichkeit, schnell und leicht

Versuchsaufbauten zu konzipieren. Beispiele hierfür wurden in Kapitel 3 beschrieben. Das System ist, wie bereits erwähnt, leicht erweiter- und anpassbar.

Diese Arbeit zeigt, dass das Ziel, eine Softwareplattform zur Verfügung zu stellen, die eine Grundlage für Experimente auf der Basis verschiedener Sensoren und Aktoren darstellt, erreicht werden konnte. Der Ausdruck von Emotionen wurde in Form von Lomelia (siehe Kapitel 4) ebenfalls erfolgreich durchgeführt.

Retrospektiv ist für eine systematische Durchführung der Experimente in Richtung emotionaler Modellierung aber eine Erweiterung um emotionale Modelle nötig. Die bisherige Modellierung der Emotionen basierte weitestgehend auf der Basis der von der SHORE Softwarebibliothek zur Verfügung gestellten Emotionen. In dem Objekt Lomelia wurde diese verwendet und die Kategorisierung in emotionale Zustände übernommen. Die Experimente mit verschiedenen Technologien haben außerdem gezeigt, dass neue Komponenten einfach integrierbar sind. Ein Beispiel ist hier die Hinzunahme der Kinect Kamera als zusätzlichen Sensor. Die emotionalen Modelle sollen genauso modular, einfach austauschbar und integrierbar sein wie der Rest der Architektur. Die Grafik 5.3 zeigt die Erweiterung der Architektur um emotionale Modelle, denn die Interpretation eines Emotionszustandes erfordert das Heranziehen eines geeigneten Emotionsmodells.

Die Grafik 5.3 zeigt eine Planing Unit. Der Einsatz innerhalb der Architektur wird dazu verwendet, einen Plan zu erstellen. An dieser Stelle kann ein solcher Plan auch aus einer reinen Reaktion bestehen. Ein Beispiel aus der Mensch-Mensch-Kommunikation ist das unterschiedliche Verhalten bei einer positiven Grundstimmung. Wenn jemand schlechte Laune hat, wird seine Kritik weit deutlicher ausfallen als an einem Tag, an dem er gute Laune hat.

Eine Herausforderung in der Wahl eines passenden Emotionsmodells sind die Pre und Post Conditions für ein Modell. Die vom System zur Verfügung gestellten Feature Vektoren müssen mit dem zugrunde liegenden Emotionsmodell kompatibel sein. Bei der Auswertung von Emotionen in der Sprache muss beispielsweise klar sein, worauf der Fokus gelegt ist. Wörter pro Zeit, ein hoher Geräuschpegel oder ein semantischer Tiefgang haben eine unterschiedliche Aussagekraft. Zusätzlich zu der Mimik einer Person ist auch ihre impulsive Gestik ein Indiz für ihren emotionalen Zustand.

Die Verwendung austauschbarer Emotionsmodelle erfordert demnach eine zusätzliche Erweiterung, auf deren Basis es möglich wird, verschiedene Emotionsmodelle zu testen.

5.2.5 Erweiterung für die gegebenen Anforderungen

Die Herausforderung besteht darin, das jeweilige Emotionsmodell so zu entkoppeln, dass es einfach ausgetauscht werden kann. Die Grafik 5.4 zeigt deshalb eine mögliche Erweiterung

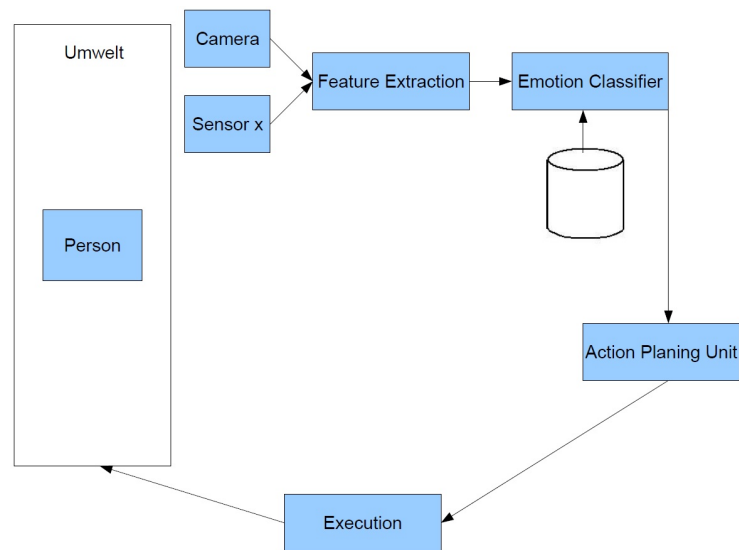


Abbildung 5.3: Erweiterung der Architektur um die Modellierung von systemeigenen Emotionen und eine Planing Unit

um einen Interpreter. Dieser muss in der Lage sein, die vorhandenen Daten in einen für das Emotionsmodell passenden Feature Vektor zu verarbeiten.

Es wurde bereits erwähnt, dass es neben der emotionalen Ebene innerhalb der Mensch-Mensch-Kommunikation zusätzlich eine Sachebene gibt. An dieser Stelle ist aufgrund unterschiedlicher Dimensionen eine Fusion notwendig. Ein Beispiel dafür wäre die SmartKom Architektur 5.1. Es gibt verschiedene Strategien, die Modelle zu vereinbaren. SmartKom (siehe Grafik 5.1) nutzt zum Beispiel einen Kanal, um den anderen zu prüfen und um so die Treffsicherheit zu erhöhen.

In dieser Architekturerweiterung ist ein Beispiel eines möglichen Sensors an dieser Stelle eine Kamera zur Emotionserkennung im Gesicht, wie dies bereits in den Experimenten mit dem Objekt Lomelia beschrieben wurde. Die erkannten Daten stehen in der Grafik 5.4 für die Raw Data. Aus diesen Rohdaten werden daraufhin dann Gesichtsausdrücke erkannt, was an dieser Stelle ein Basic Feature darstellt. Aus diesen Gesichtsausdrücken werden dann im Modell der Basisemotionen von Ekman sogenannte Action Units (AUs) erkannt. Diese AUs gehen dann in die zweite semantische Interpretation und müssen für die Modelle in einen passenden Feature Vektor verpackt werden. Im rechten Teil der Grafik könnte als Beispiel die Erkennung von Emotionen in der Sprache dienen. Zuerst müssen Wörter oder Sätze erkannt werden. Durch die Betonung, den Satzrhythmus oder die Intensität kann dann eine weitere Interpretation erfolgen. Spricht jemand zum Beispiel lauter oder schreit sogar, ist die Wahrnehmung eine völlig andere.

Auch an dieser Stelle ist eine weitere Interpretation in Richtung eines für die Modelle passenden Vektors nötig. Diese völlig unterschiedlichen Sensoren müssen nun kombiniert und in Richtung eines Modells interpretiert werden. Die Grafik 5.3 zeigt dieses Vorgehen. Die Möglichkeiten einer Anpassung von Feature Vektoren an dieser Stelle sind begrenzt. Wenn sie nicht zu einem vorgesehenen Modell passen, können einzelne Werte auf Null gesetzt werden. Die Nutzung eines solchen Fixed Value kann unter Umständen das Ergebnis verfälschen. Zusätzlich könnte ein Mittelwert oder eine andere Funktion verwendet werden. Es ist aber auch möglich, dass keine Anpassung möglich ist. Die vorhandenen Sensoren also einfach nicht kompatibel sind mit dem vorhandenen Emotionsmodell.

Ein Fazit an dieser Stelle ist die Notwendigkeit eines Interpreters in Richtung eines Feature Vektors, um den Übergang von sogenannten AUs in ein emotionales Modell zu ermöglichen, da ansonsten keine Kompatibilität gewährleistet werden kann, aber selbst dann ist eine Verwendbarkeit unter Umständen nicht möglich. Die Architektur muss also, wie bereits erwähnt, die Möglichkeit bieten, unterschiedliche Emotionsmodelle schnell und einfach testen zu können.

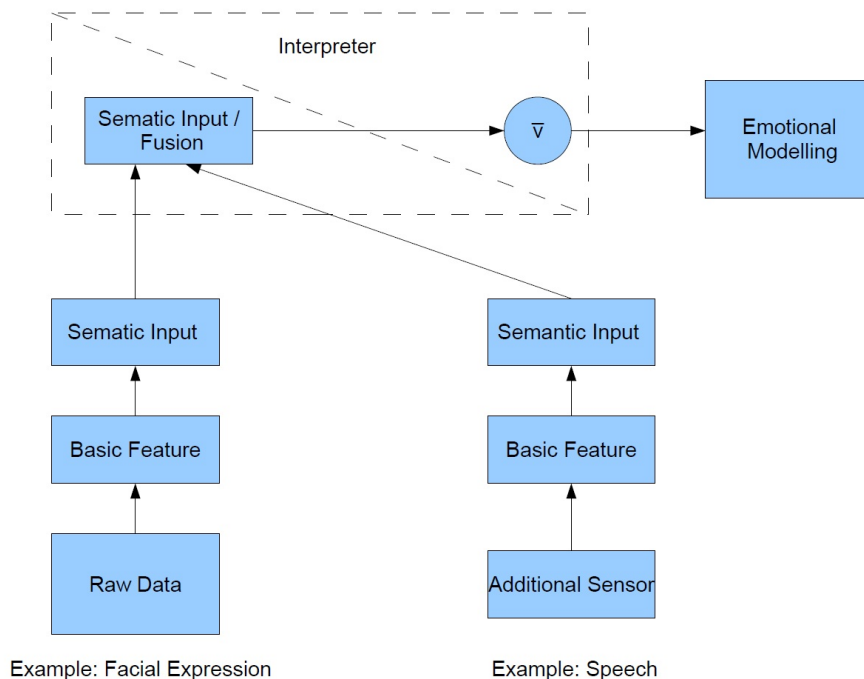


Abbildung 5.4: Abbildungsprozess innerhalb der erweiterten Architektur

Ein möglicher Freiheitsgrad an dieser Stelle ist die Wahl eines entsprechenden Emotionsmodells. Im Folgenden werden ausgewählte Modelle vorgestellt.

5.3 Darstellung von Emotionen

Emotionsmodelle (Computational Models of Emotions) vereinen die Bereiche Psychologie und Informatik. Diese Zusammenführung birgt einige Schwierigkeiten. Annahmen und Designentscheidungen betreffen oft nur einen der beiden Bereiche. Es ist eine große Herausforderung, Modelle zu entwickeln, die sowohl dem einen als auch dem anderen Bereich entsprechen. Das Modell muss zu dem entsprechenden Anwendungsfall passen. Die Entscheidung für ein zugrunde liegendes Emotionsmodell ist essentiell und somit nicht trivial. Die Arbeit von Scherer et al. [70] bietet einen detaillierten Überblick über das Thema Emotionsmodelle.

Psychologen befassen sich mit der Mensch-Mensch-Kommunikation. Die meisten Emotionsmodelle aus der Psychologie liegen in natürlicher Sprache vor. [70] Auch deshalb sind sie lange nicht so explizit und systematisch formuliert, wie dies für ein Computermodell nötig wäre. Denn für eine genaue Abbildung einer Theorie im Rahmen eines Computermodells ist eine formale Definition der Prozesse und Strukturen erforderlich. Die Verwendung von Emotionen für virtuelle Avatare hat einen großen Einfluss auf die soziale Interaktion. Der Wille, mit einem virtuellen Menschen zu kooperieren, wird nachgewiesenermaßen durch Emotionen gesteigert. [6] Des Weiteren können Fluidity und Lernerfolge gesteigert werden. Außerdem hat es einen Einfluss auf die Glaubwürdigkeit eines Agenten. [6]

Emotionen unterbrechen den normalen Kognitionsfluss. Laut Damasio können Verletzungen im präfrontalen Cortex dazu führen, dass Entscheidungsfindungen maßgeblich beeinflusst werden. Andere Autoren weisen auf den großen Einfluss von Gefühlen wie Wut oder Schuld hin. Ein Beispiel für die irrationale Entscheidungsfindung ist an dieser Stelle das Gefangenendilemma. Zusätzlich hat Wunsdenken einen immensen Einfluss auf die Rationalität: Eltern, die ihre Kinder verteidigen, obwohl ihnen ein schweres Verbrechen zur Last gelegt wird, welches eindeutig bewiesen wurde. [70]

Ein emotionales Display kann dafür genutzt werden, Annahmen über das Verhalten einer Person zu treffen. Ärger sorgt dafür, dass soziale Normen eingehalten werden. Die Anzeige von Schuld kann zu Vergebung führen. Trauer löst bei einen das Bedürfnis aus zu helfen und Freude kann wiederum bei anderen soziale Unterstützung zusichern. [70, 18]

Ein in der Psychologie bekanntes Phänomen ist die Self-fulfilling prophecy bzw. selbst-erfüllende Prophezeiung. Diese besagt, dass selbst unterschwellig gesendete Emotionen bei anderen ein Verhalten implizieren können. Virtuelle Avatare mit der Möglichkeit, Emotionen auszudrücken, sorgen somit für effektivere Interaktionen. [70]

In der menschlichen Kommunikation spielen Emotionen eine wichtige Rolle. Außerdem handelt es sich um ein schwieriges Feld, weil jeder Emotionen hat. Dieses Feld ist geprägt von

widersprüchlichen Meinungen über Emotionen, da diese Teil des täglichen Lebens von jedem Menschen sind. Dies ist einer der Gründe, warum es unterschiedliche Interpretationen gibt. [70]

Viele Psychologen stellen Hunger, Fortpflanzung und den Überlebenswillen als Triebfedern unseres Daseins dar. Emotionen sind in der Lage, diese zu verdrängen. Ekel schafft es zum Beispiel, jemanden vom Essen abzuhalten. Angst und Ekel können den Trieb zur Fortpflanzung stoppen und fehlgeleitete Emotionen wie Verzweiflung vermögen es sogar, Menschen in den Selbstmord zu treiben. [18]

In der Literatur ist des Öfteren erwähnt worden, wie schwer eine angemessene Übersetzung von Emotionen fällt. Das Beispiel „anger“ kann sowohl für Zorn, Wut aber auch Ärger stehen. „Sadness“ für Trauer oder Traurigkeit. Im Deutschen sind dies völlig unterschiedliche Emotionen. Die Zuordnung von Emotionen in Form von Übersetzungen ist also eine mögliche Fehlerquelle. [18] Zusammengefasst kann man sagen, dass es kulturelle Unterschiede im sprachlichen Ausdruck der Interpretation von AUs gibt. [69] Da wie zuvor erwähnt die meisten Modelle aus der Psychologie sprachlich abgelegt sind, liegt hier eine mögliche Fehlerquelle.

5.3.1 Diskreter Ansatz - Basisemotionen

Diese Theorie wurde begründet von Paul Ekman. Seine Ansätze basieren auf den Ideen von Charles Darwins „The Expression of the emotions in man and animal“ aus dem Jahr 1862. [69] Darwin hat laut Ekman seine Umwelt betrachtet und festgestellt, dass Emotionen überall auf der Welt geteilt werden, unter anderem sogar mit Tieren. Er vertritt die Meinung, dass es gewisse Basisemotionen gäbe, die jedem Menschen angeboren sind. Laut Ekmans Buch „Gefühle lesen“ wollte er zu Beginn seiner Forschungen die Theorien von Darwin widerlegen, denn er war überzeugt, dass Emotionen in kultureller Abhängigkeit entstehen und nicht von der Biologie gemacht werden. Im Laufe seiner Studien, bei denen er die Gesichtsausdrücke von Menschen auf der ganzen Welt untersuchte, musste er jedoch feststellen, dass bestimmte Gesichtsausdrücke von Emotionen für alle Kulturen der Erde erkennbar sind. Laut Ekman gibt es sechs verschiedene Emotionen, die bidirektional erkennbar sind. Außerdem behauptet er, dass es sogenannte Unique Expressions für die unterschiedlichen Emotionen gibt. Somit ist seiner Meinung nach die Veränderung der Gesichtsmuskeln beim Ausdruck einer Emotion bei allen Menschen gleich.

Nach Ekman sind bestimmte emotionale Gesichtsausdrücke universell und damit auf der ganzen Welt gleich. Seine Forschungen haben bewiesen, dass Bilder von durch Mimik dargestellten Emotionen von Menschen völlig unterschiedlicher Kulturen erkennbar sind. Untersucht hat er hierfür völlig isolierte Naturvölker in Neuguinea. Er hat versucht, die Probleme, die

in der Übersetzung von Emotionen auftreten können, durch die Erzählung von Geschichten auszuschließen. So wurden Teilnehmer während des Experiments aufgefordert, Geschichten zu dem ihnen gezeigten Gesichtsausdruck zu erzählen. Außerdem wurden ihnen Geschichten erzählt, die eine emotionale Reaktion zur Folge haben und sie sollten dieser Geschichte ein Foto zuordnen. Hierfür wurde den Teilnehmern ein Satz an Fotos zur Verfügung gestellt, aus welchem sie den ihrer Meinung nach passenden Gesichtsausdruck auswählen sollten. [18]

Kulturelle Unterschiede gibt es in der Ausprägung der Darstellung. In einigen Kulturen, wie zum Beispiel der japanischen, wird den Kindern bereits früh beigebracht, ihre Emotionen vor anderen zu verstecken. In Tests wurden Versuchspersonen Filme gezeigt, die unterschiedliche Emotionen hervorrufen. War niemand anderes im Raum, unterschieden sich die Darstellungen der Emotionen nicht. In Anwesenheit eines Wissenschaftlers hingegen haben zum Beispiel Japaner häufig deutlich weniger Reaktionen gezeigt. Einige interessante Arbeiten von Sauter beschäftigen sich auch mit dem Thema cross-cultural emotions, allerdings verwendet sie für ihre Studien keine Gesichtsausdrücke, sondern sie erforscht den Ausdruck von Emotionen in Form von Sprache bzw. Lauten. [69]

Eine Herausforderungen in der Einteilung von Emotionen ist die Erkennung von Furcht und Überraschung. Die zugehörigen Gesichtsausdrücke dieser beiden Emotionen ähneln sich auf Fotos sehr. Viele Testpersonen haben Schwierigkeiten in der Unterscheidung von Furcht und Überraschung. Dieses Phänomen ist sowohl bei den Naturvölkern in Neuguinea und Indonesien als auch in den USA aufgetreten. [69, 18]

Laut Ekman gibt es über 10.000 verschiedene Gesichtsausdrücke. Im Rahmen eines Experiments hat er die Muskeln im Gesicht einzeln elektrisch stimuliert. Im Jahre 1979 hat er die Ergebnisse verwendet und gemeinsam mit Wally Friesen eine Methode zur Messung von Gesichtsbewegungen veröffentlicht, das Facial Action Coding System - FACS. Inzwischen ist dieses System eine oft genutzte Grundlage zur Erkennung von Emotionen im Gesicht. Siehe Beispiele wie SHORE oder CERT.

Die Menschen auf den Bildern, die zum Trainieren solcher Tools verwendet werden, sind jedoch nicht wirklich traurig oder wütend, sondern ihre Gesichtsausdrücke wurden von den Betrachtern so interpretiert. Also basieren die meisten Tools zur Erkennung von Emotionen auf gespielten Emotionen. Dies ist eine mögliche Herausforderung in der Verwendung.

Ekman behauptet außerdem, dass die Möglichkeit besteht, Lügen anhand eines Gesichtsausdrucks erkennen zu können. Hierfür zieht er seine Erkenntnisse über sogenannte Micro Expressions heran. Das sind kurze und zum Teil weniger als eine Fünftelsekunde dauernde Gesichtsausdrücke, die auf eine Emotion hindeuten, die eine Person bewusst oder unbewusst unterdrückt.

Emotionen kommen nur selten allein beziehungsweise in reiner Form vor. Der Mensch kann sogenannte Affektprogramme lernen. Das heißt schnell und ohne Nachdenken ablaufende Muster sind zum Teil vererbt und zum Teil im späteren Leben erlernt.

Laut Ekman sind weder Empathie noch Mitleid Emotionen, sondern lediglich die Reaktion auf die Emotionen einer anderen Person. Er unterscheidet an dieser Stelle zwischen kognitiver und emotionaler Empathie. Bei der kognitiven Empathie steht lediglich das Erkennen von Emotionen eines anderen Menschen im Vordergrund. Emotionale Empathie hingegen sorgt dafür, dass man in der Lage ist, zu fühlen, was ein anderer fühlt. Mitleid bringt einen Menschen dazu, anderen zu helfen.

Es gibt die Möglichkeit, Profile für gewisse Emotionen zu erstellen und so die Facial Expressions auf ihre Wirksamkeit hin zu überprüfen. Solche Distinct Physiological Profiles zeigen beispielsweise, dass bei dem Empfinden von Angst das Blut einer Person in die Beine geht. Ein aus früheren Zeiten übrig gebliebenes Relikt zur Unterstützung bei der Flucht.

Bei Studien an Leichen wurden bestimmte Gesichtsmuskeln gefunden, welche bei jedem Menschen gleich sind. Diese sogenannten Unique Expressions untermauern Ekmans Theorien über Basisemotionen. [69]

Im Wesentlichen ist diese Art der Kategorisierung also nichts anderes als eine State Machine und kann deshalb auch wie ein Zustandsautomat implementiert werden.

Balancierte Emotionen

In den im zweiten Kapitel vorgestellten vergleichbaren Arbeiten fehlt die Berücksichtigung verschiedener positiver Emotionen. Es ist ein klares Ungleichgewicht zwischen den Zuordnungsmöglichkeiten in positive und negative Emotionen zu erkennen. „Anger“, „fear“ und „sad“ stehen der Zuordnung von „happy“ gegenüber. In der Psychologie wird zwischen weit mehr positiven Emotionen unterschieden. Das Thema Glück ist ein großer Bereich. Wie Ekman über Synder und Lopez zitiert, wird der Forschung über positive Emotionen heute weit mehr Aufmerksamkeit geschenkt. Eine wichtige neue Begrifflichkeit ist das sinnliche Genießen (sensory pleasure). Hier sind einige mögliche Unterbereiche für eine Kategorisierung geeignet, z. B. die Einteilung, ob diese sinnliche Wahrnehmung visueller, taktiler, olfaktorischer, auditorischer und gustatorischer Natur ist.

Eine der einfachsten positiven Emotionen ist laut Ekman das Belustigtsein (amusement). Viele Menschen amüsieren sich gerne, wie die Unterhaltungsindustrie beweist. Eine weitere positive Emotion ist Zufriedenheit (contentment). Dies beschreibt den Zustand, in dem die Welt um den Menschen herum in Ordnung ist und er sich in seiner Haut wohlfühlt. Erregung (excitement) hingegen erfolgt bei dem Auftreten von etwas Neuem oder einer Herausforderung.

Laut Ekman ist dies aber ein Zustand des Denkens als eine Emotion. Allerdings kann reines Interesse zu einer größeren Erregung heranwachsen. Ekman zufolge stehen Erregung und Angst in einer engen Beziehung. Beispiele hierfür sind Skiabfahrten oder Achterbahnen. Erleichterung (relief) stellt sich ein, wenn eine Anspannung, die unsere Emotionen in großer Weise beansprucht hat, von uns abfällt. [18]

Das Ziel für die Zukunft kann also die Verarbeitung der Erkenntnisse aus der Forschung über positive Emotionen in ein emotionales Modell einer Person sein. Dies wäre eine deutliche Verbesserung der bisherigen Erkennung von Emotionen.

5.3.2 Vergleich des statischen gegen den kontinuierlichen Ansatz

Ekman hat eine Reduktion der Komplexität von 10.000 verschiedenen Gesichtsausdrücken auf wenige AUs vorgestellt. Verschiedene Kombinationen dieser AUs wurden von ihm in sogenannte universelle emotionale Gesichtsausdrücke kategorisiert. Diese universellen Emotionen können wie Zustände im System modelliert werden. Sollte die hauptsächliche Verwendung von Zuständen nicht ausreichen, ist es möglich, auf kontinuierliche Ansätze auszuweichen. Es wurde in den Experimenten zunächst ein diskretes Modell verwendet. Andere wie zum Beispiel Christian Becker-Asano haben hingegen einen kontinuierlichen Ansatz gewählt. Dieser wird im Folgenden vorgestellt.

5.3.3 Kontinuierlicher Ansatz - Verwendung von Dimensionen

Anstatt einer Kategorisierung wird in dieser Theorie eine Abbildung der Emotionen in Dimensionen vorgenommen. Das zugrunde liegende Modell von Russel verwendet die Dimensionen Pleasure und Arousal. Das bedeutet, es beachtet, wie vergnügt oder erregt eine Person ist. Die Abbildung findet an dieser Stelle in einem unabhängigen zweidimensionalen Raum statt. Dadurch, dass keine Kategorisierung in Zustände wie „fear“ oder „anger“ vorgenommen wird, sondern es Dimensionen gibt, in denen sich die Zustände bewegen, ist diese Theorie weit mehr „fuzzy“ als das von Ekman vorgestellte Modell.

Ein Ansatz über Emotionen im Dimensionsraum besagt, dass wir am Anfang nur eine Erregung (arousal) spüren und erst im Laufe der Zeit lernen, welchen Emotionen wir diese Erregung zuordnen können. Dieser Ansatz ist ähnlich dem des Sprachzentrums im Gehirn. Dieses Zentrum ist angeboren, aber welche Sprache wir in unserem Leben lernen, hängt stark von der Umwelt ab und ist kulturell unterschiedlich. Diese Rolle der Sprache (rule of language) ist der wesentliche Unterschied, zu der zuvor vorgestellten Theorie von Ekman und ein großer Streitpunkt zwischen den beiden Parteien. Die von Ekman vorgestellten Arbeiten basieren

auf der Annahme, dass es gewisse Basisemotionen gibt, die jedem Menschen angeboren sind. Bisher gibt es noch keine Tests, die eine der beiden Theorien widerlegen können.

5.3.4 Beispiel einer Umsetzung

Im Kapitel „Vergleichbare Arbeiten“ (siehe Kapitel 2) wird die Arbeit von Christian Becker-Asano vorgestellt. Dieser hat im Rahmen seiner Arbeiten mehrere Emotionsmodelle aus der Psychologie analysiert und verglichen. Das Ziel war, ein Modell zu finden, welches den Anforderungen an eine Modellierung von Emotionen in der Informatik genügt. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist eine Abbildung von Emotionen in einem dreidimensionalen Raum. Er verwendet einen PAD-Raum (Pleasure-Arousal-Dominance) (siehe Grafik 5.5). Dieser besteht aus den Dimensionen „pleasantness“ und „unpleasantness“ (+P, -P), „arousal“ und „sleepiness“ (+A, -A), und „dominance“ und „submissiveness“ (+D, -D).

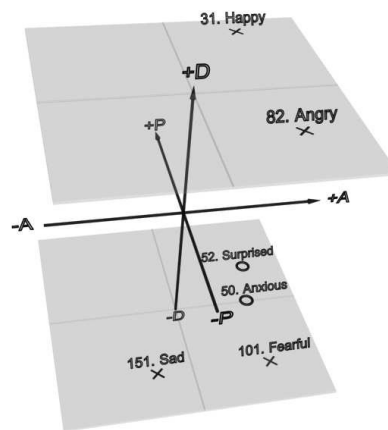


Abbildung 5.5: PAD-Raum (Pleasure-Arousal-Dominance) [6]

Bildung der Hypothese

Christian Becker-Asano unterscheidet in seinen früheren Arbeiten zwischen einer eher kurzfristigen Emotion und der tendenziell eher langfristigen Stimmung eines Avatars. Er verwendet beides zur Erstellung einer Hypothese. Laut Becker-Asanos Forschungen im Bereich der psychologischen Theorie sind sowohl Emotion als auch die Stimmung einer Person voneinander abhängig. Eine Emotion, die ein Mensch zu einem bestimmten Zeitpunkt empfindet, hängt somit auch von seiner momentanen Stimmungslage ab. Becker-Asano beschreibt diesen Ansatz als eine Art Aufschaukeln der Emotionen. Kurze aufeinanderfolgende Emotionen ähnlicher

Wertigkeit (Valenz) führen zu einer Stimmung ähnlicher Valenz. Das Auftreten mehrerer positiver Emotionen kann einen positiven Einfluss auf die Stimmung haben. Eine Stimmung ist zusätzlich emotional stabiler als eine Emotion. Es kann durchaus zeitliche Unterschiede zwischen den Emotionen geben und eine Emotion kann im Laufe der Zeit zu einer Stimmung werden. Im direkten Beispiel kann man also sagen: Durch die Hinzunahme der Stimmung in die Berechnung eines neuen emotionalen Zustandes wird es schwieriger, eine fröhliche Person wütend zu machen.

Becker-Asano stellt ein Emotionsmodul (siehe Grafik 5.6) vor, welches Stimmungslage, Emotionen und den zeitlichen Verlauf berücksichtigt. Die Ergebnisse der Berechnung werden auf konkrete emotionale Zustände abgebildet. An dieser Stelle geht er davon aus, dass sowohl die Emotionen als auch die Stimmung mit der Zeit kontinuierlich an Intensität in der Valenz verlieren. Emotionen haben hier eine konstante Halbwertszeit, welche er im zeitlichen Verlauf berücksichtigt. Diese Zeit ist parametrisierbar. Dieses Verhalten bietet die Möglichkeit, eine Art Persönlichkeit darzustellen. Über einen Proportionalitätsfaktor kann ein Agent gelassener oder sogar launisch werden.

In diesem Modell tendieren die Emotionen mit der Zeit gegen einen Nullpunkt. Hier wird davon ausgegangen, dass ein zu langes Fehlen von Emotionen bei einer Person Langeweile auslöst. So entstand am Ende ein Tripel aus emotionaler Valenz, Stimmung und Langeweile, wobei alle Parameter abhängig von der Zeit sind.

Das Ergebnis dieser Formel wird im PAD-Raum (siehe Grafik 5.5) abgebildet. Die verwendete Formel wird in Abbildung 5.7 dargestellt. Die Funktion $p(xt ; yt)$ berechnet den Pleasure-Wert, $a(xt ; zt)$ den Arousal-Wert und $d(t)$ den Dominance-Wert. Die Funktion greift auf die normierte Summe der Valenzen von Emotion und Stimmung zurück. Die Funktion $a(xt ; zt)$ berücksichtigt den Betrag der emotionalen Valenz und den Grad der Langeweile.

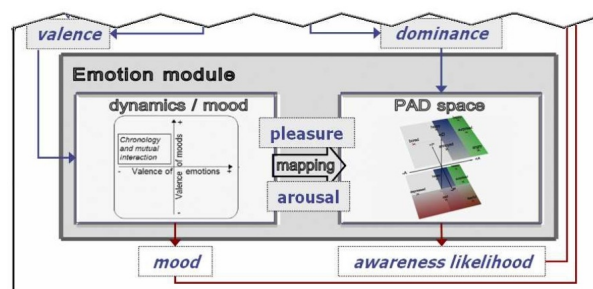


Abbildung 5.6: Emotion Module [6]

Zusätzlich zu Emotionen und Stimmungen werden auch Persönlichkeitseigenschaften berücksichtigt. Die Wasabi-Architektur bildet primary und secondary Emotionen ab (siehe Grafik

$$PAD(x_t, y_t, z_t) = (p(x_t, y_t), a(x_t, z_t), d(t)), \text{ with}$$

$$p(x_t, y_t) = \frac{1}{2} \cdot (x_t + y_t) \text{ and } a(x_t, z_t) = |x_t| + z_t$$

Abbildung 5.7: Abbildung der Emotionen [6]

5.8). Primäre Emotionen sind bei der Geburt bereits vorhandene, während sekundäre Emotionen sozial anezogen sind. Allerdings werden nur einige generelle Aspekte der sekundären Emotionen im PAD-Raum abgebildet. Die von ihm entwickelte Software (siehe Grafik 5.9) ist Open Source.

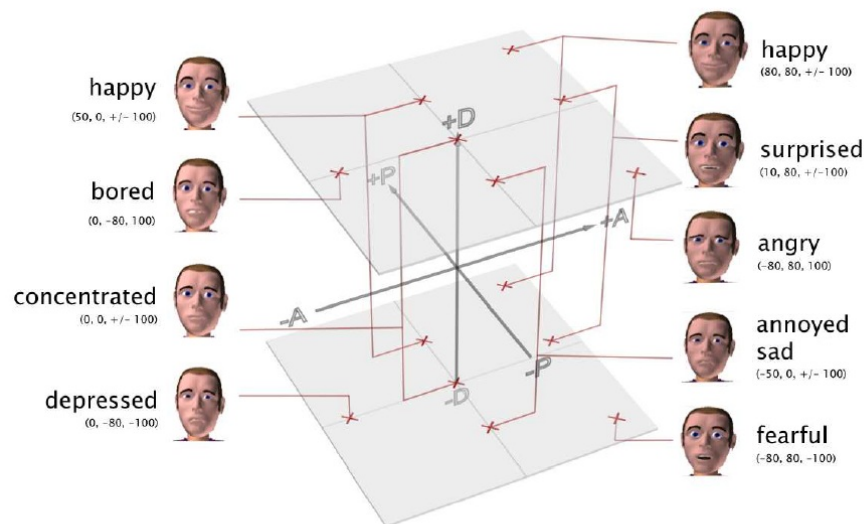


Abbildung 5.8: PAD-Raum (2) [6]

5.4 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurden die möglichen Formen von Emotionen, die innerhalb eines Systems modelliert werden können, vorgestellt. Die Experimente, die in den Kapiteln „Experimente in Richtung emotionaler Modellierung“ 3 und „Lomelia: Ganzheitlicher Ansatz für eine neuartige Mensch-Maschinen-Interaktion“ 4 dieser Arbeit beschrieben sind, haben sich auf die Emotionen des Anwenders konzentriert. Die Darstellung eines gewissen Eigenlebens beruhte auf der Freiheit des Designs und wurde durch den Anwender getriggert. Dies bestand somit aus einem

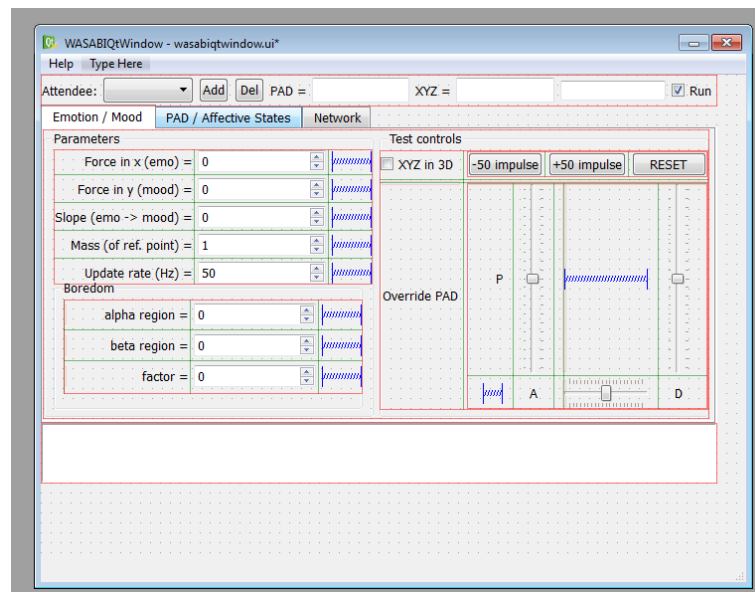


Abbildung 5.9: Wasabi [6]

prozeduralen Ablauf festgelegter Frequenzen oder aus einem Mapping von einer bei dem Anwender erkannten Emotion in eine andere dargestellte Emotion. Das Mapping während der DMY wird in der Tabelle 4.1 gezeigt und in der Veröffentlichung „Emotion Sensitive Active Surfaces“ ausführlich erläutert. [59]

Außerdem wurde in diesem Kapitel erläutert, dass die bestehende Architektur um Emotionsmodelle erweitert werden muss, um eine flexible Nutzung verschiedener Emotionsmodelle umsetzen zu können. Bestimmte Sensoren können unter Umständen nur die Verwendung gewisser Modelle erlauben.

Zusätzlich wurden allgemeine Informationen über verschiedene Arten von Emotionsmodellen gegeben und die Emotionsmodellierung in diesen beispielhaft dargestellt.

Das Fazit an dieser Stelle ist, dass es weiterer Experimente mit der erweiterten Architektur bedarf. Die Autorin strebt dies im Rahmen ihrer Promotion an. Im Folgenden wird nach einer Zusammenfassung der Arbeit ein Ausblick auf das Forschungsvorhaben gegeben.

6 Zusammenfassung und Ausblick

6.1 Zusammenfassung der Arbeit

Diese Arbeit behandelt das Thema Emotionale Modellierung in Mensch-Maschinen-Interaktionen. Hierfür wurden verschiedene Experimente, welche innerhalb der Masterprojekte durchgeführt wurden, präsentiert und die ihnen zugrunde liegende Architektur beschrieben. In den Experimenten wurden verschiedene Sensoren und Aktoren für die Erkennung bzw. Simulation von Emotionen getestet.

Des Weiteren wurden die Resultate dieser Experimente für die Architektur einer Softwareplattform zur Emotionserkennung unter Anwendung der SHORE Softwarebibliothek genutzt. Getestet wurde diese Plattform schließlich anhand weiterführender Experimente, in denen die Wirkung und Akzeptanz einer emotionalen Interaktion von Mensch und Maschine untersucht wurden. Des Weiteren wurden das Projekt Emotional Dialogue und das zugehörige Objekt Lomelia evaluiert. Die Resonanz der Teilnehmer auf die neue innovative Technologie war durchweg positiv. Somit ließ das Ergebnis auf ein deutlich steigendes Interesse an dem Bereich der emotionalen Mensch-Maschine-Interaktion schließen. Untermauert wurde diese Schlussfolgerung durch die Auszeichnung mit dem Publikumsaward, der während der DMY verliehen wurde, sowie durch die Veröffentlichungen „Emotional Interaction with Surfaces - Works of Design and Computing“ [48] und „Emotion Sensitive Active Surfaces“ [59].

Im letzten Abschnitt wurden Emotionsmodelle vorgestellt und die Austauschbarkeit von Emotionsmodellen für eine Erweiterung der Architektur untersucht, welche eine Grundlage für zukünftige Forschung bietet.

6.2 Ausblick

Die Arbeit mit Emotionen und Computern birgt zwei unterschiedliche Herausforderungen. Die rein technologische Fragestellung auf der einen und der gesellschaftliche Mehrwert auf der anderen Seite. Die Entwicklung der Technik ist laut Bundesministerium für Bildung und Forschung inzwischen ausreichend fortgeschritten. Ein Zitat aus dieser Ausschreibung des

BMBF besagt: „Aktuelle technologische Entwicklungen, insbesondere in der Sensorik, ermöglichen eine präzise Wahrnehmung der Umgebung, der Intention oder des kognitiven oder emotionalen Zustands des Nutzers. Dadurch entstehen technische Lösungen, die maßgeschneidert auf den jeweiligen Kontext und den individuellen Nutzer reagieren können und ihm so ein besseres Nutzungserlebnis und eine angemessene Unterstützung bieten. Sie können also einer großen Vielfalt von Lebensbedingungen, Fähigkeiten und Anforderungen verschiedenster Nutzer gerecht werden.“ [31] Die notwendige Technik zur erfolgreichen Erkennung von Emotionen gibt es also bereits. Diese Technik schließlich auf Anwendbarkeit zu prüfen und in Experimente mit austauschbaren Emotionsmodellen zu nutzen, ist Teil zukünftiger Arbeiten. Für eine zuverlässige Modellierung der im System vorhandenen unterschiedlichen Emotionen ist, wie am Beispiel der Flirtmaschine gezeigt wurde, ein immenser Aufwand nötig. Die Zukunft wird zeigen, wann diese Umsetzung möglich wird.

Das zweite offene Forschungsgebiet ist die Untersuchung des gesellschaftlichen Mehrwerts und der Akzeptanz solcher Technologien. Es stellt sich die Frage, wie sich unsere Gesellschaft in Zukunft verändern wird und welche Auswirkungen die Verwendung solcher interaktiven Systeme auf das soziale Miteinander oder auf die Ökonomie haben wird. [79] Die zunehmende Ähnlichkeit zum menschlichen Verhalten durch die Verwendung von Emotionen und die dadurch erhöhte Glaubwürdigkeit von Agenten gilt es ausführlich zu analysieren und zu evaluieren. Die Auswirkungen des Anthropomorphismus, der aus einer emotionalen Aktion eines Computers oder aus der Reaktion auf eine emotionale Handlung des Anwenders resultiert, sind vorerst nicht absehbar. Der Gamification Ansatz birgt an dieser Stelle großes Potenzial. Hierbei geht es darum, dass die Ansprache von Emotionen das Verhalten eines Menschen positiv beeinflussen kann. So könnte zum Beispiel ein Auto seinen Fahrer bei einer Geschwindigkeitsüberschreitung oder bei zu rasantem Fahrstil darauf hinweisen, dass es Angst um seine Außenhaut hat. Die Wirkung solcher Ideen und ob sich hierdurch ein positiver Effekt auf die Gesellschaft erzielen lässt, bleibt abzuwarten.

Die immensen Möglichkeiten des behandelten Themas werden im Rahmen weiterer Forschungen an der HAW Hamburg untersucht. Die Autorin beabsichtigt im Laufe ihres anschließenden PhD-Studiums, den Schwerpunkt beizubehalten und ihre Forschungen im Thema Emotionale Modellierung zu vertiefen.

Anhang

[< Vorheriger Artikel](#)[Nächster Artikel >](#)

Was der Gesichtsausdruck verrät

05.11.2012 Kategorie: Ausgabe
48, Technologie, Fraunhofer IIS,
Aus den Instituten

Eine Webcam, die selbst subtile Emotionen in Echtzeit erkennt und zuordnet? Eine Tapete, die ihren Betrachter aufmuntert, wenn er traurig ist? Was wie Zukunftsmusik klingt, ist dank der am Fraunhofer IIS entwickelten Software SHORE™ heute schon möglich. SHORE™ detektiert und analysiert Gesichtszüge – und das mit Erfolg: Zwei Anwendungen, die auf der Software basieren, sind ausgezeichnet worden.

Die Forschung über die Wirkung von Werbung setzt in der Regel auf nachträgliche Probandenbefragung. Das kann zu Verzerrungen führen, da Probanden ihre Emotionen nicht immer zugeben möchten oder sich nicht daran erinnern können. GfK EMO Scan schafft hier Abhilfe: Die Software ermöglicht es, die emotionale Reaktion einer Person anhand ihres Gesichtsausdrucks objektiv zu bewerten. Dabei sind weder spezielle Hardware noch geschultes Personal erforderlich – ein PC mit Internetverbindung und eine Webcam reichen aus. Während der Proband verschiedene Filmsequenzen betrachtet, analysiert GfK EMO Scan automatisch seine Gesichtsbewegungen: Bei positiven emotionalen Erfahrungen lächeln die Probanden, ablehnende Erfahrungen äußern sich hingegen häufig durch Stirnrünzeln und zusammengezogene Augen brauen. Die Software kann diese Signale erkennen und interpretiert gleichzeitig, wie positiv oder negativ das gerade Erlebte empfunden wird. Der Clou: Algorithmische Optimierungen ermöglichen dieses Vorgehen in Echtzeit. Die emotionale Wirkung von Werbung ist somit schnell und genau messbar, ohne den Probanden zu belasten. Dafür gab es für den GfK Verein den Innovationspreis der Deutschen Marktforschung 2012.



Die Studentinnen Larissa Müller (links) und Svenja Keune vor ihrem ausgezeichneten Textilobjekt »Emotional Dialogue«. Foto: DMY



SHORE? erkennt Geschlecht, Alter und Stimmung der Probanden. Foto: Fraunhofer IIS

Aus Forschung wird Kunst

Die kommunizierende Tapete »Emotional Dialogue« haben die Studentinnen Larissa Müller und Svenja Keune der Hochschule für Angewandte Wissenschaften HAW in Hamburg entwickelt. Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS stellte ihnen für wissenschaftliche Zwecke SHORE™ zur Verfügung. Die Tapete besteht aus schuppigen und fedrigen Formen, die mit der Software verbunden sind und auf die Stimmung des Betrachters reagieren. SHORE erkennt z. B. ob eine Person gerade lächelt, über rascht oder traurig schaut. Diese Möglichkeit nutzten die Studentinnen, um die Tapete stimmungsbedingt reagieren zu lassen: Bei einem überraschten Blick fängt sie beispielsweise an zu flattern oder gibt Töne von sich – und drückt so Freude und Aufmunterung aus. Die Studentinnen gewannen mit ihren interaktiven Textilien auf dem DMY (Day Month Year) International Design Festival im Juni 2012 in Berlin gleich drei Preise: den DMY Award, den von der FH Potsdam erstmals verliehenen Pappel-Designpreis und den Pappel-Publikumspreis.

Abbildung .1: Artikel des Fraunhofer Instituts Teil I [78]

SHORE™ erkennt menschliche Mimik

Grundlage beider Anwendungen ist die vom Fraunhofer IIS entwickelte Software SHORE™ zur Gesichtsdetektion und -analyse. Um positive und ablehnende Emotionen anhand von Gesichtsausdrücken zu erkennen, vergleicht SHORE™ Gesichter in Bildsequenzen, Videos oder Einzelbildern mit verschiedenen Modellgesichtern für positive und negative Emotionen. Diese prototypischen Gesichtsmodelle wurden mit Hilfe einer Datenbank mit Tausenden Gesichtern erstellt. Die Datenbank enthält Metainformationen zu jedem Gesicht. Der Vergleich des mit der Webcam aufgenommenen Gesichts mit den Gesichtsmodellen erfolgt auf Pixelebene, wobei besonders die für die Emotionsdetektion relevanten Bereiche wie Stirn, Augen und Mund berücksichtigt werden. Doch SHORE™ kann noch mehr: Die Software analysiert neben Gesichtszügen auch das Geschlecht sowie das ungefähre Alter von Personen. Zudem verfügt SHORE™ über ein Kurzzeitgedächtnis, mit dessen Hilfe sie Gesichter wiedererkennt, die nach ein paar Sekunden erneut im Bild erscheinen. SHORE™ ist als Software-Bibliothek beim Fraunhofer IIS verfügbar – beste Voraussetzung für weitere innovative Projekte.

Kontakt:

Thoralf Dietz
Telefon +49 9131 776-1630
thoralf.dietz@iis.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen
www.iis.fraunhofer.de

Abbildung .2: Artikel des Fraunhofer Instituts Teil II [78]

Zur Erforschung der Kommunikation zwischen Mensch und Oberfläche entwickelten Svenja Keune und Larissa Müller eine Art Tapete aus schuppigen und federigen Formen, die auf die Stimmung des Betrachters reagiert. Die Kommunikation läuft dabei non-verbal ab. „Wenn ich die Oberfläche überrascht anschau, fängt sie an zu flattern und macht Geräusche, sie ‚freut sich‘ quasi“, erklärt Svenja Keune (25), die an der HAW Hamburg den Master-Studiengang Design mit dem Schwerpunkt Textil studiert. „Emotional Dialogue“ nennen sie und die Informatikstudentin Larissa Müller (25) ihr Abschlussprojekt.

„Wir wollten herausfinden, ob interaktive Textilien überhaupt möglich sind und was Textildesign in der Zukunft bedeuten kann“, sagt Keune. Dafür nähte sie mehrere hundert kleiner Plastikstückchen in Jersey-Stoff ein, koppelte sie an Servomotoren und befestigte alles auf einem festen Untergrund. Eine der drei Oberflächen wurde mit einer Software verbunden, die menschliche Emotionen an der Gesichtsmimik des Betrachters erkennt. Entwickelt wurde die Software vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS. Auch der Sounddesigner und Komponist Martin Sponticcia unterstützt das Projekt.

Vom 6. bis 10. Juni 2012 präsentierten Keune und Müller ihre textilen Oberflächen auf dem 10. DMY International Design Festival auf dem ehemaligen Flughafen Tempelhof in Berlin. Ihr Projekt zwischen Design und Informatik überzeugte und gewann gleich drei Preise: Mit den DMY-Awards zeichnet eine internationale Jury in Kooperation mit dem Bauhaus-Archiv/Museum für Gestaltung, Berlin, innovative Ansätze und Projekte des gegenwärtigen Produktdesigns aus. Keune und Müller erhielten einen der drei vergebenen Preise.

Außerdem bekamen die Studentinnen den Pappel-Designpreis sowie den Pappel-Publikumspreis der Studierenden der Fachhochschule Potsdam. „Es ist toll, dass wir sowohl Juries als auch das Publikum überzeugen konnten“, freut sich Keune. „Außerdem haben wir auf dem Festival zahlreiche Anfragen von Galerien und positive Rückmeldungen von Besuchern bekommen. Viele konnten sich unsere textilen Oberflächen in ihren Privathäusern oder auch Hotels vorstellen.“

Dr. Kai von Luck, Professor für Angewandte Informatik an der HAW Hamburg, betreut die Abschlussarbeit gemeinsam mit Franziska Hübler, Professorin für Computergestütztes Experiment, und Renata Brink, Professorin für Textildesign: „Wir haben uns schon gefreut, dass Svenja Keune und Larissa Müller überhaupt für die DMY angenommen wurden. Dass sie zusätzlich auch noch drei Preise gewonnen haben, ist sehr beachtlich, zumal die Konkurrenz sehr stark war. Ihr Projekt zeigt, dass Interdisziplinarität– bei aller Anstrengung, die solche Projekte mit sich bringen – klappen kann. Keine der beiden Disziplinen Design und Informatik wäre hier ohne die andere ausgekommen.“

Abbildung .3: Auszug aus einem Artikel der HAW Hamburg [73]

Literaturverzeichnis

- [1] Advanced Telecommunications Research Institute International. <http://www.atr.jp/>. Webseite. Letzter Zugriff: 23. August. 2011.
- [2] Affective Computing Research Group. <http://affect.media.mit.edu/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [3] André Jeworutzki. Adapting agile methods to support creativity in interdisciplinary projects. Masterarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, To be published at: <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/arbeiten/master/>, 2013.
- [4] ARS ELECTRONICA. <http://www.aec.at/news/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. August. 2011.
- [5] Christian Becker. Simulation der Emotionsdynamik eines künstlichen humanoiden Agenten. Diplomarbeit, Universität Bielefeld, http://www.becker-asano.de/DA_Komplett.pdf, 2003.
- [6] Christian Becker-Asano. *WASABI: Affect Simulation for Agents with Believable Interactivity*. PhD thesis, Faculty of Technology, University of Bielefeld, 2008. IOS Press (DISKI 319).
- [7] Gerald Bieber, Jörg Voskamp, and Bodo Urban. Activity recognition for everyday life on mobile phones. In Constantine Stephanidis, editor, *Universal Access in Human-Computer Interaction. Intelligent and Ubiquitous Interaction Environments*, volume 5615 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 289–296. Springer Berlin / Heidelberg, 2009. 10.1007/978-3-642-02710-9_32.
- [8] Cynthia Breazeal. Regulation and entrainment in human-robot interaction. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ROBOTICS RESEARCH. FORTHCOMING*, 21:883–902, 2002.
- [9] Cynthia Breazeal and Lijin Aryananda. Recognition of affective communicative intent in robot-directed speech. *AUTONOMOUS ROBOTS*, 12:83–104, 2002.

- [10] Carmen Ick-Dietl. http://www.hallo-muenchen.de/bilder/2012/11/14/2616451/1633924265-3prl_paro-s09.jpg. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [11] Center for Bits and Atoms. <http://fab.cba.mit.edu/about/labs/>. Webseite. Letzter Zugriff: 15. Februar. 2012.
- [12] Christian Becker-Asano. <https://www.becker-asano.de/index.php/research/wasabi/61-wasabi-architecture-overview>. Webseite. Letzter Zugriff: 19. Februar. 2012.
- [13] Companion Consortium. <http://www.companions-project.org/?p=home>. Companion Consortium.
- [14] Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz. http://www.smartkom.org/start_de.html. Webseite. Letzter Zugriff: 17. Februar. 2013.
- [15] H.L. Dreyfus. *Die Grenzen Künstlicher Intelligenz: was Computer nicht können*. Athenäum, 1985.
- [16] E. Berndt and R. Wichert and E. Schulze and D. Oesterreich and U. Böhm and H. Gothe and A. Freytag and A. Daroszevska and P. Storz and S. Meyer and C. Dierks. MEG-AAL-2015 - Schlussbericht, Marktpotenziale, Entwicklungschancen, gesellschaftliche, gesundheitliche und ökonomische Effekte der zukünftigen Nutzung von Ambient Assisted Living (AAL)-Technologien, http://www.aal.fraunhofer.de/publications/urn_nbn_de_0011-n-1024464.pdf. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Februar. 2013.
- [17] Mohammed (Ehsan) Hoque and Rosalind W. Picard. Acted vs. natural frustration and delight: Many people smile in natural frustration. In *Automatic Face Gesture Recognition and Workshops (FG 2011), 2011 IEEE International Conference on*, pages 354 –359, march 2011.
- [18] Paul Ekman. *Gefühle lesen*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 2010.
- [19] R.R. Fletcher, Ming-Zher Poh, and H. Eydgahi. Wearable sensors: Opportunities and challenges for low-cost health care. In *Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC), 2010 Annual International Conference of the IEEE*, pages 1763 –1766, 31 2010-sept. 4 2010.
- [20] Fraunhofer Institute for Integrated Circuits. <http://www.iis.fraunhofer.de/en/bf/bv/ks/gpe/index.jsp>. Webseite. Letzter Zugriff: 24. August. 2011.
- [21] Fraunhofer Institute for Integrated Circuits. <http://www.iis.fraunhofer.de/pr/presse/2011/februar/shore.jsp>. Webseite. Letzter Zugriff: 24. August. 2011.

- [22] Fraunhofer ISS. <http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de/en/press-media/microelectronics-news/article/what-the-look-on-your-face-reveals-about-you.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 19. Januar. 2019.
- [23] Gerald Bieber. <http://www.igd-r.fraunhofer.de/diatrace/>. Webseite. Letzter Zugriff: 20. August. 2011.
- [24] Frank Hardenack. - Das intelligente Bett - Sensorbasierte Detektion von Schlafphasen. Masterarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/arbeiten/master/hardenack.pdf>, 2011.
- [25] Kotaro Hayashi, Daisuke Sakamoto, Takayuki Kanda, Masahiro Shiomi, Satoshi Koizumi, Hiroshi Ishiguro, Tsukasa Ogasawara, and Norihiro Hagita. Humanoid robots as a passive-social medium: a field experiment at a train station. In *Proceedings of the ACM/IEEE international conference on Human-robot interaction, HRI '07*, pages 137–144, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [26] Mohammed Hoque, Rana el Kaliouby, and Rosalind Picard. When human coders (and machines) disagree on the meaning of facial affect in spontaneous videos. In Zsófia Ruttkay, Michael Kipp, Anton Nijholt, and Hannes Vilhjálmsón, editors, *Intelligent Virtual Agents*, volume 5773 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 337–343. Springer Berlin / Heidelberg, 2009. 10.1007/978-3-642-04380-2_37.
- [27] <http://www.Overstock.com>. <http://ak1.ostkcdn.com/images/products/P12102.jpg>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Februar. 2013.
- [28] Humanoid Robotics Group. <http://www.ai.mit.edu/projects/humanoid-robotics-group/kismet/kismet.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 09. Dezember. 2012.
- [29] IBM. <http://www-03.ibm.com/ibm/history/ibm100/us/en/icons/deepblue/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [30] IBM. <http://www-03.ibm.com/innovation/us/watson/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [31] im Auftrag A. Eickmeyer-Hehn. Bekanntmachung von Richtlinien zur Förderung von Forschung und Entwicklung auf dem Gebiet: „Technik stellt sich auf den Menschen ein - innovative Schnittstellen zwischen Mensch und Technik“ - <http://www.bmbf.de/foerderungen/20972.php>. Webseite. Letzter Zugriff: 28. Februar. 2013.

- [32] Intelligent Robotics and Communication Laboratories. <http://www.irc.atr.jp/en/>. Webseite. Letzter Zugriff: 23. August. 2011.
- [33] Intelligent Robotics Laboratory. <http://www.is.sys.es.osaka-u.ac.jp/index.en.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 23. August. 2011.
- [34] Ipke Wachsmuth. http://www.techfak.uni-bielefeld.de/ags/wbski/images2/maxfaces_gr.jpg. Webseite. Letzter Zugriff: 05. März. 2012.
- [35] iRobot. <http://www.robotvacuumcleaner.org/wp-content/uploads/2009/09/iRobot-Roomba-532.jpg>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [36] iRobot - Roomba. <http://www.irobot.com/global/de/store.aspx>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [37] J. Adelhardt, R. Shi, C. Frank, V. Zeißler, A. Batliner, E. Nöth, H. Niemann. Multimodal User State Recognition in a Modern Dialogue System - <http://www.smartkom.org/reports/Report-NR-37.pdf>. Projektbericht, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, <http://www.smartkom.org/reports/Report-NR-37.pdf>, 2003. Letzter Zugriff: 17. Februar. 2013.
- [38] André Jeworutzki. Interaktive Objekte Stelldichein: Informatik trifft Design. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/>, 2009. Letzter Zugriff: 09. Juni. 2010.
- [39] André Jeworutzki. Pädagogik intelligent verkleidet: Lehre von Design, Elektrotechnik und Informatik im Rahmen eines Workshops von Studenten für Studenten. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/>, 2009. Letzter Zugriff: 16. Juni. 2010.
- [40] André Jeworutzki, Svenja Keune, and Larissa Müller. <http://users.informatik.haw-hamburg.de/projects/toasteredwin/>. Webseite. Letzter Zugriff: 13. Januar. 2013.
- [41] Jörg Voskamp. http://www.igd-r.fraunhofer.de/uploads/media/Fraunhofer_Emotionsensors_de.pdf. Webseite. Letzter Zugriff: 20. August. 2011.
- [42] Juergen Vielmeier. http://data5.blog.de/media/845/2965845_6f4a1e1ebo_m.jpeg. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Februar. 2013.

- [43] Svenja Keune. DIE HELLSTE KERZE AUF DER TORTE ORGANISMEN UNTERHALTEN SICH. Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2010.
- [44] Svenja Keune. Sind Oberflächen oberflächlich, haben Räume ein Gefühl? Ein emotionaler Dialog. Masterarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2012.
- [45] Svenja Keune and Larissa Müller. <http://www.interactivedesignlab.de/>. Webseite. Letzter Zugriff: 13. Januar. 2013.
- [46] Kjell Otto und Sören Voskuhl. Entwicklung einer Architektur für den Living Place Hamburg. Projektbericht. Letzter Zugriff: 21. Februar. 2011.
- [47] Christian Kueblbeck and Andreas Ernst. Face detection and tracking in video sequences using the modified census transformation. *Journal on Image and Vision Computing*, 24(6):564–572, 2006.
- [48] Larissa Müller, Svenja Keune, Arne Bernin, Florian Vogt. Emotional interaction with surfaces - works of design and computing. In *ICEC*, pages 457–460, 2012.
- [49] LIREC - Exploring and designing our future robot companions. <http://lirec.eu/>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [50] Living Place. www.livingplace.org/. Webseite. Letzter Zugriff: 6. Januar. 2013.
- [51] Living with Robots and intEractive Companions. <http://www.uni-bamberg.de/grip/projekt-lirec/>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [52] MIT. <http://web.mit.edu/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Juni. 2010.
- [53] Larissa Müller. Interactive Design - Studien der interdisziplinären Zusammenarbeit von Design und Informatik. Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2010.
- [54] Larissa Müller. Context Awareness - Affective Computing. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomprojekte/master2011-aw2/mueller/bericht.pdf>, 2011. Letzter Zugriff: 07. Januar. 2013.

- [55] Larissa Müller. Context Awareness - Affective Computing. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/projekte/master10-11-aw1/mueller/bericht.pdf>, 2011. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [56] Larissa Müller. Context Awareness - Affective Computing. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, To be published at <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/>, 2011. Letzter Zugriff: 07. Januar. 2013.
- [57] Larissa Müller. Context Awareness - Affective Computing. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/projekte/master2011-proj1/mueller.pdf>, 2011. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [58] Larissa Müller. Context Awareness - Affective Computing. Projektbericht, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/projekte/master11-12-proj2/mueller.pdf>, 2012. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [59] Larissa Müller. Emotion Sensitive Active Surfaces. Workshop article, presented at the 35th German Conference on Artificial Intelligence (<http://www.dfki.de/KI2012/>), <http://wwwlehre.dhbw-stuttgart.de/reichard/itemotion/2012/emotion-and-computing-2012.pdf>, 2012. Letzter Zugriff: 04. Februar. 2013.
- [60] PARC, a Xerox Company. <http://www.parc.com/>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [61] Paro - Therapeutic Robot. <http://www.parorobots.com/>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [62] Christian Peter, Gerald Bieber, and Bodo Urban. Affect- and behaviour-related assistance for families in the home environment. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments, PETRA '10*, pages 47:1–47:5. New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [63] Christian Peter, Eric Ebert, and Helmut Beikirch. Physiological sensing for affective computing. In Jianhua Tao and Tieniu Tan, editors, *Affective Information Processing*, pages 293–310. Springer London, 2009. 10.1007/978-1-84800-306-4_16.
- [64] Picard, Rosalind W. *Affective Computing*. MIT Press, Cambridge, MA, USA, 1997.

- [65] Ming-Zher Poh, N.C. Swenson, and R.W. Picard. Motion-tolerant magnetic earring sensor and wireless earpiece for wearable photoplethysmography. *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, 14(3):786 –794, may 2010.
- [66] Mitchel Resnick. <http://llk.media.mit.edu/>. Webseite. Letzter Zugriff: 13. Januar. 2011.
- [67] Resnick, Mitchel. All i really need to know (about creative thinking) i learned (by studying how children learn) in kindergarten. In *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI conference on Creativity & cognition, C&C '07*, pages 1–6, New York, NY, USA, 2007. ACM.
- [68] Miriam Ruhenstroth. Mein Freund der Roboter. *Gehirn und Geist Dossier*, 01/2012(1):42–47, 2012.
- [69] Disa Sauter. Theories of emotions Approaches and Controversies. Webseite. Slides presented at: KI2012.
- [70] Scherer, Klaus R. and Banziger, Tanja and Roesch, Etienne. *A Blueprint for Affective Computing: A sourcebook and manual*. Oxford University Press, Inc., New York, NY, USA, 1st edition, 2010.
- [71] Marco Schneider. Entwicklung und Realisierung eines Sensornetzwerkes für das Living Place Hamburg. Bachelorarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, 2010.
- [72] Sebastian Gregor. Seamless Interaction - Entwicklung von Tangible Interaction im Kontext von Smart Homes. Masterarbeit, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, <http://users.informatik.haw-hamburg.de/ubicomp/arbeiten/master/gregor.pdf>, 2011.
- [73] Siekmann. <http://www.haw-hamburg.de/news-online-journal/newsdetails/artikel/sprechen-sie-mit-ihrer-tapete.html>. Webseite.
- [74] Sonderforschungsbereich Transregio 62. Sonderforschungsbereich Transregio 62, Vision. Vision sfb 62.
- [75] Steve Behrens. <http://www.current.org/wp-content/themes/current/archive-site/tech/tech801b.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 07. Januar. 2013.
- [76] The Old Robots. <http://www.theoldrobots.com/images25/pleo8.JPG>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.

- [77] The Old Robots. <http://www.theoldrobots.com/pleo.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 06. Januar. 2013.
- [78] Thoralf Dietz. <http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de/de/presse-medien/vue-nachrichten/article/was-der-gesichtsausdruck-verraet.html>. Webseite. Letzter Zugriff: 25. Dezember. 2012.
- [79] Sherry Turkle. In Good Company? On the threshold of robotic Companions. In Yorick Wilks, editor, *Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues*, pages 23–35. John Benjamins Publishing Company, 2010.
- [80] Astrid M. von der Pütten, Nicole C. Krämer, Christian Becker-Asano, and Hiroshi Ishiguro. An android in the field. In *Proceedings of the 6th international conference on Human-robot interaction*, HRI '11, pages 283–284, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [81] Ipke Wachsmuth. *Menschen, Tiere und Max - Natürliche Kommunikation und künstliche Intelligenz*. Springer Spektrum, 2012.
- [82] W. Wahlster. *SmartKom: foundations of multimodal dialogue systems*. Cognitive technologies. Springer, 2006.
- [83] Paul Watzlawick. *Man kann nicht nicht kommunizieren*. Huber, Hans Huber, Bern, 2011.
- [84] Yorick Wilks. Close engagements with artificial companions: Key social, psychological, ethical and design issues. In Yorick Wilks, editor, *Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues*, pages 1–467. John Benjamins Publishing Company, 2010.
- [85] Yorick Wilks. Foreword. In Yorick Wilks, editor, *Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues*, pages 4–6. John Benjamins Publishing Company, 2010.
- [86] Yorick Wilks. Introducing artificial companions. In Yorick Wilks, editor, *Close Engagements with Artificial Companions: Key Social, Psychological, Ethical and Design Issues*, pages 35–51. John Benjamins Publishing Company, 2010.

Hiermit versichere ich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne fremde Hilfe selbstständig verfasst und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe.

Hamburg, 15. März 2013

Larissa Müller